

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

АРХАНГЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

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

3

2010

ИЗДАТЕЛЬ – АРХАНГЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

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

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

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

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

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 3

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

Сдан в набор 02.04.2010. Подписан в печать 21.05.2010. Заказ № 142
Форм. бум. 70×108 1/16. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 14,988. Усл. кр.-отт. 14,988.
Уч.-изд. л. 19,189. Тираж 1000 экз.
Архангельский государственный технический университет

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

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



СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- Э.А. Курбанов, О.Н. Воробьев, Л.С. Устюгова, А.В. Губаев, С.А. Лежнин, С.А. Незамаев.* Пространственная динамика фитомассы березняков на бывших сельскохозяйственных землях Марийского Заволжья..... 7
- О.А. Неволин, С.В. Третьяков, О.О. Еремина, А.В. Еремин.* Динамика сосново-березового молодняка черничного в Березниковском лесничестве Архангельской области..... 14
- О.М. Корчагин, В.Ю. Заплетин.* Характеристика ассимиляционного аппарата сеянцев дуба черешчатого в связи с различными условиями затенения.... 25
- И.Д. Котляров.* Показатель степени сходства биоценозов и методика его расчета. 29
- О.В. Шейкина, Э.П. Лебедева.* Опыт создания лесосеменной плантации повышенной генетической ценности в Чувашской Республике..... 34
- Е.В. Титов, А.И. Горобец.* Плантационное выращивание кедровых сосен и прутьевидной ивы на селекционной основе..... 40
- Н.А. Разумников, О.М. Конюхова, М.И. Рябинин.* Некоторые результаты совместимости сортоподвойных комбинаций и качества плодов груши в Республике Марий Эл..... 46
- А.В. Дунаев.* Патогенные макромицеты, приуроченные к комлевой части дуба в лесостепных дубравах..... 52
- В.Р. Ивко.* Влияние общей депрессионной воронки на растительные сообщества при строительстве и эксплуатации открытых карьеров..... 56

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

- А.С. Ваиуткин, Д.Г. Мясцев.* Анализ функционирования барабанных тормозных механизмов автолесовозов и пути улучшения их показателей..... 61
- М.Г. Салихов, А.А. Криворотов.* Исследование влияния добавок асфальтового гранулята на свойства холодного асфальтобетона для покрытий лесовозных дорог..... 68
- О.Н. Оруджова.* Особенности гидравлических характеристик геотекстильных материалов, применяемых в конструкциях лесовозных дорог..... 72

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

- Е.А. Памфилов, П.Г. Пыриков, А.Н. Заикин, В.М. Меркелов.* Обеспечение работоспособности рабочих органов и инструментов машин и оборудования лесного комплекса..... 77
- В.А. Шамаев, В.В. Златоустовская, А.С. Копытин.* Стабилизация форм и размеров прессованной древесины физическими методами..... 84
- И.М. Меркушев.* Факторы, предопределяющие бездефектную сушку пиломатериалов..... 90
- О.Д. Мюллер, В.И. Малыгин, В.Т. Харитоненко, Л.В. Кремлева.* Анализ энергетического потенциала древесных отходов в лесопромышленном комплексе Архангельской области..... 94
- В.Ф. Дунаев, В.И. Мелехов.* Закономерность изменения механических свойств древесины во времени при деформировании..... 101

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- Н.В. Куцубина, А.А. Санников.* Моделирование рассеивания энергии колебаний в машиностроительных конструкциях ЦБП..... 110
- А.Д. Ивахнов, К.Г. Боголицын, Т.Э. Скребец.* Получение вторичного ацетата целлюлозы прямым ацелированием в среде сверхкритического диоксида углерода..... 114
- П.А. Тупин, Д.Г. Чухчин, Е.В. Новожилов, О.М. Соколов.* Разработка нового метода оценки ферментативной окислительной способности активного ила. 119
- Е.Г. Смирнова.* Воздействие старения на структуру бумаги и составляющих ее волокон..... 125
- У.О. Цибульский, В.И. Комаров, Л.А. Миловидова, Т.А. Королева.* Влияние условий кислородно-щелочной обработки на деформационные и прочностные свойства сульфатной целлюлозы..... 130
- А.А. Леонович, А.А. Рабыш.* Причины отрицательного влияния хромомедного антисептика на свойства древесностружечных плит..... 136
- Т.Б. Мошкова, Т.А. Бойцова, Н.А. Макаревич.* Утилизация лигносульфонатов в процессе биоконверсии..... 144

КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

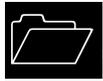
- Б.Н. Уголев.* Конференция ИАВС и сессия РКСД..... 152

ЮБИЛЕИ

- В.Г. Санаев, А.Н. Обливин.* Юбилей Б.Н. Уголева..... 155

НЕКРОЛОГИ

- Ректорат, коллектив Архангельского государственного технического университета, редколлегия и редакция «Лесного журнала».* Памяти Станислава Ивановича Морозова 156



CONTENTS

FORESTRY

<i>E.A. Kurbanov, O.N. Vorobiev, L.S. Ustyugova, A.V. Gubaev, S.A. Lezhnin, S.A. Nazamaev.</i> Spatial Dynamics of Birch Forests Phytomass on Abandoned Agricultural Lands of Mari Transvolga Region.....	7
<i>O.A. Nevolin, S.V. Tretiakov, O.O. Eremina, A.V. Eremin.</i> Dynamics of Pine-birch Blueberry Young Stand in Bereznik Forestry Enterprise of Arkhangelsk Region.	14
<i>O.M. Korchagin, V.Yu. Zapletin.</i> Characteristics of Assimilation Apparatus of English Oak Seedlings in Connection with Different Shading Conditions.....	25
<i>I.D. Kotlyarov.</i> Index of Biocenoses Affinity and its Calculation Method.....	29
<i>O.V. Sheikina, E.P. Lebedeva.</i> Experience of Creating Seed Orchard Plantation of Higher Genetic Value in Chuvash Republic.....	34
<i>E.V. Titov, A.I. Gorobets.</i> Plantation Cultivation of Cedar Pine and Common Osier on Selection Basis.....	40
<i>N.A. Razumnikov, O.M. Konyukhova, M.I. Ryabinin.</i> Compatibility Results of Rootstock Combinations and Pear Fruit Quality in Mari El Republic.....	46
<i>A.V. Dunaev.</i> Pathogenic Macromycete of Oak Butt Part in Forest-steppe Oak Forests.....	52
<i>V.P. Ivko.</i> Influence of General Depression Crater on Plant Communities in Building and Operation of Open Pits.....	56

WOODEXPLOITATION

<i>A.S. Vashutkin, D.G. Myasishchev.</i> Analysis of Drum Brakes Functioning of Log Trucks and Ways of Improving their Performance.....	61
<i>M.G. Salikhov, A.A. Krivorotov.</i> Study of Asphalt Granulate Influence on Properties of Cold Asphalt Concrete for Forest Roads Coating.....	68
<i>O.N. Orudzhova.</i> Peculiarities of Hydraulic Properties of Geotextile Materials Applied in Forest Tracks Design.....	72

MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOODSCIENCE

<i>E.A. Pamfilov, P.G. Pyrikov, A.N. Zaikin, V.M. Merkelov.</i> Ensuring Efficiency of Working Bodies and Tools of Forest Complex Machinery and Equipment	77
<i>V.A. Shamaev, V.V. Zlatoustovskaya, A.S. Kopytin.</i> Form Stabilization and Pressed Wood Dimensions by Physical Methods.....	84
<i>I.M. Merkushev.</i> Factors Predetermining Faultless Drying of Sawn Timber.....	90
<i>O.D. Muller, V.I. Malygin, V.T. Kharitonenko, L.V. Kremleva.</i> Energy Potential Analysis of Wood Waste in Forest Industry of the Arkhangelsk Region.....	94
<i>V.F. Dunaev, V.I. Melekhov.</i> Pattern Changes of Wood Mechanical Properties in Time under Deformation.....	101

CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD

<i>N.V. Kutsubina, A.A. Sannikov.</i> Simulation of Vibration Energy Dispersion in Machine-building Designs of PPI.....	110
<i>A.D. Ivakhnov, K.G. Bogolitsyn, T.E. Skrebets.</i> Getting Secondary Cellulose Acetate by Direct Acetylation in Medium of Supercritical Carbon Dioxide.....	114

<i>P.A. Tupin, D.G. Chukhchin, A.V. Novozhilov, O.M. Sokolov.</i> Development of New Assessment Method for Enzymatic Oxidative Capacity of Activated Sludge.....	119
<i>E.G. Smirnova.</i> Aging Effect on Paper Structure and Constituent Fibers.....	125
<i>U.O. Cibulski, V.I. Komarov, L.A. Milovidova, T.A. Koroleva.</i> Influence of Conditions of Oxygen Delignification on Deformation and Strength Properties of Sulphate Pulp.....	130
<i>A.A. Leonovich, A.A. Rabysh.</i> Reasons of Negative Effect of Copper-chrome Wood Preservative on Properties of Wood Particle Boards.....	136
<i>T. B. Moshkova, T.A. Boitsova, N.A. Makarevich.</i> Utilization of Lignosulphonates in Bioconversion.....	144
<i>SCIENTIFIC AND LEARNED CONFERENCES</i>	
<i>B.N. Ugolev.</i> Conference of International Academy of Wood Science and Session of Regional Coordination Council of Wood.....	152
<i>JUBILEES</i>	
<i>V.G. Sanaev, A.N. Oblivin.</i> Jubilee of B.N. Ugolev.....	155
<i>OBITUARY</i>	
<i>University administration and Arkhangelsk State Technical University, editorial board and editorial staff of «Lesnoi Zhurnal».</i> In memory of Stanislav I. Morozov.....	156



УДК 630*228.8

**Э.А. Курбанов, О.Н. Воробьев, Л.С. Устюгова, А.В. Губаев, С.А. Лежнин,
С.А. Незамаев**

Марийский государственный технический университет

Курбанов Эльдар Аликрамович родился в 1965 г., окончил в 1989 г. Марийский политехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесоводства Марийского государственного технического университета, руководитель центра устойчивого управления лесами. Имеет более 80 печатных работ по проблемам «Лес и глобальное потепление», устойчивого управления лесами, дистанционных методов в изучении лесов.

E-mail: kurbanovea@marstu.net



Воробьев Олег Николаевич родился в 1966 г., окончил в 1989 г. Марийский политехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства Марийского государственного технического университета. Имеет более 20 печатных работ по проблемам «Лес и глобальное потепление», устойчивого управления лесами, дистанционных методов их изучения.

E-mail: vorobievon@marstu.net



Устюгова Любовь Сергеевна родилась в 1984 г., окончила в 2007 г. Марийский государственный технический университет, аспирант кафедры лесоводства МарГТУ. Имеет более 10 печатных работ по проблемам «Лес и глобальное потепление», устойчивого управления лесами.

E-mail: lmoshkina@mail.ru



Губаев Александр Владимирович родился в 1982 г., окончил в 2004 г. Марийский государственный технический университет, аспирант кафедры лесоводства МарГТУ. Имеет более 10 печатных работ по проблемам «Лес и глобальное потепление», дистанционных методов в изучении лесов.

E-mail: gubaevav@marstu.net



Лежнин Сергей Анатольевич родился в 1984 г., окончил в 2009 г. Марийский государственный технический университет, аспирант кафедры лесоводства МарГТУ. Имеет более 10 печатных работ по проблемам «Лес и глобальное потепление», дистанционных методов в изучении лесов.

E-mail: lejnuns@marstu.net



Незамаев Сергей Александрович родился в 1987 г., магистрант Марийского государственного технического университета. Имеет 5 печатных работ по проблемам «Лес и глобальное потепление», дистанционных методов в изучении лесов.

E-mail: nezamaevsa@marstu.net



ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ДИНАМИКА ФИТОМАССЫ БЕРЕЗНЯКОВ НА БЫВШИХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЛЯХ МАРИЙСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ*

Исследовано накопление фитомассы молодыми лесными березовыми насаждениями естественного происхождения на землях запаса. Выявлены некоторые закономерности пространственного распределения фитомассы вдоль экспериментальных трансект, начиная от стены материнского леса.

Ключевые слова: фитомасса, березовые насаждения, геостатистика, пространственный анализ, земли запаса.

В последние годы обширные площади сельскохозяйственных земель перестали обрабатываться, что привело к их естественному зарастанию пионерными породами (береза, осина, ольха). По данным Росземкадастра РФ, за 10 лет с 1990 г. эти земли сократились на 1320 тыс. га, что связано с передачей их другим землепользователям или переводом под земли запаса. Неустойчивая граница леса с полями не очень заметна на участках, где идет нормальная и непрерывная эксплуатация земли под сельскохозяйственные культуры. Иначе любая, даже кратковременная (до 5 лет), приостановка в обработке почвы, сенокосении или пастьбе скота заканчивается распространением древесно-кустарниковой растительности на таких участках. Этот процесс особенно заметен в примыкающих к стенам леса полосах более крупных участков угодий [5].

Надвигание растительности на безлесные ландшафты идет очень быстро и в сильной степени зависит от микроклиматических и почвенных условий. Марийское Заволжье является важным регионом для оценки взаимосвязи между антропогенными изменениями и реакцией лесных экосистем на эти процессы, поскольку имеет длительную историю (500 лет) человеческой деятельности по вырубке лесных экосистем и переводу их под сельскохозяйственное пользование. В последние десятилетия на многих площадях наблюдается противоположный процесс – зарастание сельскохозяйственных площадей, переведенных под земли запаса, лесной растительностью [1].

Подобные процессы наблюдаются во многих странах мира. Многие исследователи занимаются изучением колонизации инвазивными видами растительности открытых и деградированных земель. Считается, что такая биологическая сукцессия может существенно повлиять на структуру и функционирование лесной экосистемы [12, 17, 23]. В международной литературе есть множественные примеры зарастания бывших сельскохозяйственных угодий на площади вторичного тропического леса [6, 13, 16, 24, 25].

В последние годы многие ученые [3, 8, 14, 15, 18, 20] используют пространственный анализ природных объектов, который является новым

* Работа выполнена в рамках гранта № 2.2.2.3/8102 и мероприятия 1 (НИР 2/2) аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы РФ на 2009-2010 гг.».

и перспективным элементом в исследовании лесных насаждений, позволяя выявить закономерности распределения как отдельных видов деревьев по участку в зависимости от их пространственного размещения, так и самих видов в ассоциациях (группах). Понимание пространственного распределения фитомассы по территории участка дает возможность глубже понять внутренние и внешние связи лесной экосистемы и закономерности ее биологической продуктивности [15, 21, 22]. Кроме того, эти процессы необходимо знать при выборе стратегии ведения лесного хозяйства на соответствующих землях, в частности при создании углерододепонирующих насаждений с максимальным приростом фитомассы. Несмотря на большое количество публикаций в этой области, количественная и качественная пространственная динамика фитомассы молодых насаждений изучена недостаточно.

Целью работы был детальный анализ накопления фитомассы молодыми лесными насаждениями естественного происхождения на бывших сельскохозяйственных землях с учетом их пространственного размещения, начиная от материнского полога леса.

Методика и материалы. Объектами исследований служили угодья (земли запаса) Сернурского и Юринского районов, а также пригорода г. Йошкар-Ола Республики Марий Эл. Почти все исследуемые плодородные сельскохозяйственные земли более 10 лет назад были оставлены под естественное зарастание. Численность видов древесной растительности учитывали с июня по сентябрь 2008 г. на площадках 10×10 м, располагающихся на трансектах (по 3 на каждой из 15 исследованных пробных площадей), начиная от опушек материнского леса и оканчивая распространением возобновившегося молодого леса (рис. 1). Для удобства учетных работ эти площадки, в свою очередь, подразделяли на участки 5×5 м². На каждой площадке детально учитывали все породы: хвойные старше 2 лет, мягколиственные – 1 года. Определяли высоту и диаметр у основания стволика. Данные для древесных растений всех видов объединяли по группам высот с кратностью 1 м (0,5...1,5; 1,6...2,5; 2,6...3,5 и т. д.). Пропорционально этому распределению на каждой трансекте отбирали в среднем по 15...20 модельных деревьев, у которых непосредственно в полевых условиях взвешивали надземную фитомассу, а в лабораторных находили влажность отдельных

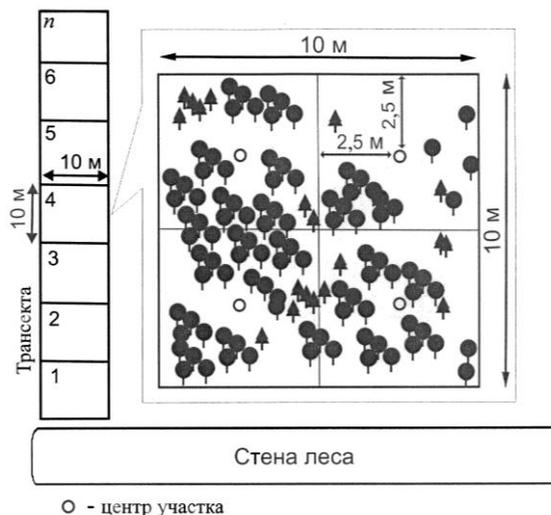


Рис. 1. Схема полевых исследований фитомассы по трансектам на землях запаса

компонентов: верхушки, середины, основания стволика и кроны (ветви, хвоя или листья). С учетом влажности экспериментальных образцов (навесок и секторов стволика) их массу пересчитывали в абс. сухую. Далее при помощи регрессионных уравнений пересчитывали надземную фитомассу всех деревьев на исследуемых участках трансект.

Пространственный анализ распределения фитомассы выполняли при помощи пакета геостатистики GeoR [19], в основе которой лежит вариограммный анализ. Геостатистика предлагает методы описания непрерывности в пространстве многих природных явлений и обеспечивает настройку инструментов регрессионного анализа на учет этой непрерывности. Как правило, объекты, явления и процессы, близкие в пространстве, более подобны, чем удаленные друг от друга. В пространственной статистике эмпирическая вариация $\gamma(h)$ (семивариация, полувариация) описывается функцией

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [z(x_i + h) - z(x_i)]^2,$$

где z – элемент данных в каждом конкретном местоположении (в нашем случае это фитомасса на участке трансекты);

h – расстояние между исследуемыми данными;

$n(h)$ – число парных данных, расположенных на расстоянии h ;

x_i – координата элемента данных по оси X .

Как видно из формулы, пространственная вариация (полувариация) в этом случае отражает половину значения инкремента (шага) $z(x_i + h) - z(x_i)$, в то же время полная вариация значений z относится ко всему пространству расстояния h [7]. График значений пространственной вариации в зависимости от расстояния принято называть вариограммой. Теоретически вариограмма $2\gamma(x, y)$ является функцией, описывающей степень пространственной зависимости случайного поля или стохастического процесса [9]. Обычно функция вариограммы начинается с нулевого значения, возрастает и достигает определенного максимального уровня. В нашей работе было применено построение вариограмм для представления пространственного распределения фитомассы по свободной от древесной растительности территории.

Результаты и обсуждение. Данные на трансектах существенно различаются по фитомассе, пространственному распределению и возрасту. На начальных стадиях сукцессии на исследуемых сельскохозяйственных землях в формирующихся молодняках преобладает береза повислая (*Betula pendula* Roth.). В таких насаждениях наблюдается явно выраженная вертикальная ярусность полога, вызванная неравномерностью зарастания исследуемых площадей. Разновозрастность березы в пределах одной трансекты колеблется от 2 до 10 лет. В связи с этим пространственное распределение фитомассы также имеет групповой (кластерный) характер. По t-критерию Стьюдента были выделены три группы высот (0,1...0,5, 0,6...1,5 и 1,6...5,0 м), в которых фитомасса существенно различается.

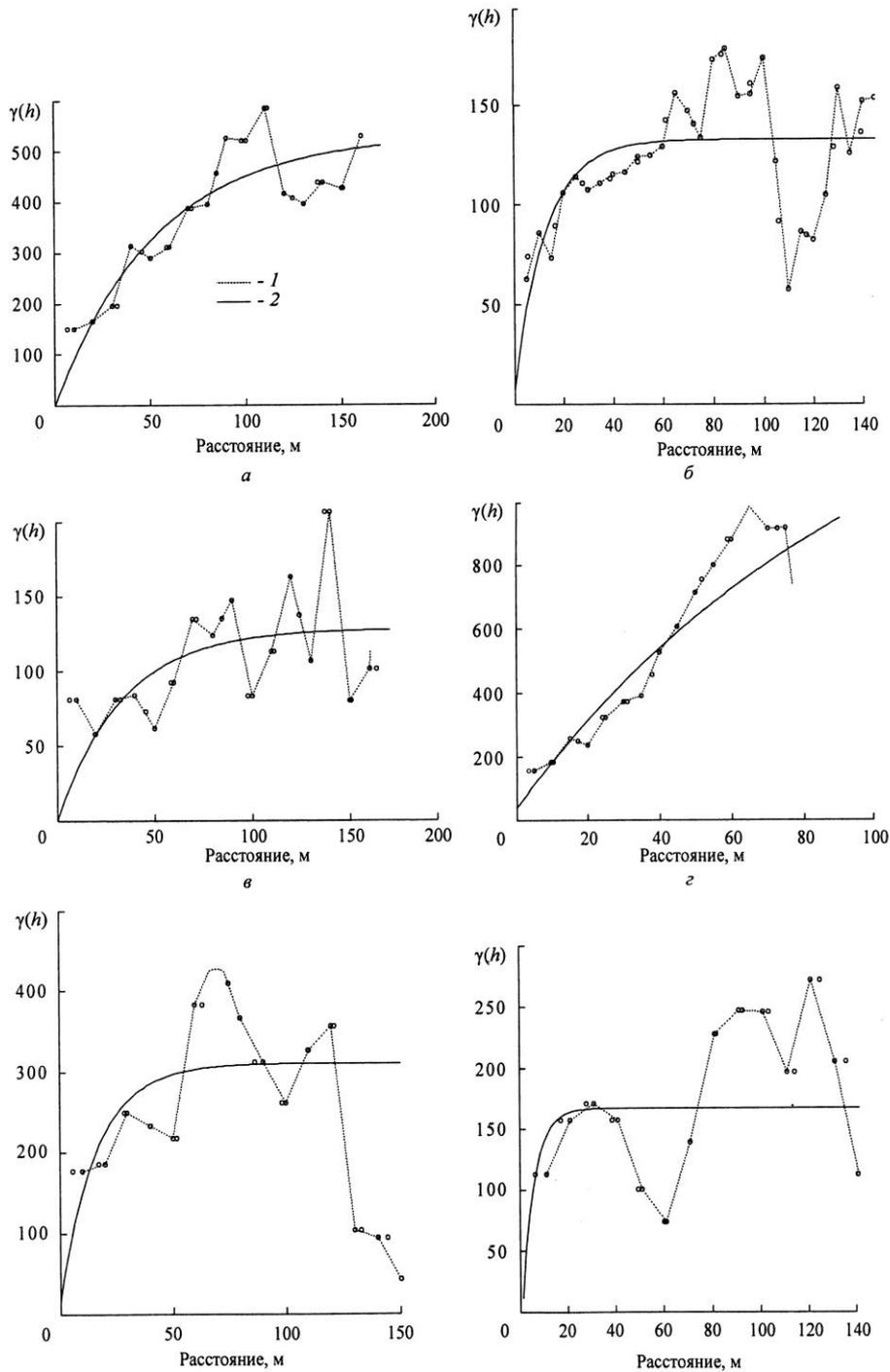


Рис. 2. Вариограммы пространственной динамики фитомассы березы, полученные на примере 6 пробных площадей (а – е): 1 – эмпирическая; 2 – выравненная по методу взвешенных наименьших квадратов

Молодые березовые насаждения дружно и очень обильно поселяются вблизи основного полога леса. В начале трансекты (около материнской стены леса) густота варьирует от 100 до 600 шт. на площадке 0,1 га, в конце – от 100 шт. до единичных случаев.

По мере удаления от главной опушки полога леса на всех лентах выявлено явное снижение фитомассы березы. В целом эта закономерность наблюдается на расстоянии 140...200 м. Далее по ходу трансекты встречаются одиночные деревья, а свободные земли запаса зарастают травянистой растительностью. Исследования показали высокую скорость накопления фитомассы. Естественный скачок в ее пространственном распределении наблюдался на первых квадратах трансекты, где запасы достигали в среднем $25 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$, в то время как на последних снижались до $2 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$.

Отмечено также неравномерное (неоднородное) распределение фитомассы вдоль трансекты. Как видно из рис. 2, всенаправленные вариограммы свидетельствуют о наступлении максимальной пространственной корреляции на расстоянии 70...120 м от опушки леса. Максимум (порог) пространственной вариации на данном расстоянии свидетельствует о благоприятной пространственной экологической нише для естественного роста березы, что выражается в увеличении ее фитомассы. Наблюдаются два (в отдельных случаях три) максимума (порога) пространственного распределения фитомассы. Первый пик достигается на ближайших участках (10...30 м) молодого березового леса, граничащего с опушкой материнского леса. Далее по ходу трансекты (25...65 м) запасы фитомассы несколько уменьшаются, на расстоянии 70...120 м наблюдается новый пик, а затем последующее снижение на участке 130...200 м. Такое распределение показателей самосева березы зависит в основном от удаленности от материнской стены леса и конфигурации земель запаса.

На первый взгляд, распределение фитомассы березы может показаться несущественным моментом в изучении процессов естественного лесовозобновления. Между тем пространственная группировка (автокорреляция) отдельных участков (фитомассы) березы является ключевым моментом в понимании динамики сукцессии насаждения. Зная экологические закономерности распределения фитомассы по территории, свободной от древесной растительности, можно получить более полное представление об ее относительной пространственной выравненности и непрерывности [4]. Этот аспект может быть важен также при оценке накопленного углерода [2] и способов повышения продуктивности молодых насаждений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Краснобаева, К.В. Лесовосстановление на деградированных заброшенных сельскохозяйственных землях [Текст] / К.В. Краснобаева, А.Р. Мубаракшина // Материалы Всерос. науч. конф. – Казань, 2005. – С. 127–128.
2. Курбанов, Э.А. Углероддепонирующие насаждения Киотского протокола [Текст] / Э.А. Курбанов. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. – 184 с.

3. Курбанов, Э.А. Пространственное распределение крупного древесного детрита в сосняках Марийского Заволжья [Текст] / Э.А. Курбанов, О.Н. Воробьев // Экология. – 2008. – № 2. – С. 103–109.
4. Мэгарран, Э. Экологическое разнообразие и его измерение [Текст] / Э. Мэгарран. – М.: Мир, 1992. – 181 с.
5. О наступлении лесной растительности на сельскохозяйственные земли в Верхнем Поволжье [Текст] / А.И. Уткин [и др.] // Лесоведение. – 2002. – № 5. – С. 44–52.
6. Arago'n, R. Species composition and invasion in NW Argentinean secondary forests: effects of land use history, environment and landscape [Text] / R. Arago'n, J.M. Morales // Journ. of Vegetation Science. – 2003. – N 14. – P. 195–204.
7. Bachmaier, M. Variogram or semivariogram – explaining the variances in a variogram [Text] / M. Bachmaier, M. Backes // Precision Agriculture. – 2008. – Article DOI: 10.1007/s11119-008-9056-2.
8. Baddeley, A. Spatstat: an R package for analyzing spatial point patterns [Text] / A. Baddeley, R. Turner // Journ. of Statistical Software. – 2005. – Vol. 12(6). – P. 2–42.
9. Cressie, N.A.C. Statistics for spatial data [Text] / N.A.C. Cressie. – New York: John Wiley & Sons Inc., 1991. – 900 p.
10. Diggle, P.J. Statistical Analysis of Spatial Point Patterns [Text] / P.J. Diggle. – Second Edit. Arnold Publishers. – 2003. – 288 p.
11. Directionality in fruit dispersal models for anemochorous forest trees [Text] / S. Wagner [et al.] // Ecological Modelling. – 2004. – N 179. – P. 487–498.
12. Ehrenfeld, J.G. Effects of exotic plant invasions on soil nutrient cycling processes [Text] / J.G. Ehrenfeld // Ecosystems. – 2003. – N 6. – P. 503–523.
13. Forest regeneration in a chronosequence of tropical abandoned pastures: implications for restoration ecology [Text] / T.M. Aide [et al.] // Restoration ecology. – 2000. – N 8 (4). – P. 328–338.
14. Fox, J.C. Modelling spatial dependence in an irregular natural forest [Text] / J.C. Fox, H.B. Ades, P.K. Ades // Silva Fennica. – 2008. – N 42(1). – P. 35–48.
15. Gratzler, G. Density-dependent mortality versus spatial segregation in early life stages of *Abies densa* and *Rhododendron hodgsonii* in Central Bhutan [Text] / G. Gratzler, P.B. Rai // Forest Ecology and Management. – 2004. – N 192. – P. 143–159.
16. Land-use history and forest regeneration in the Cayey Mountains, Puerto Rico [Text] / J.B. Pascarella [et al.] // Ecosystems. – 2000. – N 3. – P. 217–228.
17. Mack, M.C. The effects of exotic grasses on litter decomposition in a Hawaiian woodland: the importance of indirect effects [Text] / M.C. Mack, C.M. D'Antonio // Ecosystems. – 2003. – N 6. – P. 723–738.
18. Markov point processes for modeling of spatial forest patterns in Amazonia derived from interferometric height [Text] / T. Neeff [et al.] // Remote Sensing of Environment. – 2005. – N 94. – P. 84–94.
19. Ribeiro, J. GeoR: A package for geostatistical analysis [Text] / J. Ribeiro, P.J. Diggle // R-NEWS. – 2001. – Vol. 1, N 2. – P. 15–18.
20. Spatial pattern formation in semi-arid shrubland: a priori predicted versus observed pattern characteristics [Text] / F. Schurr [et al.] // Plant Ecology. – 2004. – N 173. – P. 271–282.
21. Statistical analysis and modelling of spatial point patterns [Text] / J. Illian [et al.]. – John Wiley & Sons Ltd., 2008. – 560 p.
22. Stoyan, D. Recent Applications of Point Process Methods in Forestry Statistics [Text] / D. Stoyan, A. Penttinen // Statistical Science. – 2000. – Vol. 15, N 1. – P. 61–78.

23. *Vanderhoeven, S.* Increased topsoil mineral nutrient concentrations under exotic invasive plants in Belgium [Text]/ S. Vanderhoeven, N. Dassonville, P. Meerts // *Plant Soil*. – 2005. – N 275. – P. 169–179.
24. *Wright, S.J.* Tropical forests in a changing environment [Text]/ S.J. Wright // *Trends in Ecology and Evolution*. – 2005. – N 20. – P. 553–560.
25. *Wright, S.J.* The future of tropical forest species [Text] / S.J. Wright, H. Muller-Landau // *Biotropica*. – 2006. – N 38. – P. 287–301.

Поступила 24.08.09

*E.A. Kurbanov, O.N. Vorobiev, L.S. Ustyugova, A.V. Gubaev, S.A. Lezhnin,
S.A. Nazamaev*
Mari State Technical University

Spatial Dynamics of Birch Forests Phytomass on Abandoned Agricultural Lands of Mari Transvolga Region

The phytomass accumulation by young birch stands naturally regenerated on the abandoned agricultural lands is studied. Some spatial distribution patterns of phytomass along the experimental transects from the main forest wall are revealed.

Keywords: phytomass, birch stands, geostatistics, spatial analysis, abandoned agricultural lands.

УДК 630*5:630*6

О.А. Неволин¹, С.В. Третьяков¹, О.О. Еремина¹, А.В. Еремин²¹ Архангельский государственный технический университет² Управление Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору по Республике Карелия, Архангельской области и Ненецкому автономному округу

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 152 печатных труда в области изучения высокопродуктивных лесов Севера и организации хозяйства в них, истории лесного хозяйства и лесоустройства.

Тел.: (8182) 21-61-73



Третьяков Сергей Васильевич родился в 1956 г., окончил в 1978 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой лесной таксации и лесоустройства Архангельского государственного технического университета. Имеет 84 печатных труда в области изучения лесных ресурсов и лесопользования, закономерностей роста и продуктивности смешанных лесов Севера.

Тел.: (8182) 21-61-73



Еремина Ольга Олеговна родилась в 1956 г., окончила в 1978 г. Архангельский лесотехнический институт, старший преподаватель кафедры геодезии и земельного кадастра Архангельского государственного технического университета. Имеет 17 печатных трудов в области возобновления и продуктивности сосновых лесов Севера.

Тел.: (8182) 21-61-25



Еремин Александр Владимирович родился в 1985 г., окончил в 2008 г. Архангельский государственный технический университет, государственный инспектор отдела фитосанитарного надзора и земельного контроля Управления Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору по Республике Карелия, Архангельской области и Ненецкому автономному округу. Область научных исследований – изучение динамики высокопродуктивных сосновых лесов Европейского Севера.

Тел.: 8-960-013-09-97



ДИНАМИКА СОСНОВО-БЕРЕЗОВОГО МОЛОДНЯКА ЧЕРНИЧНОГО В БЕРЕЗНИКОВСКОМ ЛЕСНИЧЕСТВЕ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Изучены изменения состава древостоев, средних высот и диаметров, полноты, запаса, древесного отпада и общей продуктивности за 21-летний период. Прослежена динамика подроста, подлеска, кустарничковой, травяной, моховой и лишайниковой растительности.

Ключевые слова: сосново-березовый молодняк черничный, динамика насаждений, ход роста, высокопродуктивный сосняк.

Изучение роста смешанных насаждений имеет непреходящее значение для практики лесного хозяйства. Более века назад выдающийся деятель отечественного лесоустройства и лесной таксации М.М. Орлов писал: «Вопрос о составлении опытных таблиц для чистых и типичных смешанных насаждений разных местностей России есть вопрос большой важности, вопрос основной, с развитием и решением которого тесно связано развитие теории и практики русского лесного хозяйства» [7]. Это высказывание ученого исключительно актуально и в наше время, особенно для Европейского Севера России, лесное хозяйство которого пока не располагает всеми необходимыми таблицами хода роста смешанных и сложных насаждений.

Именно поэтому научный арсенал XX столетия лесотаксационных нормативов, таблиц хода роста, товарных и сортиментных таблиц [1–3, 8, 11] надо постоянно пополнять, предварительно накапливая и публикуя материалы всесторонних исследований многообразных лесных сообществ. Особое внимание следует уделить молоднякам на обширных пространствах вырубок сосновых и еловых лесов. Без всесторонних глубоких познаний путей и условий их возникновения, особенностей формирования и развития, строения и роста немислимы выращивание высокопродуктивных целевых лесов, организация и ведение лесного хозяйства с устойчивым лесопроизводством.

В настоящей статье рассмотрены результаты исследований на двух постоянных пробных площадях, заложенных О.А. Неволным в 1963 г. в сосново-березовом 16-летнем насаждении, появившемся на вырубке после пожара 1944 г. Пробная площадь № 6 расположена в 200 м севернее оз. Узкое (кв. 73, 74), № 7 в 150 м на северо-запад от него (кв. 73). Слегка повышенное топографическое положение, ровный рельеф, незначительный уклон к озеру, маломощный супесчаный подзол, развивающийся на мелкозернистых глубоких песках, обеспечивают хороший дренаж и, как следствие, благоприятные условия для произрастания сосны и березы.

Исследуемые насаждения послепожарного происхождения возникли в 1947 г. при двухгодичном лесовозобновительном периоде. Новое поколение одновозрастного сосново-березового древостоя на обеих пробных площадях дали одиночные сосны (семенники), оставленные в процессе рубки и уцелевшие при пожаре, и березы, растущие в соседнем ельнике-черничнике, изреженном рубками 1930-х гг. и не затронутым пожаром в 1944 г.

Исследования на пробных площадях проводили в 1963, 1974, 1979 и 1984 гг. Основные таксационные показатели сосново-березового древостоя приведены в табл. 1.

Анализ хода роста в высоту показывает, что 30-летний возраст является рубежом перехода из III класса бонитета в II. Наиболее развитые деревья сосны и березы до 30-летнего возраста бонитируются II, а старше I и Ia классами. Состав древостоя за истекший 21-летний период изменялся медленно в пользу сосны. На пробе № 6 ее доля увеличилась на 8 %, на пробе № 7 на 12 %. Густота молодняков с возрастом также изменялась в пользу сосны при опережающем в 3–6 раз отпаде березовой части древостоя.

Запас древесины в насаждении от 16 до 37 лет на пробе № 6 увеличился на 189, № 7 – на 194 при общей продуктивности 244 и 248 м³/га. Среднегодичное (за 21 год) накопление запаса составляло 9, текущий прирост 10 м³/га. Продуктивность исследуемых сосново-березовых молодняков к 40-летнему возрасту на 20...22 м³/га больше, чем у близких по составу кисличников II класса бонитета средней тайги Республики Коми, исследованных Е.Г. Тюриным [3], и чистых сосняков II класса бонитета и сосняков-кисличников по таблицам хода роста В.И. Левина [3, 8].

Отпад в сосново-березовом древостое за исследуемый период по числу деревьев и запасу древесины показан в табл. 2. Среднегодовой отпад по числу деревьев за 21-летний период на пробе № 6 составил 683, в том числе сосны – 100, березы – 583; на пробе № 7 соответственно 474, 121 и 353. Среднегодовой отпад по запасу древесины на обеих пробах не превысил 1,1 м³, из них на пробе № 6 сосны – 0,5, березы – 0,6 м³, на пробе № 7 соответственно 0,7 и 0,4 м³. Незначительный отпад по запасу древесины в этом возрастном периоде объясняется отмиранием преимущественно отставших в росте угнетенных и поврежденных лосями крон молодых деревьев (особенно березы). Так, к 30-летнему возрасту как у сосны, так и у березы отпали все деревца 1–3-сантиметровых ступеней толщины, к 37 годам и 90 % 4-сантиметровой, а оставшиеся имеют жалкий вид и обречены на вымирание до 50-летнего возраста. Максимальная толщина деревьев отпада сосны 12, березы 7 см при высших ступенях толщины у сосны 22, березы 18 см.

Таблица 1

Основные таксационные показатели исследуемых насаждений

Таксационные показатели	Значение показателей по годам				Изменение таксационных показателей	
	1963	1974	1979	1984	за 21 год	за 1 год
Пробная площадь № 6						
Состав древостоя	6С4Б	7С3Б	7С3Б	7С3Б	–	–
Возраст, лет:						
сосны	16	27	32	37	21	1
березы	17	28	33	38	21	1
ели II яруса	17	20	25	34	–	–
Средняя высота, м:						
сосны	4,4	8,7	12,2	13,5	+9,1	+0,43
березы	3,9	7,3	10,3	13,4	+9,5	+0,45
ели II яруса	2,0	2,8	3,6	4,0	+2,0	+0,09
Средний диаметр, см:						
сосны	4,6	8,2	9,9	11,9	+7,3	+0,35
березы	2,0	3,8	5,2	8,0	+6,0	+0,29
ели II яруса	1,3	2,2	2,8	3,2	+2,1	+0,10
Густота, шт./га	18 267	10 094	7266	3933	-14 334	-683
В том числе:						
сосны	4124	3428*	2752	2019	-2105	-100
березы	14 143	6666	4514	1914	-12 229	-583
Кроме того, ели II яруса	124	1324	1324	1676	+1552	+74

Класс бонитета	III	III	II	II	–	–
Полнота	0,91	1,41	1,38	1,29	–	–
Кроме того, ели II яруса	–	0,05	0,08	0,12	–	–
Запас на 1 га, м ³	32	122	187	221	+189	+9
Кроме того, ели II яруса	–	1,4	2,5	4,0	–	–
Отпад на 1 га, м ³	1	7(6)	13(6)	23(10)	+22	+1,1
Общая продуктивность на 1 га, м ³	33	129	200	244	+211	+10,0
Среднее накопление запаса на 1 га, м ³	2,0	4,5	5,8	6,0	+4,0	–
Средний прирост на 1 га, м ³	2,1	4,8	6,3	6,6	+4,5	–
Пробная площадь № 7						
Состав древостоя	8С2Б	9С1Б	10С+Б	10С+Б	–	–
Возраст, лет:						
сосны	16	27	32	37	21	1
березы	17	28	33	38	21	1
ели II яруса	17	25	27	32	–	–
Средняя высота, м:						
сосны	4,3	8,6	11,6	13,5	+9,2	+0,44
березы	3,5	4,9	7,7	8,0	+4,5	+0,21
ели II яруса	2,0	2,9	3,6	3,6	+1,6	+0,08
Средний диаметр, см:						
сосны	4,2	7,7	8,7	10,1	+5,9	+0,28
березы	1,7	2,5	3,4	3,6	+1,9	+0,09
ели II яруса	2,0	2,3	2,8	2,8	+0,8	+0,04

Окончание табл. 1

2	Таксационные показатели	Значение показателей по годам				Изменение таксационных показателей	
		1963	1974	1979	1984	за 21 год	за 1 год
	Плотность, шт./га	15 667	10 550	8617	5710	-9957	-474
	В том числе:						
	сосны	6350	5133	4700	3817	-2533	-121
	березы	9317	5417	3917	1893	-7424	-353
	Кроме того, ели II яруса	67	400	450	483	+416	+20
	Класс бонитета	III	III-II	II	II	–	–
	Полнота	0,81	1,37	1,23	1,23	+0,42	+0,02
	Запас на 1 га, м ³	30	135	181	224	+194	+9,2
	Кроме того, ели II яруса	–	1,0	1,0	1,0	–	–
	Отпад на 1 га, м ³	1	7 (6)	12 (5)	24 (12)	+23	+1,1
	Общая продуктивность на 1 га, м ³	31	142	193	248	+217	+10,3
	Среднее накопление запаса на 1 га, м ³	1,9	5,0	5,7	6,1	+4,2	–
	Средний прирост на 1 га, м ³	1,9	5,3	6,0	6,7	+4,6	–

Примечание. В 1965 г. проведены рубки ухода. На пробной площади № 6 на 1 га вырублено 29 сухих сосенок и 6420 березок (в том числе 286 сухих), на пробной площади № 7 – соответственно 400 (117 сухих) и 3083 (33 сухих). Срубленные деревья собраны в кучи и оставлены на перегнивание.

Объемы одного среднего дерева отпада в смешанном насаждении (табл. 2, проба № 6), увеличиваясь с возрастом древостоев, отстают от объемов среднего дерева растущей части у сосны в 7–13, у березы в 8–15 раз по периодам исследований, а за 21 год в 16 и 32 раза соответственно. В сосновом молодняке с первоначальной примесью березы до 16 % (проба № 7) эти соотношения таковы: у сосны в 6–7, у березы в 2–3 раза по периодам исследований и за 21 год в 10 и 3 раза.

Из анализа данных об интенсивности отпада по числу деревьев следует, что до 40-летнего возраста смешанных сосново-березовых насаждений он происходит без резких колебаний во времени и выше у березы. Несмотря на это, тонкомерная береза в сравнении с тонкомерной сосной, быстро погибающей от угнетения более развитыми деревьями, оказывается устойчивой и в таком довольно жалком виде живет многие годы и десятилетия. Это природное явление, по-видимому, биологически целесообразно, обеспечивает устойчивое развитие сосново-березового сообщества вообще и его сосновой части в особенности. Березовый опад (листья, мелкие веточки и др.) пополняют запасы мягкого гумуса, способствуя улучшению почвенного питания и, как следствие, роста сосновой части смешанных древостоев.

Естественный опад обусловлен природным процессом развития и роста сосново-березового молодняке и не связан с болезнями и вредителями из мира насекомых. Упомянутые ранее повреждения лосями не оказывают существенного влияния на увеличение отпада, и по этому поводу у лесоводов не должно быть никакого беспокойства за судьбу древостоев. Хозяйственное использование отпада пока невозможно, поскольку нет спроса на колья, жерди, хворост и рынков сбыта этих лесных товаров.

Таблица 2

Интенсивность отпада в сосново-березовых молодняках

Показатели	Период исследований			
	1963–1974	1975–1979	1980–1984	1963–1984
Возраст древостоев, лет	16...27	28...32	33...37	16...37
Продолжительность исследований, лет	11	5	5	21
Отпад на 1 га:				
по числу деревьев, шт.:				
Сосна	<u>696*</u> 1217*	<u>676</u> 433	<u>733</u> 883	<u>2105</u> 2533
Береза	<u>7477*</u> 3900*	<u>2152</u> 1500	<u>2600</u> 2024	<u>12 229</u> 7424
Всего	<u>8173</u> 5117	<u>2828</u> 1933	<u>3333</u> 2907	<u>14 334</u> 9957
по запасу, м ³ :				
Сосна	<u>2,5</u> 4,5	<u>3,5</u> 3,0	<u>4,5</u> 7,0	<u>10,5</u> 14,5
Береза	<u>4,5</u> 2,5	<u>2,5</u> 2,0	<u>5,5</u> 5,0	<u>12,5</u> 9,5

Всего	$\frac{7,0}{7,0}$	$\frac{6,0}{5,0}$	$\frac{10,0}{12,0}$	$\frac{23,0}{24,0}$
Объем одного среднего дерева отпада, 10^5 м^3 :				
Сосна	$\frac{359}{370}$	$\frac{518}{693}$	$\frac{614}{793}$	$\frac{499}{572}$
Береза	$\frac{60}{64}$	$\frac{116}{133}$	$\frac{212}{247}$	$\frac{102}{128}$
В среднем	$\frac{86}{137}$	$\frac{212}{259}$	$\frac{300}{413}$	$\frac{160}{241}$
Интенсивность отпада по числу деревьев, %:				
Сосна	$\frac{16,9(1,5)}{19,2(1,8)}$	$\frac{16,4(3,3)}{6,8(1,4)}$	$\frac{17,7(3,5)}{13,9(2,8)}$	$\frac{51,0(2,4)}{39,9(1,9)}$
Береза	$\frac{52,9(4,8)}{41,9(3,8)}$	$\frac{15,2(3,0)}{16,1(3,2)}$	$\frac{18,4(3,7)}{21,7(4,3)}$	$\frac{86,5(4,1)}{79,7(3,8)}$
В среднем	$\frac{44,7(4,1)}{32,7(3,0)}$	$\frac{15,5(3,1)}{12,3(2,5)}$	$\frac{18,2(3,6)}{18,6(3,7)}$	$\frac{78,4(3,7)}{63,6(3,0)}$

Примечание. В числителе – данные для пробной площади № 6, в знаменателе – № 7. В скобках показана среднегодовая интенсивность отпада по числу деревьев. В цифры со звездочками включены деревья, выбранные при прочистках 1965 г.

Чтобы вовремя освободить сосну от угнетающего действия березы, в условиях для преимущественного роста сосны и предотвращения в нем сильного охлестывания крон березой, следует в 15–20-летних молодняках проводить рубки ухода – прочистки, особенно при участии ее в составе более 30 %. На исследуемом участке это мероприятие было проведено в 1965 г. в 18-летнем молодняке (см. табл. 1, 2). Результат незамедлительно сказался: сосновый древостой быстро опередил в росте березовую часть, а при последующих исследованиях мы не обнаружили ни одной сосны даже со значительным и сильным охлестыванием. Слабое охлестывание, практически неизбежное, не приносит сколько-либо значительного вреда сосново-березовому сообществу.

В исследуемом молодняке береза представлена двумя видами – пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.) и бородавчатой (*Betula verrucosa* Ehrh.). В 1963 г. их соотношение составило: на пробе № 6 соответственно 47 и 53 %, № 7 – 58 и 42 %. Заметной разницы в росте этих видов березы и степени охлестывания сосны не выявлено, что позволило нам в дальнейших таксационных исследованиях не учитывать видового состава берез.

С первых лет жизни высокопродуктивных сосново-березовых насаждений неизменным спутником их является ель. Первые ее экземпляры поселяются обычно одновременно с сосной и березой. Источниками семян, как правило, являются соседние с вырубками и гарями участки ельников. Ак-

тивное расселение ели под пологом происходит обычно в первом десятилетии. Динамика поселения ели под пологом сосново-березовых молодняков, выявленная нами в 1963–1984 гг., приведена в табл. 3.

Как видим, за 21-летний период исследований шло активное расселение ели, численность которой на пробной площади № 6 увеличилась в 27, а на пробе № 7 в 10 раз. Высота и возраст подроста ели на обеих пробах одинаковые. После 40-летнего возраста древостоев активное расселение ели под пологом ослабляется, но полностью не прекращается [4–6].

К 1984 г. во второй ярус 33–37-летнего древостоя вышли ели, появившиеся в первое пятилетие его жизни, т. е. в период 1947–1951 гг.

Наши исследования показали, что, несмотря на большое количество, ели поселяющиеся под сосново-березовым пологом, очень медленно выходят в первый ярус, подвергаясь угнетению сосной и охлестыванию березой. Тем не менее к 80–100-летнему возрасту древостоя ель образует второй ярус с запасом до 90 м³ на 1 га. Однако по ее численности, расположению, средним высотам и диаметрам, запасу столовой древесины наблюдается очень большое разнообразие при одном и том же возрасте сосново-березовых насаждений и одинаковых условиях местопроизрастания. Нередко второго яруса из ели нет или он не имеет ясной выраженности и при таксации не выделяется [6].

Подлесок на обеих пробах редкий из шиповника (*Rosa canina* L., *R. cinnamomea* L.), можжевельника (*Juniperus communis* L.), рябины (*Sorbus aucuparia* L.) и ивы (*Salix caprea* L.), сильно поврежденной лосями. Заметных изменений в подлеске за исследуемый период не произошло.

Таблица 3

Численность ели в сосново-березовых молодняках

Год исследо- ваний	Возраст древостоя, лет	Средняя высота, м			Густота ели второго яру- са, шт./га	Еловый подрост				
		сосны	березы	ели второго яруса		Густота, шт./га	Высота, м		Возраст, лет	
							сред- няя	от...до	сред- ний	от...до
1963	16...17	<u>4,4</u>	<u>3,9</u>	<u>2,0</u>	<u>124</u>	<u>2546</u>	<u>0,62</u>	<u>0,12...1,40</u>	<u>11</u>	<u>5...14</u>
		4,3	3,5	2,0	67	3996	0,42	0,10...1,18	10	4...16
1974	27...28	<u>8,7</u>	<u>7,3</u>	<u>2,8</u>	<u>1324</u>	<u>24197</u>	<u>0,16</u>	<u>0,03...1,30</u>	<u>9</u>	<u>4...24</u>
		8,6	4,9	2,9	400	22894	0,11	0,03...1,30	10	3...24
1979	32...33	<u>12,2</u>	<u>10,3</u>	<u>3,6</u>	<u>1324</u>	<u>58346</u>	<u>0,18</u>	<u>0,03...1,30</u>	<u>12</u>	<u>5...29</u>
		11,6	7,7	3,6	450	39200	0,20	0,10...1,30	12	5...28
1984	37...38	<u>13,5</u>	<u>13,4</u>	<u>4,0</u>	<u>1676</u>	<u>67588</u>	<u>0,30</u>	<u>0,03...1,30</u>	<u>16</u>	<u>4...32</u>
		13,5	8,0	3,6	483	40527	0,31	0,06...1,40	17	7...33

Примечание. В числителе – данные для пробной площади № 6, в знаменателе – № 7.

Таблица 4

Видовой состав растений и их обилие

Растение	Обилие по шкале Друде (на пробах № 6/№ 7)			
	1963	1974	1979	1984
Иван чай, кипрей узколистный (<i>Chamaenerion angustifolium</i> L.) Scop.)	Sp/Sp	Sp/Sp	Sp-Sp	Sol/Sol
Луговик извилистый (<i>Deschampsia flexuosa</i> L.) Trin.)	Sp/Sp	Sp/Sp	Sp/Sp	Sol/Sol
Марьянник лесной (<i>Melampyrum silvaticum</i> L.)	Sp/Sp	Sp/Sp	Sp/Sp	Sol/Sol
Черника (<i>Vaccinium myrtillus</i> L.)	Sol/Sol	Cop ³ /Cop ³	Cop ³ /Cop ³	Cop ³ /Cop ³
Брусника (<i>V. vitis idaea</i> L.)	Sp/Sp	Sp/Sp	Sp/Sp	Sp/Sp
Ожика волосистая (<i>Luzula pilosa</i> L.) Willd.)	Sp/Sp	Sol/Sol	–	–
Седмичник европейский (<i>Trientalis europaea</i> L.)	Sp/Sp	Sp/Sp	Sp/Sp	Sp/Sp
Грушанка круглолистная (<i>Pyrola rotundifolia</i> L.)	Sp/Sp	Un/Un	–	–
Грушанка малая (<i>Pyrola minor</i> L.)	Sp/Sp	Un/Un	–	–
Хвощ лесной (<i>Equisetum silvaticum</i> L.)	Sol/Un	Un/Un	Un/Un	Un/Un
Ястребинка волосистая (<i>Hieracium pilosella</i> L.)	Un/Sol	Un/Sol	Un/Sol	Un/Sol
Тысячелестник обыкновенный (<i>Achillea millefolium</i> L.)	Un/Un	–	–	–
Кошачья лапка (<i>Antennaria dioica</i> L.) Gaertn.)	Sol/Sp	Sol/Sp	Sol/Sp	Un/Un
Плаун сплюснутый (<i>Lycopodium complanatum</i> L.)	Un/–	Un/–	Un/–	–
Плаун колючий (<i>L. selago</i> L.)	Sp/–	Un/–	Un/–	–
Мох Шребера (<i>Pleurozium Schreberi</i> Mitt.)	Sp/Sp	Sp/Sp	Sp/Sp	Cop ³ /Cop ³
Кукушкин лен волосоносный (<i>Polytrichum piliferum</i> Schreb.)	Cop ³ /Cop ³	Cop ³ /Cop ³	Cop ³ /Cop ³	Cop ³ /Cop ³
Дикранум волосистый (<i>Dicranum undulatum</i> Ehrh.)	Sol/Sp	Sol/Sp	Sol/Sp	Sol/Sp
Лишайник лесной (<i>Cladonia sylvatica</i> L.) Hoffm.)	Sol/Sol	Sol/Sol	Sol/Sol	Sol/Sol
Лишайник красноголовый (<i>C. coccifera</i> Pек.)	Sol/Sol	Sol/Sol	Sol/Sol	Sol/Sol
Лишайник листовидный (<i>Peltigera venosa</i> L.)	Sp/Sp	Sp/Sp	Sol/Sol	Sol/Sol
Одуванчик лекарственный (<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.)	Un/–	Un/–	Un/–	Un/–

Таблица 5

Ход роста сосново-березового молодняка черничного

Возраст, лет	Состав древостоя	Порода	Средние		Густота древостоя, шт./га	Сумма площадей сечений на 1 га, м ²	Среднее видовое число	Запас стволовой древесины на 1 га, м ³	Прирост древесины на 1 га, м ³		Отпад древесины на 1 га, м ³		Общая продуктивность, м ³		
			высота, м	диаметр, см					средний	текущий	по периодам	Все-го	Запас	Средний прирост	Текущий прирост
5	6С4Б	С	1,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		Б	1,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	6С4Б	С	2,7	2,8	7143	4,4	0,841	10	1,0	1,0	–	–	10	1,0	1,4
		Б	2,2	1,1	36 842	3,5	0,779	6	0,6	0,6	–	–	6	0,6	0,8
15	6С4Б	С	4,0	4,2	4549	6,3	0,714	18	1,2	1,6	1	1	19	1,3	1,8
		Б	3,4	1,8	17 647	4,5	0,653	10	0,7	0,8	1	1	11	0,7	1,0
20	7С3Б	С	5,7	5,9	4206	11,5	0,656	43	2,2	5,0	1	2	45	2,3	5,2
		Б	4,6	2,4	14 380	6,5	0,602	18	0,9	1,6	1	2	20	1,0	1,8
25	7С3Б	С	7,6	7,5	3748	17,0	0,588	76	3,0	6,6	1	3	79	3,2	6,8
		Б	6,3	3,2	9950	8,0	0,556	28	1,1	2,0	1	3	31	1,2	2,2
30	7С3Б	С	10,8	9,5	2837	20,0	0,556	120	4,0	8,8	3	6	126	4,2	9,2
		Б	8,3	4,2	6715	9,3	0,544	42	1,4	2,8	2	5	47	1,6	3,4
35	7С3Б	С	13,0	11,5	2126	22,0	0,535	153	4,4	6,6	5	11	164	4,7	7,8
		Б	11,5	6,1	3251	9,5	0,513	56	1,6	2,8	4	9	65	1,9	3,4
40	7С3Б	С	14,2	12,7	1815	23,0	0,527	172	4,3	3,8	6	17	189	4,7	5,0
		Б	14,2	9,0	1525	9,7	0,501	69	1,7	2,6	4	13	82	2,1	3,4

Видовой состав полукустарничков, травяной, моховой и лишайниковой растительности и ее обилие приведены в табл. 4. За 21-летний период исследований из 22 исчезло 6 видов растений (ожика волосистая, грушанка круглолистная и малая, тысячелистник обыкновенный, плаун колючий и сплюснутый); у 6 видов (иван-чай, луговик извилистый, марьянник лесной, хвощ лесной, кошачья лапка, лишайник листовидный) обилие незначительно снизилось (Sp /Sol, Sol/Un); 8 видов (брусника, седмичник европейский, ястребинка волосистая, кукушкин лен волосоносный, дикранум волосистый, лишайники лесной и красноголовой, одуванчик лекарственный) восстановили свои позиции. Черника, встречавшаяся в очень небольшом количестве (Sol), довольно обильно расселилась по территории (Сор³). Мох Шребера заметно потеснил лишайники и вместе с черникой и кукушкиным льном волосоносным создает общий фон напочвенного покрова.

Таким образом, формируется послепожарный высокопродуктивный сосняк-черничник с различным участием березы, а в дальнейшем и ели, постепенным формированием второго елового яруса. Исследования, проведенные в сосняках разного возраста, показывают, что ход роста сосны и ели существенно отличается при их совместном произрастании, ель отстает в росте и уходит под полог сосновых и сосново-березовых древостоев. Возраст соснового яруса не имеет при этом существенного значения, сосна и береза защищают молодое поколение ели от негативного воздействия поздних весенних и ранних осенних заморозков [9, 10].

По результатам исследований нами составлена таблица хода роста сосново-березового молодняка черничного (табл. 5) для наиболее частого начального соотношения сосны и березы в составе древостоев, формирующихся естественным путем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Левин, В.И.* Результаты исследования динамики сосновых насаждений Архангельской области [Текст] / В.И. Левин. – Архангельск, 1959. – 131 с.
2. *Левин, В.И.* Сосняки Европейского Севера [Текст] / В.И. Левин. – М.: Лесн. пром-сть, 1966. – 152 с.
3. Лесотаксационный справочник для Северо-Востока европейской части СССР (нормативные материалы для Архангельской, Вологодской областей и Республики Коми) [Текст]/сост. Г.С. Войнов, Е.Г. Тюрин, И.И. Гусев. – Архангельск, 1986. – 358 с.
4. *Неволин, О.А.* Основы хозяйства в высокопродуктивных сосняках Севера [Текст] – Архангельск: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1969. – 103 с.
5. *Неволин, О.А.* Подрост и его значение в формировании высокопродуктивных сосновых лесов Европейского Севера России [Текст] / О.А. Неволин, О.О. Еремина // Лесн. журн. – 1998. – № 4. – С. 12–18. – (Изв. высш. учеб. заведений).
6. *Неволин, О.А.* Динамика сосново-березового насаждения при проточном увлажнении почвы в типе леса сосняк-кисличник [Текст] / О.А. Неволин, С.В. Третьяков, О.О. Еремина // Лесн. журн. – 2001. – № 3. – С. 35–40. – (Изв. высш. учеб. заведений).
7. *Орлов, М.М.* Опытные таблицы и ход роста сосновых насаждений по ним [Текст] / М.М. Орлов//Лесн. журн. – 1897. – Вып. 5.

8. Полевой справочник таксатора (Для таежных лесов Европейского Севера) [Текст] / И.И. Гусев [и др.] – Вологда: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1971. – 196 с.

9. Третьяков, С.В. Формирование возрастной структуры сосново-еловых древостоев [Текст] / С.В. Третьяков // Лесн. таксация и лесоустройство: межвуз. сб. науч. тр. – Красноярск: Красноярск. политехн. ин-т, 1987. – С. 65–72.

10. Третьяков, С.В. Закономерности формирования елового яруса в сосняках Севера [Текст] / С.В. Третьяков // Проблемы лесовосстановления в таежной зоне СССР: тез. докл. Всесоюз. конф. 13-15 сент. 1988 г. – Красноярск, 1988. – С. 228.

11. Тюрин, А.В. Исследования хода роста нормальных сосновых насаждений Архангельской губернии [Текст] / А.В. Тюрин // Тр. по лесн. опыт. делу в России. – СПб., 1913. – Вып. 45. – 135 с.

Поступила 10.04.09

O.A. Nevolin¹, S.V. Tretiakov¹, O.O. Eremina¹, A.V. Eremin²

¹ Arkhangelsk State Technical University

² Federal Service for Veterinary and Phytosanitary Surveillance of Republic of Karelia, Arkhangelsk Region and Nenets Autonomous Area

Dynamics of Pine-birch Blueberry Young Stand in Bereznik Forestry Enterprise of Arkhangelsk Region

Changes of the stand composition, average heights and diameters, density, stock, wood attrition and general productivity have been studied for the 21-year period. Dynamics of undergrowth, understory trees, shrub, grass, moss and lichen vegetation is traced.

Keywords: pine-birch blueberry young stand, stand dynamics, stand dynamics, growth, high-productive pine forest.

УДК 630*:581.451

О.М. Корчагин, В.Ю. Заплетин

Воронежская государственная лесотехническая академия

Корчагин Олег Михайлович родился в 1964 г., окончил в 1986 г. Воронежский лесотехнический институт, кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и физиологии растений Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет свыше 40 научных работ в области экологической физиологии, анатомии и морфологии древесных растений.
E-mail: omkorchagin@mail.ru



Заплетин Владимир Юрьевич родился в 1982 г., окончил в 2005 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, аспирант кафедры экологии, защиты леса и лесного охотоведения ВГЛТА. Имеет 14 научных работ в области экологической анатомии и морфологии прегенеративных особей дуба черешчатого.
E-mail: vlad_dimir@nextmail.ru



ХАРАКТЕРИСТИКА АССИМИЛЯЦИОННОГО АППАРАТА СЕЯНЦЕВ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО В СВЯЗИ С РАЗЛИЧНЫМИ УСЛОВИЯМИ ЗАТЕНЕНИЯ

Представлены результаты трехлетнего изучения облиствения сеянцев, линейных размеров и площади листьев.

Ключевые слова: дуб черешчатый, сеянцы, затенение, лист, площадь, ассимиляционный аппарат.

Одним из наиболее важных абиотических факторов внешней среды, лимитирующих выживание самосева под материнским пологом дубрав, является освещенность [1, 2]. Особенно сильно она влияет на структуру и функциональную активность ассимиляционной поверхности растений [5, 8]. По данным Ю.Л. Цельникер, при умеренном затенении листья становятся крупнее, при сильном – мельче [6]. А.М. Якшина отмечала лишь уменьшение площади листовой пластинки подростка дуба под влиянием затенения [7].

В связи с тем, что этот вопрос изучен недостаточно, исследования, начатые нами в 2002 г. [3], были продолжены. Объектами изучения служили сеянцы дуба черешчатого (*Quercus robur* L.), выращенные в течение трех лет в лесном питомнике Правобережного лесничества Учебно-опытного лесхоза ВГЛТА. Опыт изначально представлял собой четыре варианта затенения посевов деревянными щитами (50, 75, 88 и 95 % от полного солнечного освещения) и контроль (делянки без затенения). К началу второго вегетационного периода все особи варианта 4 погибли.

Определяли число листьев, их линейные размеры (длина и ширина), по которым устанавливали площадь отдельного листа [4] и суммарную площадь ассимиляционного аппарата.

Исследования показали, что у однолетних сеянцев площадь ассимиляционного аппарата возрастала с усилением затенения до 88 %, а затем уменьшилась. На второй и третий годы картина была другой. С усилением затенения площадь ассимиляционного аппарата снижалась, причем с возрастом различия между крайними вариантами увеличивались. Это связано с общим числом листьев на одной особи и площадью отдельного среднего листа (см. таблицу).

Между числом листьев и степенью затенения во втором и третьем вегетационных периодах проявилась четко выраженная обратная зависимость (коэффициенты парной корреляции составили $-0,943 \pm 0,064$ и $-0,931 \pm 0,130$ соответственно). С возрастом дифференциация особей увеличивалась. Если в первый год разница между крайними вариантами составляла 2 листа [1], то на второй и третий годы 15 и 28 шт. соответственно.

Изменение площади листовой поверхности у одно-, двух- и трехлетних сеянцев было различным. Так, в первый год жизни с усилением затенения посевов до 88 % площадь листа возрастала, а при 95 % снижалась,

Характеристика ассимиляционного аппарата сеянцев *Quercus robur* L. в зависимости от варианта затенения посевов

Показатель	Контроль	Вариант 1, 50 %	$t_{к-1}$	Вариант 2, 75 %	$t_{к-2}$	t_{1-2}	Вариант 3, 88 %	$t_{к-3}$	t_{1-3}	t_{2-3}	Вариант 4, 95 %*	$t_{к-4}$	t_{1-4}	t_{2-4}	t_{3-4}
2002 г., однолетние сеянцы															
Число листьев, шт.	6,9 ± 0,2	5,9 ± 0,1	4,1	5,4 ± 0,1	7,0	2,9	5,0 ± 0,1	8,0	5,0	2,6	4,9 ± 0,2	8,0	4,6	2,4	0,3
Средний размер листа, см:															
длина	6,5 ± 0,1	7,9 ± 0,1	11,0	8,5 ± 0,2	8,0	2,6	9,8 ± 0,1	23,0	15,0	5,0	7,6 ± 0,1	9,0	2,8	3,9	18,0
ширина	3,5 ± 0,1	3,9 ± 0,1	5,0	4,2 ± 0,1	8,0	3,8	5,4 ± 0,1	22,0	19,0	14,0	3,8 ± 0,1	3,8	1,4	5,0	20,0
Площадь, см ² :															
листа	13,3 ± 0,4	17,2 ± 0,4	7,0	19,8 ± 0,6	9,0	3,8	29,0 ± 0,6	22,0	17,0	11,0	15,8 ± 0,3	4,7	2,9	6,0	20,0
ассимиляционного аппарата	91,2 ± 5,2	100,6 ± 3,3	1,5	107,0 ± 4,1	2,4	1,2	145,6 ± 5,7	7,0	7,0	6,0	78,1 ± 3,5	2,1	4,6	5,0	10,0
2003 г., двухлетние сеянцы															
Число листьев, шт.	23,0 ± 0,8	12,8 ± 0,6	10,0	13,8 ± 0,7	9,0	1,1	8,1 ± 0,5	15,0	6,0	6,0	–	–	–	–	–
Средний размер листа, см:															
длина	7,1 ± 0,1	8,6 ± 0,2	7,0	4,7 ± 0,2	12,0	17,0	7,6 ± 0,3	1,5	2,9	9,0	–	–	–	–	–
ширина	4,1 ± 0,2	4,3 ± 0,1	0,9	3,8 ± 0,1	1,2	3,0	3,8 ± 0,3	0,8	1,4	0,0	–	–	–	–	–
Площадь, см ² :															
листа	15,9 ± 0,8	20,6 ± 0,8	4,3	10,5 ± 0,7	5,0	10,0	17,3 ± 1,6	0,8	1,9	4,0	–	–	–	–	–
ассимиляционного аппарата	391,0 ± 28,1	285,0 ± 17,0	3,2	143,0 ± 11,4	8,0	7,0	148,0 ± 17,3	7,0	6,0	0,2	–	–	–	–	–
2004 г., трехлетние сеянцы															
Число листьев, шт.	45,4 ± 2,3	35,8 ± 2,7	2,7	28,6 ± 2,1	5,0	2,1	17,9 ± 2,2	9,0	5,0	3,6	–	–	–	–	–

Средний размер листа, см:															
длина	9,1 ± 0,2	8,8 ± 0,3	0,8	8,0 ± 0,2	4,0	2,2	7,3 ± 0,4	4,1	3,0	1,6	–	–	–	–	–
ширина	4,7 ± 0,1	4,9 ± 0,2	1,0	4,3 ± 0,1	2,3	2,8	3,6 ± 0,2	4,3	4,5	2,6	–	–	–	–	–
Площадь, см ² :															
листа	22,9 ± 0,8	23,8 ± 1,4	0,6	19,4 ± 0,8	3,1	2,7	16,4 ± 1,7	3,5	3,4	1,6	–	–	–	–	–
ассимиляционного аппарата	1032,0 ± 64,9	868,1 ± 81,7	1,6	607,0 ± 56,6	5,0	2,6	356,9 ± 73,8	7,0	4,6	2,7	–	–	–	–	–

* К началу второго вегетационного периода все особи варианта 4 погибли.

что согласуется с данными Ю.Л. Цельникер [6]. На второй год жизни какой-либо выраженной прямой или обратной зависимости нами не выявлено, хотя площадь листа варьировала существенно по вариантам опыта. На третий год, напротив, обнаружилась противоположная зависимость – уменьшение площади листовой пластинки с усилением затенения на 75 % и более (см. таблицу). На наш взгляд, это связано с тем, что в первый год роста лист формируется за счет пластических веществ, находящихся в желуде, на второй и третий годы – из накопленных в результате фотосинтеза. Полученные результаты согласуются с данными [7].

Изменение площади листа связано почти одинаково тесно с его длиной и шириной, однако варьирование ширины листа по вариантам опыта было меньше.

Изменение площади ассимиляционного аппарата в первый год обусловлено площадью отдельного листа ($r = 0,944 \pm 0,036$). На второй и третий годы, напротив, облиственность сеянцев связана с площадью ассимилирующей поверхности ($r = 0,84 \pm 0,17$ и $r = 0,992 \pm 0,007$ соответственно).

Выводы

1. С усилением затенения посевов облиственность у двух- и трех-летних сеянцев дуба черешчатого уменьшалась. Различия между вариантами опыта с возрастом усиливались.

2. Изменение площади листьев в результате затенения посевов предопределено относительно равномерным изменением длины и ширины листовой пластинки.

3. Как реакция на затенение посевов изменения площади листьев зависят от возраста сеянцев. В первый год увеличение площади листа наблюдается до уровня затенения 88 %, при критическом затенении 95 % она уменьшается. На второй и третий годы роста сеянцев дуба черешчатого снижение площади листьев отмечено уже при 75 %-м затенении.

4. Разница между сеянцами различных вариантов затенения по площадям ассимиляционного аппарата в первый год предопределена площадью отдельных листьев, на второй и третий годы связана с облиственностью сеянцев.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондаренко, В.Д. О естественном возобновлении дуба [Текст] / В.Д. Бондаренко // Лесн. хоз-во. – 1987. – № 5. – С. 71–73.
2. Рыжков, О.В. Экологические факторы, ограничивающие естественное возобновление дуба в Центрально-Черноземном заповеднике [Текст] / О.В. Рыжков // Экология. – 1994. – № 5. – С. 22–27.
3. Заплетин, В.Ю. Морфологическая характеристика всходов *Quercus robur* L. в связи с различными условиями их затенения [Текст] / В.Ю. Заплетин, О.М. Корчагин // Лес. Наука. Молодежь-2004 : сб. материалов по итогам НИР молодых ученых ВГЛТА за 2004 год / под ред. Л.Т. Свиридова. – Воронеж, 2004. – С. 20–27.
4. Заплетин, В.Ю. Определение площади листьев ювенильных особей дуба черешчатого по линейным размерам [Текст] / В.Ю. Заплетин, О.М. Корчагин // Лес.

Наука. Молодежь-2006 : сб. материалов по итогам НИР молодых ученых ВГЛТА за 2006 год / под ред. Л.Т. Свиридова. – Воронеж, 2006. – С. 71–75.

5. *Цельникер, Ю.Л.* Влияние интенсивности света на развитие ассимиляционной поверхности листа у саженцев древесных пород [Текст] / Ю.Л. Цельникер, И.С. Малкина // Лесоведение. – 1976. – № 3. – С. 65–69.

6. *Цельникер, Ю.Л.* Физиологические основы теневыносливости древесных растений [Текст] / Ю.Л. Цельникер. – М.: Наука, 1978. – 215 с.

7. *Якшина, А.М.* Состояние подроста дуба под пологом леса в связи с балансом органического вещества [Текст] / А.М. Якшина // Ботан. журн. – 1965. – № 6. – С. 861–867.

8. *Newton, P.* Studies of the expansion of the leaf surface [Text] / P. Newton // J. Exptl. Bot. – 1960. – Vol. 14, N 42. – P. 895–903.

Поступила 10.06.08

O.M. Korchagin, V.Yu. Zapletin
Voronezh State Forestry Engineering Academy

Characteristics of Assimilation Apparatus of English Oak Seedlings in Connection with Different Shading Conditions

The results of a three-year study of seedling frondescence, linear dimensions and leaf area are presented.

Keywords: English oak, seedlings, shading, leaf, area, assimilation apparatus.

УДК 581.55

И.Д. Котляров

Северо-Западный институт печати С.-Петербургского государственного университета технологии и дизайна



Котляров Иван Дмитриевич родился в 1974 г., окончил в 1998 г. С.-Петербургскую инженерно-экономическую академию, кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента и маркетинга Северо-Западного института печати С.-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Имеет 2 печатные работы в области лесной таксации и изучения природных ресурсов.
E-mail: IvanKotliarov[lrpg@mail.ru]

ПОКАЗАТЕЛЬ СТЕПЕНИ СХОДСТВА БИОЦЕНОЗОВ И МЕТОДИКА ЕГО РАСЧЕТА

Предложен индекс, позволяющий оценить степень сходства биоценозов. Описан математический алгоритм его расчета.

Ключевые слова: биоценоз, признак, различие.

Теоретические основы оценки сходства биоценозов. Каждый биоценоз обладает своим набором из N_6 характеристик. Различия, обусловленные несовпадением перечней признаков биоценозов, назовем качественными; различия в значениях параметров характеристик, совпадающих у биоценозов, – количественными.

Сравнение биоценозов А и Б, %

Характеристика	Биоценоз А	Биоценоз Б
<i>a</i>	10	–
<i>b</i>	–	25
<i>c</i>	10	10
<i>d</i>	25	35
<i>e</i>	35	25
<i>f</i>	15	–
<i>g</i>	5	5

Рассмотрим два биоценоза А и Б с набором характеристик, представленным в таблице. Из нее видно следующее:

- биоценозы А и Б полностью совпадают по характеристикам *c* и *g*;
- по характеристикам *a*, *b* и *f* наблюдается качественное различие: *a* и *f* отсутствуют у биоценоза Б, *b* – у биоценоза А;
- характеристики *d* и *e* в обоих случаях представлены, но их количественные значения отличаются.

С учетом изложенного и исходя из общих соображений, построение предполагаемого индекса сходства биоценозов (ИСБ) должно базироваться на следующих основаниях.

1. Значения ИСБ находятся в диапазоне от 0 до 1; 0 соответствует отсутствию сходства между рассматриваемыми биоценозами, 1 – их совпадению по выбранному набору признаков. Сопоставление производится

только по этому набору, поскольку перечислить и измерить все характеристики биоценоза технически крайне сложно (фактически невозможно). Кроме того, полное совпадение биоценозов по выбранным признакам не свидетельствует о полной идентичности биоценозов, для доказательства которой необходимо сравнение по всем характеристикам.

2. Наличие факторов, обеспечивающих как качественное, так и количественное различия между рассматриваемыми биоценозами, должно вести к уменьшению ИСБ.

3. ИСБ по определению является относительной характеристикой биоценоза и рассчитывается в сравнении со значением для какого-либо другого биоценоза. В экологии для оценки близости биоценозов используется индекс видового сходства (ИВС, %), который рассчитывают по формуле [1]

$$\text{ИВС} = \frac{2M}{N_x + N_y} 100, \quad (1)$$

где M – число признаков, совпадающих у обоих биоценозов;
 N_x, N_y – число признаков у биоценозов X и Y соответственно.

При расчете ИВС отбрасывают те параметры, которые обеспечивают качественные различия между биоценозами, количественные во внимание не принимают. Простое наличие одного и того же признака рассматривают как совпадение биоценозов по нему независимо от его значения у каждого биоценоза. Это вполне оправданно, так как ИВС характеризует сходство двух биосистем по наличию какого-либо вида в каждой из них, а не по его доле. По этой причине ИВС является инструментом для определения только покомпонентного сходства биоценозов; для оценки степени сходства в полном смысле слова он неприменим. Тем не менее, ИВС может послужить основой для конструирования ИСБ. Ниже предлагается алгоритм расчета ИСБ.

Построение индекса сходства биоценозов. Основной задачей при конструировании ИСБ на основе ИВС является учет факторов, обеспечивающих количественное различие между биоценозами. Очевидно, что индекс ИСБ, % должен рассчитываться по базовой формуле

$$\text{ИСБ} = \frac{2Z}{N_x + N_y}, \quad (2)$$

где Z – число признаков, значения которых совпадают у обоих биоценозов (в условном примере в таблице это признаки c и g).

Пусть M – число признаков, присутствующих у обоих биоценозов (которыми обладают оба сравниваемых биоценоза, хотя их количественные характеристики могут не совпадать; в рассмотренном условном примере это признаки c, d, e, g).

Чтобы найти Z , необходимо вычесть из M число признаков, присутствующих у обоих биоценозов, но имеющих разные значения у каждого из них (в нашем примере d и e). В этом случае справедлива формула

$$Z = M - \sum_{i=1}^M f(x_i, y_i), \quad (3)$$

где x_i, y_i – значения i -го признака биоценозов X и Y соответственно;

$f(x_i, y_i)$ – функция, подобранная таким образом, что

$$f(x_i, y_i) = \begin{cases} 0, & x_i = y_i, \\ 1, & x_i \neq y_i. \end{cases}$$

Иными словами, эта функция равна 0, если значения соответствующего признака одинаковы у обоих биоценозов, и 1, если они не совпадают. Таким образом, величина $\sum_{i=1}^M f(x_i, y_i)$ равна числу признаков, присутствующих у обоих биоценозов, но не совпадающих по значению.

Необходимо задать функцию $f(x_i, y_i)$ в явном виде. Для этого можно воспользоваться функцией $\text{sign}(x)$:

$$\text{sign}(x) = \begin{cases} -1, & x < 0, \\ 0, & x = 0, \\ 1, & x > 0. \end{cases}$$

Функция $f(x_i, y_i)$ может быть выражена следующим образом:

$$f(x_i, y_i) = \text{sign}|x_i - y_i|. \quad (4)$$

Ее можно записать также при помощи символа Кронекера δ_{ik} :

$$\delta_{ik} = \begin{cases} 1, & i = k, \\ 0, & i \neq k. \end{cases}$$

В этом случае

$$f(x_i, y_i) = 1 - \delta_{x_i y_i}.*$$

Выражение (4) более предпочтительно. Оно может быть использовано при автоматическом расчете ИСБ, так как функция $\text{sign}(x)$, в отличие от символа Кронекера, включена в стандартный набор функций табличного процессора Microsoft Excel (наиболее доступного программного средства обработки данных).

С учетом (4) формула (2) может быть записана в следующем виде:

$$\text{ИСБ} = \frac{2 \left(M - \sum_{i=1}^M \text{sign}|x_i - y_i| \right)}{N_x + N_y}. \quad (5)$$

Легко убедиться, что этот сконструированный индекс сходства биоценозов удовлетворяет всем трем предъявляемым к нему требованиям. Тем не менее, предлагаемая методика расчета ИСБ также не свободна от недостатков. В соответствии с формулой (5) совпадающими будут признаны лишь биоценозы, у которых совпадают не только число одинаковых признаков, но и их значения. Однако в практических целях разумнее считать совпадающими биоценозы, у которых значения одинаковых признаков различаются не более чем на какую-то заранее установленную величину. Следовательно,

* Как известно, в математике то или иное отображение в общем случае может быть задано при помощи более чем одного алгоритма.

следует преобразовать формулу (3) таким образом, чтобы в ней учитывалась возможность такого расхождения:

$$\Psi(x_i, y_i) = \begin{cases} 0, & |x_i - y_i| \leq \Delta_i^{xy}, \\ 1, & |x_i - y_i| > \Delta_i^{xy}, \end{cases}$$

где Δ_i^{xy} – допустимое расхождение между значениями i -го признака у биоценозов X и Y .

Функцию $\Psi(x_i, y_i)$ также необходимо задать в явном виде, что можно сделать при помощи уже использовавшейся выше функции $\text{sign}(x)$:

$$\Psi(x_i, y_i) = 1 - \text{sign} \left[-\text{sign} \left(|x_i - y_i| - \Delta_i^{xy} \right) \right]. \quad (6)$$

Окончательная формула для расчета индекса сходства биоценозов будет иметь следующий вид:

$$\text{ИСБ} = \frac{2 \left\{ M - \sum_{i=1}^M 1 - \text{sign} \left[-\text{sign} \left(|x_i - y_i| - \Delta_i^{xy} \right) \right] \right\}}{N_x + N_y}. \quad (7)$$

При всей внешней громоздкости формула (7) позволяет гораздо более корректно с практической точки зрения рассчитать степень сходства биоценозов, чем формула (5), которая является предельным случаем формулы (7) при $\Delta_i^{xy} = 0$. Аналогично формула (1) для расчета ИВС является предельным случаем формулы (7) при $\Delta_i^{xy} = |x_i - y_i|$.

Для того чтобы предлагаемая методика расчета ИСБ приобрела полностью формализованный вид, необходимо разработать алгоритм определения числа совпадающих признаков M , которое на сегодняшний день находят вручную, непосредственно сравнивая списки признаков (т. е. их текстовых описаний) обоих биоценозов (в случае определения индекса видового сходства [1]).

Ясно, что число совпадающих признаков у двух биоценозов M не может быть больше, чем у обладающего наименьшим числом характеристик:

$$M \leq \min(N_x, N_y).$$

Предположим для простоты, что

$$\min(N_x, N_y) = N_x.$$

Необходимо сравнить текстовые описания каждого признака биоценоза X и всех признаков биоценоза Y . Если есть совпадение по одному из них, то он является совпадающим у обоих биоценозов. Очевидно, что каждый признак биоценоза X может совпадать лишь с одним признаком биоценоза Y . Для формализации этого сравнения следует воспользоваться текстовой функцией $\text{СОВПАД}(x, y)$:

$$\text{СОВПАД}(x, y) = \begin{cases} 1, & x = y, \\ 0, & x \neq y. \end{cases}$$

Переменные x и y задаются в текстовом формате (по сути дела, функция $\text{СОВПАД}(x, y)$ является аналогом символа Кронекера для тек-

стовых данных). При помощи этой функции и на основе описанного выше алгоритма последовательного сопоставления i -го признака биоценоза X со всеми признаками биоценоза Y число совпадающих будем рассчитывать следующим образом:

$$M = \sum_{i=1}^{N_x} \sum_{j=1}^{N_y} \text{СОВПАД}(x_i, y_j) .$$

Интегральный показатель сходства биоценозов. В предложенной методике расчета индекса сходства биоценозов не уточняется, по каким именно признакам сравнивают рассматриваемые биоценозы. Однако эти признаки могут существенно различаться, и в ряде случаев их объединение в одном индексе может быть некорректным с методологической точки зрения. Поэтому если биоценозы сопоставляются по принципиально различающимся признакам, предложенная методика должна быть скорректирована следующим образом.

1. Все признаки, по которым сравнивают биоценозы, разбивают на однородные группы (например, для лесных биоценозов при их сопоставлении с таксационной точки зрения такими группами могут быть «Древесные ресурсы», «Недревесные ресурсы» и «Охотничьи ресурсы»).

2. Для каждой группы признаков рассчитывают индекс сходства биоценозов (называем его частным индексом сходства) по формуле (7).

3. Биоценозы сравнивают отдельно по частным индексам.

4. Если необходимо сопоставить биоценозы по всей совокупности рассматриваемых признаков, вводят интегральный индекс сходства биоценозов (ИИСБ), рассчитываемый по формуле

$$\text{ИИСБ} = \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m \text{ЧИСБ}_j} , \quad (8)$$

где m – число выделенных однородных групп признаков;

ЧИСБ_j – частный индекс сходства биоценозов для j -й группы признаков.

Такой подход гораздо более корректен, так как позволяет учесть разнородность признаков биоценозов.

Выводы

Предлагаемые варианты расчета индекса сходства биоценозов позволяют точнее оценить степень близости биоценозов, так как они учитывают существование не только качественных, но и количественных различий между экосистемами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Одум, Ю. Экология [Текст] / Ю. Одум. – М.: Мир, 1986.

Поступила 01.09.09

I.D. Kotlyarov

Northwestern University of Printing, Saint-Petersburg State University of Technology and Design

Index of Biocenoses Affinity and its Calculation Method

An index allowing to assess the biocenoses similarity degree is offered. The mathematical algorithm of its calculation is described.

Keywords: biocenosis, feature, difference.

УДК 630*232.311.3:582.474.4

О.В. Шейкина, Э.П. Лебедева

Марийский государственный технический университет

Шейкина Ольга Викторовна родилась в 1978 г., окончила в 2001 г. Марийский государственный технический университет, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесной селекции, недревесных ресурсов и биотехнологии МарГТУ. Имеет около 20 печатных работ в области селекционного семеноводства древесных пород.
E-mail: sheikina_olga@rambler.ru



Лебедева Эмилия Петровна родилась в 1936 г., окончила в 1959 г. Поволжский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесной селекции, недревесных ресурсов и биотехнологии Марийского государственного технического университета. Имеет более 100 печатных работ в области селекционного семеноводства древесных пород.
E-mail: e_prokhorova@rambler.ru



ОПЫТ СОЗДАНИЯ ЛЕСОСЕМЕННОЙ ПЛАНТАЦИИ ПОВЫШЕННОЙ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ В ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

Рассмотрена проблема отбора плюсовых деревьев сосны обыкновенной для создания лесосеменной плантации повышенной генетической ценности. Предложен новый подход к ее решению: комплексная оценка семей и клонов по росту и устойчивости к обезвоживанию хвои с использованием кластерного анализа. Даны рекомендации по технологии закладки лесосеменных плантаций.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, лесосеменная плантация, отбор плюсовых деревьев, технология создания, приживаемость, рост прививок.

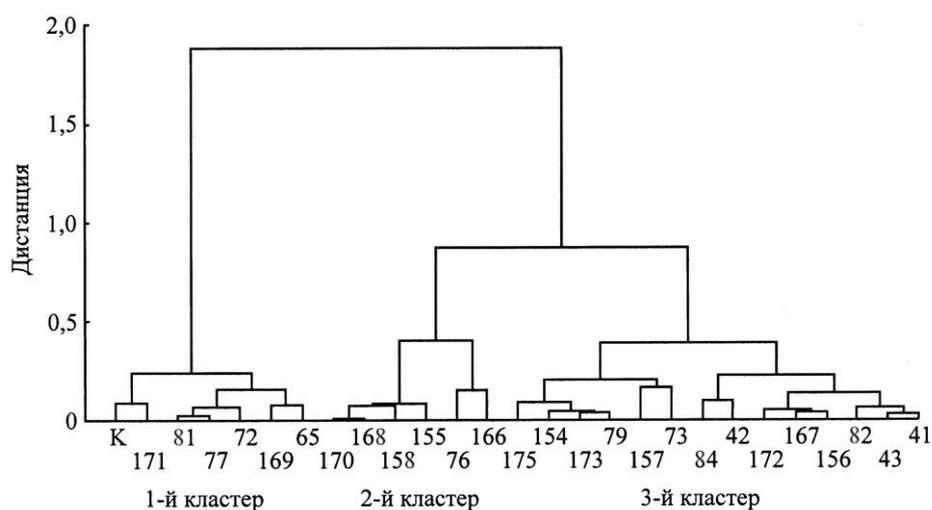
В целях обеспечения непрерывности селекционного процесса и использования первичного селекционного эффекта «Указания по лесному семеноводству в Российской Федерации» [9] рекомендуют создавать лесосеменные плантации повышенной генетической ценности (ЛСП ПГЦ). На 1 января 2008 г. в России было заложено 6,66 тыс. га лесосеменных плантаций, из которых повышенную генетическую ценность имеют только 2,4 % (161 га) [7]. Более масштабные работы по закладке ЛСП ПГЦ сдерживает проблема отбора плюсовых деревьев. Предлагается использовать вегетативное потомство плюсовых деревьев, выделенных по результатам предварительной генетической оценки. Однако далеко не все плюсовые деревья проходят проверку по семенному потомству в испытательных культурах или последние еще не достигли возраста предварительной оценки (II класс возраста). Так, в Чувашской Республике на момент разработки проекта ЛСП ПГЦ из 178 аттестованных плюсовых деревьев сосны обыкновенной в состав испытательных культур были включены только 68, а их возраст не превышал 10...11 лет. Исследования ряда авторов показали, что оценка семенного потомства плюсовых деревьев в возрасте до 20 лет по прямым признакам (высота, диаметр) не дает надежных результатов из-за сравнительной нестабиль-

ности рангового положения семей [2, 6, 8]. В этой ситуации для постепенного улучшения генетических свойств семян необходим поиск новых научно обоснованных подходов, дающих возможность перейти к закладке плантаций повышенной генетической ценности уже в ближайшее время.

На наш взгляд, выходом может служить использование методов ранней диагностики, что существенно повысит надежность оценки молодых испытательных культур и отбора перспективных плюсовых деревьев для ввода в состав ЛСП ПГЦ. Признаки, по которым необходимо оценивать семенные потомства, должны определяться природно-климатическими условиями региона, биологическими особенностями породы, направлениями и целями селекции. В Чувашской Республике селекцию сосны обыкновенной целесообразно вести на быстроту роста и засухоустойчивость, так как по количеству выпадающих осадков эта территория относится к зоне неустойчивого увлажнения. Достаточно влажные годы сменяются длительными периодами с дефицитом осадков и засушливыми годами. В работе А.Х. Газз* на [1] показано, что засуха в Среднем Поволжье отрицательно влияет на культуру сосны обыкновенной. Поэтому для лесного семеноводства в данном регионе особый интерес представляют методы, позволяющие одновременно оценивать быстроту роста и засухоустойчивость. В качестве диагностирующего признака засухоустойчивости хвойных пород М.М. Котовым [3] предложена водоудерживающая способность хвои (ВУС), выраженная через t_{50} – время потери 50 % воды, содержащейся в хвое. Результативность использования этого признака в качестве диагностирующего на объектах единого генетико-селекционного комплекса подтверждена многочисленными работами [3–5, 10].

Для отбора плюсовых деревьев исследованы три участка испытательных культур в возрасте 10...11 лет. Установлена существенная изменчивость семей по высоте, диаметру и водоудерживающей способности хвои [11]. Для выделения лучших плюсовых деревьев использован кластерный анализ. Входящими признаками для построения дендрограмм служили средняя высота, диаметр и показатель t_{50} каждой семьи. На рисунке представлены результаты кластерного анализа показателей семей на участке 3.

Все семьи были разделены на три кластера. Далее для каждого из них выполняли статистический анализ, результаты которого представлены в табл. 1. Семьи с самыми высокими показателями отнесены во второй кластер (6 семей), их средняя высота составила 6,1 м, диаметр 8,7 см, время потери 50 % воды в хвое 147,2 ч. Средние значения показателей данного кластера достоверно выше показателей других кластеров и контроля, о чем свидетельствует коэффициент достоверности различия 1,6...12,2. Аналогичный анализ выполнен для других участков испытательных культур.



Дендрограмма изменчивости семей по высоте, диаметру и ВУС хвой

Таблица 1

Характеристика кластеров семей, выделенных по показателям роста и устойчивости

Номер кластера	Высота, м		Диаметр, см		ВУС хвой (t_{50}), ч	
	$x_{cp} \pm Sx_{cp}$	Достоверность различия (t_d)	$x_{cp} \pm Sx_{cp}$	Достоверность различия (t_d)	$x_{cp} \pm Sx_{cp}$	Достоверность различия (t_d)
1	5,4±0,1	5,2	8,1±0,2	3,1	97,2±2,6	12,2
2	6,1±0,1	–	8,7±0,1	–	147,2±3,2	–
3	5,7±0,1	3,2	8,5±0,1	1,6	122,3±3,3	5,5
Контроль	5,5±0,1	5,1	7,8±0,2	3,6	94,3±7,6	6,5

Всего по результатам изучения испытательных культур отобрано 13 перспективных плюсовых деревьев сосны обыкновенной. Наряду с семьями в селекционную оценку были также включены клоновые потомства плюсовых деревьев на ЛСП первого порядка. Клоны оценивали по той же схеме: у каждого из них определяли среднюю высоту, диаметр и водоудерживающую способность хвой через показатель t_{50} . Затем данные обрабатывали методом кластерного анализа и выделяли лучшие клоны. Всего по результатам изучения роста и устойчивости клонового потомства было отобрано 17 плюсовых деревьев.

Таким образом, комплексная оценка по росту и устойчивости семенного и клонового потомства плюсовых деревьев с использованием кластерного анализа показала, что для ЛСП ПГЦ можно рекомендовать 30 плюсовых деревьев сосны обыкновенной. Однако, согласно «Указаниям...» [9], при закладке лесосеменной плантации необходимо использовать потомство

не менее 50 плюсовых деревьев. Поэтому было дополнительно выделено еще 20 плюсовых деревьев, семья или клон которых имели один высокий показатель (либо высоту, либо водоудерживающую способность хвои).

Включение в селекционную оценку клоновых потомств и отбор только по одному признаку были вполне оправданными и необходимыми мерами. В связи с тем, что плантации по достижении 25–30-летнего возраста экономически невыгодно эксплуатировать, на смену старым полям необходимо периодически закладывать новые. При этом возникает следующая дилемма: либо продолжать закладывать ЛСП первого порядка, либо делать хотя бы небольшой, но шаг вперед. На наш взгляд, для обеспечения непрерывности селекционного процесса и повышения селекционной ценности семян необходимо при первой возможности переходить к закладке ЛСП повышенной генетической ценности, так как известно, что даже небольшое генетическое улучшение может дать значительный экономический эффект, если площади ежегодной посадки составляют многие гектары [12].

Закладка ЛСП ПГЦ в Чувашской Республике начата в 2001 г. Способ создания – прививка на специальные подвойные культуры, что обусловлено имеющимся опытом и невозможностью выращивания привитых сеянцев в теплицах. Территория участка, подобранная под плантацию, представлена не покрытой лесом площадью: сенокосными угодьями (21 га) и вырубкой (9 га). Освоение всей площади запланировано в четыре этапа (три по 7 га и один 9 га). Запроектирована полосная обработка почвы с расстоянием между центрами полос 10 м по промышленной технологии [12]. В 2002 г. на площади 7 га были созданы первые подвойные культуры посадкой двухлетних сеянцев в площадки на подготовленной полосе. Расстояние между центрами площадок в ряду 8 м, в каждую высажено по 4 сеянца.

Анализ показал, что трехлетние подвойные культуры в 2004 г. имели среднюю высоту 33,7 см, а прирост последнего года 15,8 см, при этом доля подвоев, пригодных для прививки (высота более 50 см, прирост последнего года не менее 10...15 см, диаметр однолетнего осевого побега не менее 0,5 см), составляла лишь 13 %. Поэтому первые прививочные работы проведены только в 2006 г.

Инвентаризация прививок на первом поле в 2006 г. показала, что приживаемость оказалась достаточно низкой, существенно различаясь у разных клонов (от 5,7 до 52,6 %). Это может быть обусловлено различным физиологическим состоянием однолетних побегов у клонов после перезимовки и влиянием условий хранения черенков. Было установлено также существенное различие приживаемости по отдельным рядам (от 0 до 77,5 %), что объясняется далеко не всегда квалифицированно выполненной прививкой. В 2007 г. прививка проводилась и на втором поле площадью 7 га. Средняя приживаемость на обоих полях в 2007 г. тоже оказалась низкой, приживаемость по отдельным рядам варьировала от 0 до 66,7, по клонам от 0 до 80 %. Анализ результатов приживаемости показал, что в 2008 г. нужно провести дополнение на 1235 площадках (65 %), так как только на 663 из них (35 %) имеются надежные прививки. Опыт прививки 2006 и 2007 гг. позво-

лил в 2008 г. добиться более высокой приживаемости (61,8 %). По отдельным рядам она варьировала от 22,2 до 90,9 %, что говорит о росте квалификации рабочих, занимавшихся прививками. В 2008 г. осталось только 362 площадки (19 %) без прививок, поэтому можно рассчитывать на скорое окончание работ на этих полях.

Способ создания плантации прививкой на специальные подвойные культуры предусматривает изреживание в площадках с оставлением одной лучшей прививки. Для определения сроков изреживаний изучали рост прививок. Как правило, в первый год они имели незначительный прирост в высоту, в среднем 2,3...4,2 см (табл. 2). Но уже на второй год прирост достигал 19,7...20,3 см, а общая высота 23...24 см. Трехлетние прививки имели среднюю высоту 67,9 см, а прирост последнего года 43,2 см.

Таким образом, уже на второй-третий год прививки имели достаточно большие приросты и можно выделить перспективные, которые будут оставлены в площадке при изреживании. Однако его первый прием (удаление всех непривитых растений из площадок) можно назначить только после окончания прививочных работ (в нашем случае не ранее 2010 г.) или проектировать только в тех площадках, где имеются надежные 2–3-летние прививки. Второй прием изреживания, после которого на каждой площадке

Таблица 2

Показатели роста прививок разного возраста на ЛСП ПГЦ, см

Год исследования	Показатели роста	Среднее значение и его ошибка по годам прививки		
		2006	2007	2008
2006	Общая высота	4,20±0,10	–	–
2007	Прирост по годам:	2006	–	–
		2007	–	–
		Общая высота	23,00±0,80	2,30±0,11
2008	Прирост по годам:	2006	–	–
		2007	2,70±0,16	–
		2008	20,30±0,73	–
		Общая высота	67,90±1,99	24,00±0,83

должна остаться одна наилучшая прививка, можно проводить после достижения прививок последнего года 2-летнего возраста (в нашем случае не ранее 2012 г.), так как уже в этом возрасте можно отобрать перспективные прививки, которые останутся в качестве семенников.

Обобщая опыт закладки ЛСП повышенной генетической ценности в Чувашской Республике, для отбора плюсовых деревьев можно рекомендовать применение методов ранней диагностики и вовлечение клонового потомства в селекционную оценку. Показателем может служить t_{50} – время потери 50 % воды, содержащейся в хвое. Технология создания плантаций

предполагает прививку на специально созданные подвойные культуры в возрасте 5 лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Газизуллин, А.Х. Влияние засухи 1972 г. на состояние хвойных насаждений в различных почвенно-грунтовых условиях Среднего Поволжья [Текст] / А.Х. Газизуллин, В.М. Грачев, В.И. Пчелин // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение: межвуз. сб. науч. тр. – Л.: РИО ЛТИ, 1976. – Вып. 5. – С. 35–38.
2. Ефимов, Ю.П. О новой категории семенных плантаций древесных пород в лесном семеноводстве России [Текст] / Ю.П. Ефимов // Селекция, генетические ресурсы и сохранение генофонда древесных растений: сб. науч. тр. / ИЛ НАН Беларуси. – Гомель, 2003. – Вып. 59. – С. 200–204.
3. Котов, М.М. Внутрипопуляционная изменчивость сосны обыкновенной по признакам засухоустойчивости и роста (на примере Среднего Поволжья) [Текст]: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.03.01/М.М. Котов. – Йошкар-Ола, 1988. – 451 с.
4. Котов, М.М. Методические основы селекции сосны обыкновенной в Среднем Поволжье [Текст] / М.М. Котов // Лесн. журн. – 1988. – № 3. – С. 24–26. – (Изв. высш. учеб. заведений).
5. Котов, М.М. Водоудерживающая способность хвои как диагностический признак для оценки объектов единого генетико-селекционного комплекса [Текст] / М.М. Котов, Э.П. Лебедева, Е.В. Прохорова // Лесн. журн. – 2001. – № 3. – С. 58–64. – (Изв. высш. учеб. заведений)
6. Осипова, И.Н. Селекционная оценка потомств лесосеменных плантаций сосны обыкновенной в Центральной лесостепи [Текст]: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.01 / И.Н. Осипова. – Воронеж, 2002. – 22 с.
7. Проказин, А.Е. ЕГСК в начале пути [Текст] / А.Е. Проказин // Лесн. Россия. – 2008. – № 1. – С. 30–32.
8. Роне, В.М. Генетические основы селекции ели для плантационного лесовыращивания [Текст] / В.М. Роне // Всесоюз. совещание по лесн. генетике, селекции и семеноводству. – Петрозаводск: КарФ АН СССР, 1983. – С. 96–98.
9. Указания по лесному семеноводству в Российской Федерации [Текст]. – М.: ВНИИЦлесресурс, 2000. – 187 с.
10. Урмаков, Г.Н. Теория и практика районирования и семеноводства сосны [Текст] / Г.Н. Урмаков, М.М. Котов. – Чебоксары, 1999. – 168 с.
11. Шейкина, О.В. Селекционная оценка плюсовых деревьев сосны по росту и устойчивости их семенного потомства [Текст] / О.В. Шейкина, Э.П. Лебедева // Кадровое и научное сопровождение устойчивого управления лесами: состояние и перспективы: тез. докл. Междунар. конф. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005. – С. 25–26.
12. Lindgren, D. Progeny testing [Text] / D. Lindgren // Genetic of Scots Pine. – Budapest, 1991. – P. 191–204.

Поступила 03.02.09

O.V. Sheikina, E.P. Lebedeva
Mari State Technical University

Experience of Creating Seed Orchard Plantation of Higher Genetic Value in Chuvash Republic

Selection of Scotch pine plus trees selection for creating seed orchards with higher genetic value is considered. A new approach towards its solution is offered – a complex assessment of families and clones related to growth and needles dehydration stability based on the cluster analysis. The recommendations on technology of seed orchard creation are provided.

Keywords: Scotch pine, seed orchard, plus trees selection, creation technology, establishment, growth of ingrafting.

УДК 630*174.754:630*228.7

Е.В. Титов, А.И. Горобец

Воронежская государственная лесотехническая академия

Титов Евгений Васильевич родился в 1937 г., окончил в 1960 г. Брянский лесохозяйственный институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой лесоводства Воронежской государственной лесотехнической академии, академик РАЕН. Имеет 170 печатных работ в области селекции и плантационного ореховодства кедровых сосен.
E-mail: lesovod@vglta.vrn.ru

Горобец Александр Иванович родился в 1960 г., окончил в 1982 г. Воронежский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет около 40 печатных работ в области исследования естественных ивовых ценозов, качественных характеристик ивовой фитомассы и плантационного выращивания ивы.
E-mail: lesovod@vglta.vrn.ru



ПЛАНТАЦИОННОЕ ВЫРАЩИВАНИЕ КЕДРОВЫХ СОСЕН И ПРУТОВИДНОЙ ИВЫ НА СЕЛЕКЦИОННОЙ ОСНОВЕ

Дано природно-климатическое обоснование выбора районов для плантационного ореховодства кедра сибирского в ареале вида и районах успешной интродукции в европейской части России. Приведены экспериментальные данные об эффективности орехопродуктивных кедровых плантаций и плантационных культур прутьевидной ивы, созданных отселектированным материалом.

Ключевые слова: кедр сибирский, плантации, орехопродуктивность, селекция, районирование, ива, показатели роста.

Плантационное лесовыращивание быстрорастущих и технически ценных пород предусматривает увеличение выхода высококачественной продукции с единицы площади в короткие сроки.

Умеренный климат России ограничивает потенциальные биологические возможности роста древесных пород и формирование очень высоких запасов стволовой древесины. Более перспективным является плантационное лесовыращивание пород для получения недревесной продукции – орехов, живицы, лозового прута ив с коротким оборотом рубки. Формирование этих хозяйственно-ценных признаков в меньшей степени, нежели прирост стволовой древесины, зависит от природно-климатических условий и в большей степени обусловлено генетическими, наследственными свойствами организма.

Актуальность развития плантационного ореховодства кедровых сосен вызвана резким снижением объема заготовок кедровых орехов (с 10...12 до 1 тыс. т) – экологически чистого продукта питания высокой биологической активности, обладающего разнообразными целебными свойст-

вами, сырья для пищевой и кондитерской промышленности, пользующегося большим спросом.

Выбор районов для создания орехопродуктивных плантаций определяется возможностью промышленного получения в конкретных природно-климатических условиях максимального урожая кедровых орехов с наименьшими затратами и в наиболее короткие сроки.

Орехопродуктивные плантации закладывают в ареале кедровых сосен (прежде всего, в области экологического оптимума вида) и в районах их успешной интродукции. Для кедра сибирского это, в первую очередь, южно-таежная подзона и низкогорный (черневой) пояс Алтае-Саянской горной области (до 800 м над уровнем моря). Для последнего характерны высокоплодородные мощные бурые почвы, оптимальный режим тепла и влаги, обеспечивающие наиболее регулярное и обильное семеношение. По лесорастительному районированию С.Ф. Курнаева [5], данный лесорастительный регион включает округа Салаирского Кряжа, Кузнецкого Алатау, Горной Шории, Северо-Восточного Алтая, северной части Восточного Саяна и северного склона Западного Саяна.

Во-вторых, орехопродуктивные плантации рекомендуется закладывать в среднегорье (800...1200 м над уровнем моря) Алтае-Саянской горной области, в округе южной тайги Западно-Сибирской равнины, в поясе пихтово-кедровой тайги округа возвышенного Прибайкалья и в поясе кедровой тайги Восточного Саяна. Здесь средняя орехопродуктивность плантаций ниже примерно на 20...23 %, в многолетнем цикле несколько реже будут формироваться обильные и хорошие урожаи семян.

В третью очередь, орехопродуктивные плантации можно создавать в зоне средней тайги Западно-Сибирской провинции, восточного и западного склонов Среднего Урала и прилегающей равнины. Здесь при пониженных значениях среднегодовой температуры воздуха ($-0,8...2,7$ °С), продолжительности вегетационного периода (80...90 дн.), производительности лесорастительных условий (III–IV классы бонитета) плантации будут отличаться невысокой продуктивностью и нерегулярностью семенных лет.

Для повышения орехопродуктивности и стабилизации урожаев на плантациях в районах южной и средней тайги при их создании следует использовать не только местный ценный генофонд кедра сибирского, но и выдающиеся по показателям семенной продуктивности особи с различной динамикой семеношения из районов зоны экологического оптимума вида с близкими природно-климатическими условиями (среднегорье Алтае-Саянской горной области).

За пределами естественного ареала вида выбор районов для закладки кедровых корнесобственных плантаций проводится по методу аналогов климатических условий ареала и интродукции. При этом сравниваются следующие лимитирующие рост и семеношение кедра показатели: сумма температур более 10 °С, количество осадков, продолжительность вегетационного периода, его средний гидротермический коэффициент.

Климатические условия на значительной части европейской территории страны вполне приемлемы для успешной адаптации кедра сибирского. Интродукционный ареал этого вида охватывает зоны хвойных, смешанных и широколиственных лесов. Его северная граница проходит между северной и средней тайгой – от северной оконечности Онежского озера, по широте почти 63°, вблизи Сыктывкара, до западных склонов Урала; южная – по границе между зоной широколиственных лесов и лесостепи, севернее Воронежа, через Уфу, далее на юг до верховьев р. Урал. На такой большой территории природно-климатические условия для семеношения неоднородны, что обуславливает очередность создания орехопродуктивных кедровых плантаций.

Самое большое видовое и формовое разнообразие хвойных и лиственных пород на европейском континенте отмечается в зоне хвойно-широколиственных (смешанных) лесов. Здесь же формируются наиболее продуктивные по запасу стволовой древесины насаждения. Это свидетельствует о наличии в данной зоне лучших влаго- и теплообеспеченности, плодородия почв, соответствующих экологии разных видов, в том числе кедровых сосен. Годовое количество осадков составляет 560...670, в теплый период 350...440 мм, вегетационный период продолжается 135...160 дн., среднегодовая температура воздуха 3...6 °С. Эти климатические параметры благоприятствуют формированию урожаев у кедровых сосен, поэтому в данной зоне в первую очередь необходимо создавать орехопродуктивные кедровые плантации.

Площадь зоны для закладки плантаций напоминает клин, направленный от западных границ России на восток, где он упирается в Южный Урал. На Западе, от Псковской до Брянской области, ширина зоны достигает 600 км, на востоке, в Башкирии, 200...300 км. Северная граница проходит вблизи Нарвы, Пскова, Новгорода, Ярославля и далее примерно по широте 57°; южная – через Брянск, Калугу, Рязань, пересекает Волгу ниже Нижнего Новгорода, проходит севернее Йошкар-Олы, Ижевска, Уфы, далее на юго-восток и по направлению к западным склонам Уральских гор.

В зоне южной тайги, при недостатке тепла, и в зоне широколиственных лесов, при меньшем количестве влаги в теплый период (315...360 мм), эффективность орехопродуктивных плантаций будет ниже. Поэтому здесь, особенно в менее производительных условиях произрастания, наряду с ними следует закладывать кедровые плантации для получения древесины, а также посадки, выполняющие природозащитные и экологические функции, а в пригородных и припоселковых зонах – в целях озеленения и ландшафтной архитектуры. В указанных лесорастительных зонах орехопродуктивные плантации создают прививкой на кедровый подвой, другого целевого назначения – посадкой саженцев.

В южных районах европейской части России, в лесостепной и степной зонах, разведение кедровых сосен, отличающихся повышенной требовательностью к влажности воздуха, лимитируется недостатком почвенной и воздушной влаги. На сухой европейской равнине лесостепной зоны кедро-

вые посадки следует производить на небольших (0,5...1,0 га) вырубках и полянах, окруженных стенами взрослого леса из широколиственных или хвойных пород, с богатыми супесями или суглинками, подстилаемыми тяжелыми глинистыми или суглинистыми горизонтами. Тяжелые почвы и затенение обеспечивают благоприятный для кедра микроклимат с повышенной влажностью воздуха. В таких условиях хорошо растут 25-летние посадки кедра сибирского на вырубках в воронежских дубравах.

Максимальная орехопродуктивность на плантации может быть достигнута при использовании отселектированного материала. В результате 30-летних исследований ценного генофонда кедровых сосен (плюсовых по семенной продуктивности деревьев) на клоново-испытательных плантациях в различных природно-климатических условиях (Республика Алтай, Воронежская область, Республика Коми) выделены клоны кедра сибирского и европейского, отличающиеся повышенными и стабильными урожаями. Использование отселектированных клонов при создании промышленных орехопродуктивных плантаций позволяет получать с 1 га (при наличии 200 прививок и достаточном опылении) к 11–14-летнему возрасту 40...60 кг кедровых орехов, к 15...17 годам – 100...150, к 20...25 годам – 200...320 кг. При максимальном урожае биологическая продуктивность орехов повышается не менее чем вдвое [6].

Орехопродуктивность 25-летних плантаций, заложенных отселектированным материалом, при размещении и смешении клонов, обеспечивающих максимальную урожайность, в 2-3 раза превышает среднюю орехопродуктивность лучших 200-летних таежных кедровников и приближается к показателям рощ вблизи сел. В последующие 20 лет прогнозируется их превышение. Продолжительность экономически выгодной урожайности плантаций – 80...100 лет.

Выращивание ивы в культуре имеет давнюю историю, берущую начало со времен древних греков и римлян [4]. В настоящее время перспективно создание плантаций ивы в целях получения сырья для лозоплетения, дубильно-экстракционной, целлюлозно-бумажной промышленности, производства биотоплива, кормовых добавок, модифицированной древесины. Плантационное выращивание ивы базируется на высокой энергии ее роста. Наши исследования [2, 3] показали, что даже на почвах среднего плодородия (темно-серые лесные суглинки) без искусственного орошения в климатических условиях Воронежской области введение в культуру некоторых форм ивы позволяет получать ежегодно 10 т и более сырой растительной массы с 1 га. Одним из наиболее перспективных направлений является выращивание плантаций ивы с однолетним оборотом рубки. На таких плантациях максимальную фитомассу продуцируют древокустарниковые виды ивы, в частности ива прутовидная (*Salix viminalis* L.).

Показатели роста ивы прутовидной в плантационной культуре

Показатели	$M \pm m$		$t_{\text{факт}}$	% к контролю
	Контроль	Клон 1485		
Число осевых побегов в одном	6,80±0,10	12,80±0,18	29,3	188

кусте, шт.				
Диаметр побега, см	1,00±0,01	0,98±0,01	5,7	98
Протяженность побега, см	184,60±0,60	203,90±0,70	20,5	110
Масса одного побега, г:				
сырая	58,30±0,50	76,90±0,80	19,9	132
абс. сухая	26,30±0,20	34,60±0,40	19,7	132
Число побегов на 1 га, тыс. шт.	83,40	157,00	–	188
Масса, т/га:				
сырорастущая	4,90	12,10	–	247
абс. сухая	2,20	5,40	–	247

Примечание. $M \pm m$ – среднее арифметическое значение и его ошибка; $t_{\text{факт}}$ – фактическое значение критерия Стьюдента. Различия достоверны при $t_{\text{факт}} > 1,96$.

Нами произведена оценка особенностей роста и продуктивности отселектированного А.И. Горобцом клона 1485 ивы прутовидной в сравнении с контролем (смесь клонов этого же вида ивы из природных популяций). При выращивании плантации на темно-серой лесной почве с размещением посадочных мест $2,5 \times 0,3$ м и однолетнем обороте рубки отмечена более высокая продуктивность клона 1485 (см. таблицу).

Приживаемость и сохранность растений, выращенных из зимних стеблевых черенков, у контроля и клона 1485 практически не различались и составили 92 %. За пятилетний период производственной заготовки прута отмечено достоверное превосходство клона 1485 по числу осевых побегов в кусте (в среднем на 88 %), протяженности (на 10 %), массе побега (на 32 %) и, как следствие, большее число побегов на единице площади (на 88 %) и продуктивность в сравнении с контролем (на 147 %). Доказано [1], что преимущество клона 1485 ивы прутовидной над контролем по числу осевых побегов в одном кусте, протяженности и массе побегов имеет генетическую обусловленность, что позволяет рекомендовать его для выращивания на высокопродуктивных клоновых плантациях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горобец, А.И. Высокопродуктивный клон ивы прутовидной [Текст] / А.И. Горобец // Материалы 1-го съезда ВОГиС. – Саратов, 1994. – Т. 30. – С. 35–36.
2. Горобец, А.И. Продуктивность плантации прутьевых ив в Воронежской области [Текст] / А.И. Горобец // Лесн. журн. – 1994. – № 4. – С. 57–60. – (Изв. высш. учеб. заведений).
3. Горобец, А.И. Особенности роста ивовых плантаций в зависимости от условий выращивания и свойств культивара [Текст] / А.И. Горобец // Развитие научного наследия акад. Н.И. Вавилова: тез. Междунар. науч. конф. – Саратов, 1997. – Ч. 2. – С. 131–133.
4. Керн, Э.Э. Ива, ее значение, разведение и употребление [Текст] / Э.Э. Керн. – М.: Изд. Маракуева, 1890. – 110 с.
5. Курнаев, С.Ф. Лесорастительное районирование СССР [Текст] / С.Ф. Курнаев. – М.: Наука, 1973. – 204 с.
6. Титов, Е.В. Плантационное лесовыращивание кедровых сосен [Текст] / Е.В. Титов. – Воронеж: ВГЛТА, 2004. – 165 с.

Поступила 10.06.08

E.V. Titov, A.I. Gorobets

Voronezh State Forestry Engineering Academy

Plantation Cultivation of Cedar Pine and Common Osier on Selection Basis

The natural-climatic justification of the plantation areas selection for Siberian cedar nut cultivation in the area of species and areas of successful introduction in the Russia European part is given. The experimental data on the effectiveness of nut productive cedar plantations and plantation cultures of common osier created by the selected material are provided.

Keywords: Siberian cedar, plantations, nut productivity, selection, zoning, osier, growth factors.

УДК 634.13 (470.343)

Н.А. Разумников, О.М. Конохова, М.И. Рябинин

Марийский государственный технический университет

Разумников Николай Александрович родился в 1963 г., окончил в 1989 г. Марийский политехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесной селекции, недревесных ресурсов и биотехнологии Марийского государственного технического университета. Имеет более 90 публикаций в области интродукции растений и рационального природопользования.
E-mail: RazumnikovNA@marstu.net



Конохова Ольга Михайловна родилась в 1978 г., окончила в 2001 г. Марийский государственный университет, кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры лесной селекции, недревесных ресурсов и биотехнологии Марийского государственного технического университета. Имеет около 20 печатных работ в области интродукции растений.
E-mail: KonyuhovaOM@marstu.net



Рябинин Михаил Иванович родился в 1950 г., учебный мастер лаборатории внедрения Ботанического сада-института Марийского государственного технического университета. Имеет около 15 печатных работ в области интродукции растений и плодоводства.
E-mail: mihailryab@yandex.ru



НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ СОВМЕСТИМОСТИ СОРТОПОДВОЙНЫХ КОМБИНАЦИЙ И КАЧЕСТВА ПЛОДОВ ГРУШИ В РЕСПУБЛИКЕ МАРИЙ ЭЛ

Исследованы совместимость сортоподвойных комбинаций и содержание химических компонентов в плодах некоторых сортов груши. Из числа рекомендованных к производству в Волго-Вятском, Центральном, Центрально-Черноземном, Средне-вожском и Уральском регионах сортов груш выявлены 14 таксонов, совместимых с подвоями груши уссурийской местной репродукции.

Ключевые слова: груша уссурийская, подвой, привой, совместимость, плодоношение, арбутин, сахара, кислота.

Причинами недостаточного распространения груши в Волго-Вятском регионе – зоне ограниченного плодоводства – являются слабая изученность совместимости сортоподвойных комбинаций, их зимостойкости, а также дефицит семенного материала и сеянцев груш для подвоя. Наши исследования направлены на оценку совместимости районированных и перспективных сортов груши с подвоями груши уссурийской, в том числе сортоподвойных комбинаций через вставку, и качества их плодов.

В настоящей статье приведены обобщенные данные исследований девяти коллекционных образцов сортов груши на подвоях груши уссурийской местной репродукции в Ботаническом саду МарГТУ и двух в Марийском госсортоучастке. Привитые способом улучшенной копулировки сорта груши изучали в маточнике, где они посажены в 1993 г. по схеме 1,5 × 1,0 м,

и питомнике плодовых культур на дерново-подзолистой слабокультуренной среднесуглинистой почве. На участке Марийского ГСУ растения высажены в 1986 г. по схеме 6×4 м, почва дерново-подзолистая слабокультуренная тяжелосуглинистая.

При изучении подвоев и сортоподвойных комбинаций руководствовались положениями Ю.К. Вехова, Т.Н. Дорошенко [1]. Зрелые плоды исследовали в 2006 и 2007 гг. Химические анализы проводили в 3-кратной повторности. Содержание сахаров определяли антроновым методом [5], арбутина – по З.А. Седовой и др. [13], титруемых кислот (общей кислоты) – по Б.А. Ягодину и др. [8]. Степень сладости плодов оценивали по Б.П. Плешкову [6].

Прививки на высоте 10...12 см от корневой шейки в количестве 25 шт. в каждом варианте выполняли двумя способами: окулировкой 31.07 – 2.08.2007 г. и улучшенной копулировкой 20–30.03.2008 г. на 2-летние растения груши уссурийской, выращенные из семян местной репродукции. Окулированные растения выращивали в открытом грунте, привитые улучшенной копулировкой – в контейнерах (с закрытой корневой системой). В качестве субстрата использовали смесь грунта, торфа, песка и перегноя в пропорции 30:30:30:10 %.

Оценка в 2007 г. 17-летних растений сортов груш «Желтая», «Дюймовочка», «Лада», «Память Жегалова», «Рыжик», «Тёма», «Чижовская» и 12-летних – «Желтая», «Миф» показала, что для большинства изученных сочетаний сортоподвойных комбинаций характерна хорошая срастимость (табл. 1). Деревья сортов «Желтая», «Лада», «Миф», «Память Жегалова» и «Чижовская» были слаборослыми (высота 1,8...3,5 м), «Дюймовочка»,

Таблица 1

**Совместимость сортов груши на подвое груши уссурийской
в Ботаническом саду МарГТУ (2007 г.)**

Сорт привоя	Высота подвоя, м	Диаметр на месте срастания, см		Высота растения, м
		подвоя	привоя	
Дюймовочка	0,25	6,0	6,5	4,7
Желтая	0,15	10,0	10,0	3,5
Лада	0,18	5,5	5,5	2,1*
Память Жегалова	0,10	7,0	7,0	1,8*
Вставка «Тёма» (0,23 м) × Рыжик	0,10	8,0	7,0	4,0
	–	7,0	7,0	–
Тёма	0,40	9,0	7,0	4,5
Тёма **	0,30	14,0	13,0	4,7
Чижовская	0,15	9,0	9,0	3,0
Желтая***	0,10	3,0	3,5	1,6
Миф***	0,15	8,0	7,5	2,7

* Растения подвергались сильной обрезке для получения привоя.

** На подвое груши обыкновенной.

*** Посадки 1998 г.

«Рыжик», «Тёма» – среднерослыми (4,0...4,7 м), «Арабка», «Бере желтая» на Марийском ГСУ – сильнорослыми (6,4...7,3 м). В учетный период до начала осеннего расцветивания листьев (I декада сентября) не наблюдалось их преждевременной окраски, шаткости у деревьев, отломов в месте срастания. Вместе с тем из-за обильного урожая при сильном ветре в начале августа отмечено расщепление ствола выше прививки у 12-летнего дерева сорта «Лада», произрастающего в саду у одного из авторов. Причиной повреждения стало неправильное формирование кроны. В последующие годы крона была вновь сформирована, дерево вегетирует и плодоносит.

Все растения были достаточно зимостойки, переносили морозы до $-38\text{ }^{\circ}\text{C}$ в 2002 г., практически ежегодно цветут и плодоносят. Состояние растений позволяло ежегодно срезать 50...70 однолетних побегов для прививочных работ и производства посадочного материала на семенных подвоях.

Опыты по прививкам некоторых допущенных к использованию в Уральском регионе сортов груш («Декабрина», «Краснобокая», «Красуля», «Ларинская», «Рыжик», «Сказочная») на подвой груши уссурийской показали их высокую приживаемость (80...100 %). Это объясняется тем, что одной из родительских форм изученных сортов является груша уссурийская, на сеянцах которой их рекомендуют размножать в регионах районирования. Сохранность прививок варьировала от 24 до 96 % в зависимости от сортоподвойных комбинаций. У растений примерно одинаковой толщины годичный прирост различался, что, видимо, обусловлено спецификой сортов (табл. 2).

Ранее исследовались приживаемость и сохранность прививок окулировкой сортов «Лада», «Краснобокая», «Красуля» и улучшенной копулировкой сортов «Бергамот», «Лада», «Память Жегалова», «Тонковетка» и «Чижевская» на 2-летние подвой груши уссурийской [2, 3, 9, 10].

Таблица 2

Сохранность и рост сортов груши на 2-летних подвоях груши уссурийской в Ботаническом саду МарГТУ по состоянию на 15.09.2008 г. [11]

Сорт привоя	Способ прививки*	Приживаемость, %	Сохранность, %	Текущий прирост		Диаметр подвоя на уровне прививки	
				$x \pm m_x$, см	V, %	$x \pm m_x$, мм	V, %
Декабрина	о	80	24	56,4±12,1	52,6	7,3±0,5	17,3
Красуля	ук	100	92	42,1±3,3	37,6	8,1±0,5	29,6
	о	100	48	49,7±5,1	35,6	7,8±0,5	22,2
Краснобокая	ук	100	96	25,3±1,8	34,8	7,9±0,3	18,6
	о	100	60	37,4±6,5	67,3	8,1±0,8	38,3
Ларинская	о	88	36	70,2±2,6	11,1	8,8±0,6	21,6
Рыжик	о	88	44	55,7±7,3	43,6	8,8±0,6	22,1
Сказочная	ук	97	88	28,5±1,8	29,9	9,5±0,5	24,5
	о	92	52	36,5±5,2	51,4	7,3±0,4	19,8
Миф	о	80	24	48,0±9,6	49,2	8,0±1,0	32,4

*о – окулировка; ук – улучшенная копулировка.

Использование маточных растений Ботанического сада МарГТУ и изучение их вегетативного потомства позволили выявить возможные варианты прививок, сочетающие совместимость, сохранность и рост в онтогенезе, которые успешно применяются при производстве посадочного материала для реализации населению. Вместе с тем сравнительные наблюдения за срастанием сортов груши на подвоях груши уссурийской и обыкновенной побудили начать в 2000-х гг. исследования по изучению комбинаций прививки через вставку для выявления оптимальных сочетаний. Характеристики плодов некоторых сортов груш в Ботаническом саду МарГТУ [12] и на Марийском сортоучастке РМЭ представлены в табл. 3.

Содержание арбутина в плодах варьировало от 0,8 до 3,0 %, наибольшие значения отмечены у сортов «Дюймовочка», «Тёма» и «Тонковетка». Наличие этого компонента, оказывающего лечебное воздействие при некоторых урологических заболеваниях, повышает ценность плода.

Степень сладости плодов отдельных сортов («Дюймовочка», «Лада», «Рыжик» и «Чижовская») превышает 30,0, что указывает на отсутствие слабокислого вкуса. У сортов «Бергамот» и «Тонковетка» плоды имеют слабокислый вкус. В плодах сорта «Тёма» содержание сахаров и органических кислот наибольшее. Значительное количество кислот в плодах этого сорта, превышающее в 4,5–9,0 раз в 2006 г. и в 4,7–6,3 раза в 2007 г. аналогичный признак других сортов, обуславливает степень сладости 6,8...7,2, что придает умеренно кислый вкус. Как отмечал Б.П. Плешков [6], вкусовые ощущения зависят от содержания в плодах не только сахаров, но и органических кислот, дубильных веществ, некоторых других соединений. Очевидно, невысокие вкусовые характеристики плодов сорта «Тёма» объясняются большим содержанием общих кислот.

Таблица 3

Содержание химических компонентов в плодах груш

Вид груши-подвоя	Сорт привоя	Арбутин	Сахар	Кислота	Сахар
		% на сырую массу			
2006 г.					
Уссурийская	Бергамот	...	8,10±0,13	0,30±0,01	27,0
	Дюймовочка	3,0	7,40±0,10	0,20±0,03	37,0
	Лада	1,2	9,10±0,18	0,30±0,08	30,3
	Миф	...	10,80	1,01	10,8
	Тонковетка	2,2	11,40±0,21	0,40±0,01	28,5
Обыкновенная	Тёма	1,7	12,30±0,52	1,80±0,06	6,8
2007 г.					
Уссурийская	Арабка*	...	10,00	1,10	9,1
	Бере желтая*	0,8	9,60	1,16	8,3
	Желтая	...	12,50	0,69	17,8
	Лада	1,1	10,00±0,03	0,30±0,01	33,3
	Рыжик	1,1	15,60±0,03	0,30±0,03	52,0
	Чижовская	1,0	11,80±0,01	0,30±0,01	39,3
Обыкновенная	Тёма	1,4	13,70±0,16	1,90±0,01	7,2

* На Марийском сортоучастке РМЭ.

Изучение в одном из субъектов Волго-Вятского региона содержания сахаров и органических кислот в плодах некоторых сортов груши показало ряд особенностей. Большинство сортов, полученных на основе гибридизации с использованием груши уссурийской («Тёма», «Миф», «Арабка», «Бере желтая», «Желтая»), по сравнению с другими сортами отличалось повышенным содержанием органических кислот, обуславливающим невысокий индекс сладости. В целом следует отметить хорошие вкусовые и потребительские качества плодов, которые по содержанию биологически активных веществ практически не отличаются от аналогичных показателей, характерных для районов их культивирования [4, 7, 14].

Результаты исследования позволяют сформулировать следующие выводы.

1. Из числа рекомендованных к производству в Волго-Вятском, Центральном, Центрально-Черноземном, Средневолжском и Уральском регионах сортов груш выявлены 14 таксонов, совместимых с подвоями груши уссурийской местной репродукции. В отдельных случаях лучшие результаты дает использование вставки определенного культивара в комбинации прививки.

2. Изученные сорта груш вполне зимостойки в регионе и пригодны для выращивания в промышленном и любительском садоводстве.

3. Плоды большинства сортов груш характеризуются высокими вкусовыми и потребительскими качествами, поэтому эти фрукты ценны прежде всего в свежем виде. Плоды сорта «Тёма», содержащие наибольшее количество сахаров и органических кислот, рекомендуются для применения в технических целях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вехов, Ю.К. Изучение подвоев и сортоподвойных комбинаций [Текст] / Ю.К. Вехов, Т.Н. Дорошенко // Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под общ. ред. Е.Н. Седова и Т.П. Огольцовой. – Орел: Изд-во ВНИИСПК, 1999. – С. 34–48.

2. Интродукция груши уссурийской в условиях Республик Марий Эл и Татарстан [Текст] / Н.А. Разумников [и др.] // Кадровое и научное сопровождение устойчивого управления лесами: состояние и перспективы: материалы Междунар. конф. – Йошкар-Ола, 2005. – С. 344–350.

3. Качество плодов груши уссурийской в условиях интродукции Республик Марий Эл и Татарстан [Текст] / О.М. Конюхова [и др.] // Ботанические сады как центры сохранения биоразнообразия и рационального использования растительных ресурсов: материалы Междунар. конф., посвящ. 60-летию Гл. Ботан. сада им. Н.В. Цицина РАН. – М.: ГБС РАН, 2005. – С. 259–262.

4. Кожевников, А.П. Сорта плодовых культур в Ботаническом саду УрО РАН [Текст]: науч. изд. / А.П. Кожевников, С.А. Мамаев, Л.А. Семкина. – Екатеринбург: УрО РАН, 1996. – С. 23–26.

5. Методы биохимического исследования растений [Текст] / под. ред. А.И. Ермакова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Колос, 1972. – С. 143–144.

6. Плешков, Б.П. Биохимия сельскохозяйственных растений [Текст] / Б.П. Плешков. – 4-е изд., доп. и перераб. – М.: Колос, 1980. – С. 460–470.
7. Помология. Груша. Айва [Текст] Т. 2. / под ред. Е.Н. Седова. – Орел: Изд-во ВНИИСПК, 2007. – 436 с.
8. Практикум по агрохимии / Б.А. Ягодин [и др.]; под ред. Б.А. Ягодина. – М.: Агропромиздат, 1987. – 512 с.
9. Разумников, Н.А. Сохранность прививок и рост сортов груши на подвое груши уссурийской в условиях Республики Марий Эл: к вопросу внедрения в производство [Текст] / Н.А. Разумников, О.М. Конюхова // Восьмые Вавиловские чтения. Мирозрение современного общества в фокусе научного знания и практики: материалы постоянно действующей Всерос. междисциплин. науч. конф. – М.; Йошкар-Ола, 2004. – Т. 2. – С. 238–240.
10. Разумников, Н.А. Груша уссурийская в Среднем Поволжье [Текст] / Н.А. Разумников, О.М. Конюхова, М.И. Рябинин // Лесн. журн. – 2007. – № 2. – С. 28–33. – (Изв. высш. учеб. заведений).
11. Разумников, Н.А. Сохранность и рост груши на 2-летних подвоях груши уссурийской в Ботаническом саду МарГТУ [Текст] / Н.А. Разумников, М.И. Рябинин, И.И. Костерина // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений: материалы XI Междунар. науч. конф. – Красноярск: СибГТУ, 2008. – С. 70–72.
12. Разумников, Н.А. К вопросу расширения ассортимента плодовых и ягодных культур в Республике Марий Эл [Текст] / Н.А. Разумников, М.И. Рябинин, В.П. Головунин // Инновационные разработки вузовской науки – российской экономике: сб. статей. – Йошкар-Ола: Марийск. гос. техн. ун-т, 2008. – С. 175–178.
13. Седова, З.А. Оценка сортов по химическому составу плодов [Текст] / З.А. Седова, В.Г. Леонченко, А.И. Астахов // Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под общ. ред. Е.Н. Седова и Т.П. Огольцовой. – Орел: Изд-во ВНИИСПК, 1999. – С. 160–167.
14. Сорта плодовых и ягодных культур Нечерноземья [Текст] / сост. А.А. Юшев. – Л.: Лениздат, 1989. – С. 3–52.

Поступила 03.02.09

N.A. Razumnikov, O.M. Konyukhova, M.I. Ryabinin
Mari State Technical University

Compatibility Results of Rootstock Combinations and Pear Fruit Quality in Mari El Republic

Compatibility of rootstock combinations and chemical components composition in pear fruits are investigated. 14 taxons compatible with wildings of Ussurian Pear of local reproduction have been revealed among the recommended for production in Volgo-Vyatsky, Central, Central-Chernozem, Middle-Volga and Ural regions.

Keywords: Ussurian Pear, compatibility, rootstock combination, fruiting, arbutin, common sugars, titratable acid.

УДК 632.4:630*416.3:582.287

А.В. Дунаев

Природный парк «Нежеголь» при Белгородском государственном университете

Дунаев Александр Владимирович родился в 1967 г., окончил в 1995 г. Харьковский государственный университет, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник природного парка «Нежеголь» при Белгородском государственном университете. Имеет 15 печатных работ в области лесной энтомологии и фитопатологии.
E-mail: Sorokopudov@bsu.edu.ru



ПАТОГЕННЫЕ МАКРОМИЦЕТЫ, ПРИУРОЧЕННЫЕ К КОМЛЕВОЙ ЧАСТИ ДУБА В ЛЕСОСТЕПНЫХ ДУБРАВАХ

Оценена роль патогенных макромицетов – участников комлевой синузии дуба черешчатого ранней феноформы в кленово-липовых снытевых дубравах Белгородской и Харьковской областей; рассмотрены их экологические особенности.

Ключевые слова: макромицеты, плодовое тело, патоген.

Дуб черешчатый консортивными отношениями связан с разнообразными группами организмов, обитающих в лесной дубравной среде. Наиболее острые отношения складываются между дубом и приуроченными к нему сообществами насекомых и грибов, среди которых встречаются виды, способствующие ослаблению растения-хозяина.

Предметом наших исследований являлись видовой состав и встречаемость отдельных видов сообщества макромицетов, поражающих комлевую часть живых деревьев дуба ранней феноформы *Quercus robur* L. var. *praecox* Czern. порослевого происхождения.

Исследования проводились в кленово-липовых снытевых дубравах (тип лесорастительных условий Д₂) 70...90-летнего возраста, полноты 0,5...0,8, бонитета II.

В 1996–2000 гг. обследованы дубравы Дергачевского и Волчанского районов Харьковской области (Украина) [6], в 2003–2005 гг. – дубравы правой стороны р. Северский Донец в пределах Белгородского района Белгородской области (Российская Федерация). Наблюдения проведены преимущественно в весенний и осенний периоды рекогносцировочным и детальным методами на пробных площадях (ПП), рекогносцировочные – по всему району исследований [2, 5]. При детальном обследовании встречаемость макромицетов на ПП оценивали по доле деревьев с плодовыми телами и гнилями, приуроченными к комлевой части живых деревьев дуба, при рекогносцировочном – в баллах по следующей шкале: 0 – очень редко (вид представлен единичной находкой); 1 – редко (плодовые тела встречаются в отдельных древостоях, не каждый год); 2 – не редко (плодовые тела встречаются во многих древостоях, практически ежегодно); 3 – часто (плодовые тела встречаются в большинстве исследуемых древостоев, ежегодно); 4 – очень часто (плодовые тела встречаются во всех древостоях, ежегодно).

В табл. 1 приведена характеристика ПП (по состоянию на 1998 г.).

Таблица 1

Описание пробных площадей

Но- мер ПП	Месторасполо- жение (район, лесхоз, лесничество, квартал)	Пло- щадь, га	Состав древостоя	Воз- раст, лет	Число живых деревьев дуба, шт.	Средний диаметр живых деревьев дуба, см
1	Дергачевский, Даниловский, Южное, кв. 142	0,55	7Д2Кл1Лп	82	125	29,9
2	Там же, кв. 143	0,55	7Д2Кл1Лп	82	111	34,3
3	Дергачевский, Даниловский, Липецкое, кв. 80	0,25	8Д1Кл1Лп	80	55	29,8
4	Там же, кв. 74	0,34	8Д1Кл1Лп	80	130	25,2
5	Волчанский, Волчанский, Октябрьское, кв. 82	0,40	Д+ Кл+Лп	70	Нет данных	26,5
6	Там же, кв. 90	0,40	Д+ Кл+Лп	70	«	25,5
7	Белгородский, Белгородский, урочище «Дубовое»	0,50	Д+ Кл+Лп	70...80	«	Нет данных

Виды, входящие в сообщество патогенных макромицетов, поражающих комлеву часть дуба, можно условно разделить на две экологические группы:

сапрофиты с паразитической активностью (опенок осенний *Armillaria mellea* (Fr. et Vahl.) Karst., стереум жестковолосистый *Stereum hirsutum* (Willd.) Pers., бьerkандера опаленная *Bjerkandera adusta* (Willd.) Karst., дубовая губка *Daedalea quercina* (L.) Fr.);

паразиты с сапрофитической активностью (серно-желтый трутовик *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Bond. et Sing., печеночница обыкновенная *Fistulina hepatica* (Schaeff.) Fr.).

Опенок, бьerkандера, стереум поражают ослабленные засыхающие деревья, вызывая заболонную комлеву гниль. Эти виды вполне обычны на сухостойных деревьях дуба. Дубовая губка бывает чаще приурочена к пням от второго-третьего стволов двойчаток и тройчаток, когда пень образует единый комель с основанием ствола оставшегося живого дерева, встречается и у основания ствола живых деревьев, вызывая темно-бурую ядрово-заболонную стволую гниль, распространяющуюся в комель. Серно-желтый трутовик и печеночница поражают преимущественно живые деревья дуба, вызывая бурую ядровую гниль.

В результате рекогносцировочных обследований (на ПП 1–6 в 1997–1998 гг., на ПП 7 в 2004–2005 гг.) было установлено, что все указанные виды макромицетов встречаются в дубравах района исследований (табл. 2).

Таблица 2

**Встречаемость на ПП 1–7 видов патогенных макромицетов,
приуроченных к комлевой части дуба (рекогносцировочное обследование)**

Номер ПП	<i>Armillaria mellea</i>	<i>Stereum hirsutum</i>	<i>Bjerkandera adusta</i>	<i>Daedalea quercina</i>	<i>Laetiporus sulphureus</i>	<i>Fistulina hepatica</i>
1	+	+	+	–	–	+
2	+	+	+	+	+	–
3	+	+	–	+	+	–
4	+	+	–	+	–	+
5	+	+	–	–	–	–
6	+	–	–	+	–	+
7	+	+	+	–	–	+
Встречаемость, балл.	4,0	3,0	2,0	2,0	1,0	2,0

Примечание: (+) – обнаружены плодовые тела, (–) – не обнаружены.

Очень часто встречается опенок осенний; часто – стереум жестковолосистый; не редки – бьerkандера опаленная, дубовая губка, печеночница; относительно редко – серно-желтый трутовик.

Детальные обследования на ПП 1–4, проведенные в 1997–1998 гг., результаты которых представлены в табл. 3, дополняют картину встречаемости изучаемых видов макромицетов в дубравах района исследований.

Особенно опасным патогеном с частой встречаемостью является опенок осенний. Например, при детальном обследовании на ПП 2 (см. табл. 1, 3) в исключительно благоприятный для плодоношения опенка год (дата обследования – 24.09.1997) у подножия стволов и между корневых лап 77 живых деревьев дуба из 111 обследованных были обнаружены плодовые тела, что составило около 70,0 %.

Таблица 3

**Встречаемость на ПП 1–4 видов патогенных макромицетов,
поражающих комлевою часть дуба (детальное обследование)**

Номер ПП (общее число живых деревьев на ПП, шт.)	Число живых деревьев, шт., заселенных плодовыми телами					
	<i>Armillaria mellea</i>	<i>Stereum hirsutum</i>	<i>Bjerkandera adusta</i>	<i>Daedalea quercina</i>	<i>Laetiporus sulphureus</i>	<i>Fistulina hepatica</i>
1 (125)	8*	3	1	0	0	1
2 (111)	77	2	2	1	1	0
3 (55)	–	1	0	1	0	1
4 (130)	–	2	0	0	0	1
Встречаемость, %	6,4	1,8...2,4	0,0...1,8	0,0...1,8	0,0...0,9	0,0...1,8

* Число деревьев с гнилью макромицетов.

Явное присутствие поражения опенком по наличию грибных пленок под корой и черных линий на границе с лубом отмечено у гораздо меньшей доли деревьев. Так, по результатам обследования на ПП 1, расположенной рядом с ПП 2 (табл. 1, 3), в октябре 1998 г. из 125 обследованных живых деревьев всего у 8 были обнаружены признаки гнили от опенка в комлевой части, что составило 6,4 %. Такое несоответствие между плодоношением гриба и пораженностью им растения характерно для опенка осеннего, который, являясь эвритрофом, одинаково хорошо развивается как за счет растительных остатков, так и живых тканей. С учетом этой экологической особенности опенка, его плодоношение у основания ствола живого дуба или рядом с ним еще нельзя считать результатом его паразитизма по отношению к данному дереву. Поэтому встречаемость опенка осеннего, как настоящего комлевого патогена, оценивали по доле деревьев с явными признаками периферической гнили, вызываемой этим видом (табл. 3). Что касается других рассматриваемых видов патогенных макромицетов, то их встречаемость на ПП при детальном обследовании оценивали по доле деревьев с плодовыми телами (табл. 3), так как присутствие плодового тела гриба на живом дереве явно свидетельствует о развитии гнили.

Для сравнения: в белорусских дубовых древостоях комлево-корневые гнили от опенка распространены у 3,0...6,0 % деревьев дуба [4], в пойменных дубравах Поволжья – у 15,1...21,6 % деревьев [1]. В нагорных дубравах Центральной и Южной лесостепи, по имеющимся данным [3], комплексом *Armillaria* поражаются деревья с усыхающей кроной. Так как статистическая доля таких деревьев по нашим оценкам и оценкам других авторов [3] составляет в среднем 10,0 %, то наша цифра (6,4 %) распространения гнилей, вызываемых опенком, представляется близкой к действительности.

Стереум жестковолосистый может поражать 1,8...2,4 % живых деревьев дуба в дубовых древостоях, бьеркандера опаленная – до 1,8 % деревьев (табл. 3). Если оценить встречаемость таких патогенных макромицетов, как печеночница (0,0...1,8 %) (табл. 3), серно-желтый трутовик (0,0...0,9 %), дубовая губка (0,0...1,8 %), то их плодовые тела и гнили, ими вызываемые, могут встречаться в совокупности у 4,5 % деревьев. В белорусских дубравах комлево-стволовыми гнилями поражено 2,0...5,2 % деревьев [4], в поволжских дубравах печеночницей, трутовиком и дубовой губкой – 10,3...17,7 % деревьев [1]. Для условий нашего региона [3] это составляет около 2,0 %, что сопоставимо с полученными нами данными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курненкова, И.П. Фауна антропогенных пойменных дубрав Среднего Поволжья и ее учет в лесопользовании [Текст] / И.П. Курненкова // Дуб – порода третьего тысячелетия: сб. науч. тр. Ин-та леса НАН Беларуси. – 1998. – Вып. 48. – С. 281–284.

2. Селочник, Н.Н. К методике оценки состояния дубовых насаждений в лесостепной зоне РСФСР [Текст] / Н.Н. Селочник // Сб. науч. тр. ВНИИАЛМИ. – 1987. – Вып. 3(92). – С. 176–183.

3. Селочник, Н.Н. Роль грибных болезней в усыхании дубрав [Текст] / Н.Н. Селочник // Дуб – порода третьего тысячелетия: сб. науч. тр. Ин-та леса НАН Беларуси. – Вып. 48. – Гомель, 1998. – С. 303–306.

4. Федоров, Н.И. Фитопатологическое состояние дубрав Беларуси [Текст] / Н.И. Федоров // Дуб – порода третьего тысячелетия: сб. науч. тр. Ин-та леса НАН Беларуси. – Вып. 48. – Гомель, 1998. – С. 295–300.

5. Шевченко, С.В. Лесная фитопатология [Текст] / С.В. Шевченко, А.В. Цилюрик. – К.: Вища шк., 1986. – 384 с.

6. Дунаев, О.В. Сезонні аспекти флори макроміцетів порядку *Aphyllphorales* нагірних дібров Харківщини [Текст] / О.В. Дунаев // Лісівництво і агролісомеліорація. – Харків, 2002. – Вип. 102. – С. 144–146.

Поступила 03.09.09

A. V. Dunaev
Belgorod State University

Pathogenic Macromycete of Oak Butt Part in Forest-steppe Oak Forests

The role of pathogenic macromycete – participants of English oak butt synusia of earlier phenological form in maple-lime oak forests of Belgorod and Kharkov regions – is assessed. Their ecological peculiarities are considered.

Keywords: macromycete, fruit body, pathogen.

УДК 581.55:622.414

В.Р. Ивко

Архангельский государственный технический университет

Ивко Вечислав Ростиславович родился в 1958 г., окончил в 1987 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой открытых горных работ Архангельского государственного технического университета. Имеет более 60 печатных работ в области экологии и инженерной защиты окружающей среды в горном деле.
E-mail: kafedraogr@agtu.ru



ВЛИЯНИЕ ОБЩЕЙ ДЕПРЕССИОННОЙ ВОРОНКИ НА РАСТИТЕЛЬНЫЕ СООБЩЕСТВА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ОТКРЫТЫХ КАРЬЕРОВ

Установлено, что изменение показателей окружающей среды под воздействием депрессионной воронки не находит качественного отклика лесных экосистем. Отмечен положительный всплеск лесной растительности на участках шириной до 100 м вдоль бортов карьера, имеющих высокую степень дренирования.

Ключевые слова: карьер, депрессионная воронка, лесные сообщества.

Влияние пьезометрических поверхностей напорных или свободных безнапорных вод, чаще принимающих форму депрессионной воронки, на окружающую среду широко освещено в связи с проблемами гидроэкологии, прежде всего, техногенным воздействием на качество подземных вод на территориях горных выработок [1, 2 и др.] Освещение длительного влияния устоявшихся депрессионных воронок на растительные и в частности лесные сообщества носит эпизодический характер, иногда противоречивый.

Актуальность вопроса для условий Архангельской области связана с наращиванием объемов открытых разработок, в том числе на больших карьерах Архангельской алмазоносной провинции, находящихся в зоне лесов I категории, а также на участках, примыкающих к заповедным зонам. Особый интерес представляет анализ влияния депрессионной воронки в месте горных выработок Северо-Онежского бокситового рудника. Сходство климата, ландшафта, лесных сообществ, заболачиваемость и высокая степень обводненности в районе карьера рудника, длительно (более 30 лет) разрабатываемого открытым способом, позволяют частично экстраполировать гидрогеоэкологическое воздействие на другие карьеры региона, находящиеся в начальной стадии строительства и потенциальные. При разных системах открытой разработки, а следовательно, и радиусах депрессионного влияния природа такого воздействия на локальные участки леса одинакова. В теории это связано с изменением водного и теплового режимов в корнеобитаемом слое почвы при общем снижении уровня напорных или безнапорных вод в зоне действия депрессионной воронки. Следовательно, важнейшим аргументом, обосновывающим достоверность исследований, является наличие депрессионного влияния как такового, без учета его радиуса.

Объект мониторинга связан с разработкой Западного участка Беловодской залежи Иксинского месторождения бокситов. Добыча бокситов ведется открытым способом, глубина карьера 60...70 м. Площадь проекции горного отвода немного превышает 700 га. В 6 км к востоку от разрабатываемого карьера протекает р. Онега, в 2 км к северу – ее левый приток, р. Икса. Приустьевая часть р. Иксы и р. Онега врезаются в толщу карбонатных пород. Годовые колебания уровня воды в реках достигают 5...8 м и 3...5 м соответственно. Топографическая схема Иксинского месторождения бокситов дана на рис. 1.

Рис. 1. Топографическая схема Иксинского месторождения бокситов Северо-Онежского бокситоносного района: 1 – участок земельного отвода Северо-Онежского бокситового рудника; 2 – карьер; 3 – промышленная зона рудника; 8 р, 5080 – режимные скважины; □ – опытные участки; Δ – контрольные участки

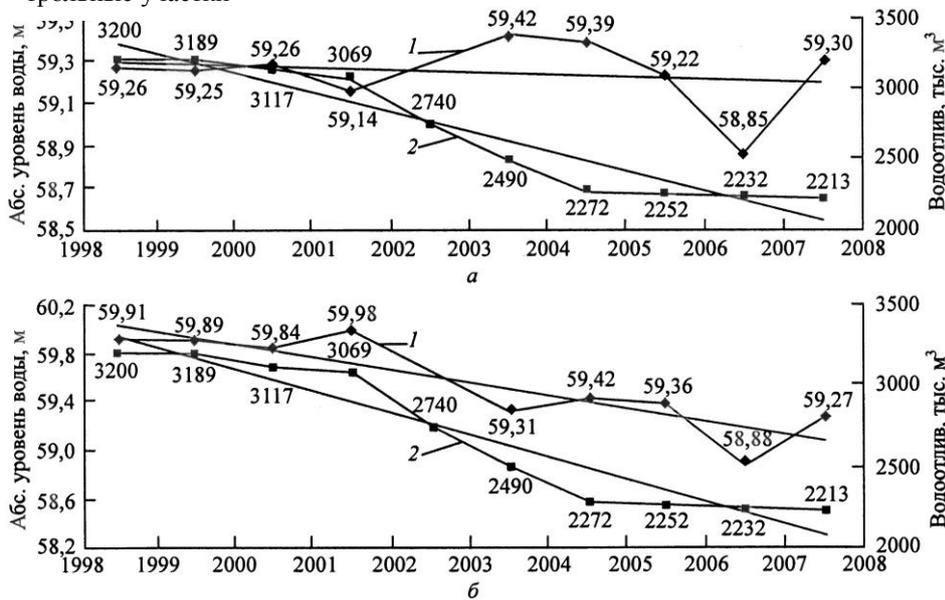
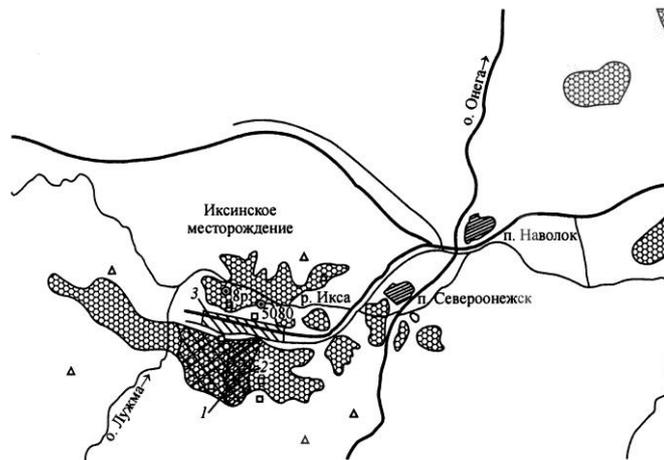


Рис. 2. Графики колебаний среднегодового уровня воды (1) в режимных скважинах и водоотлива из карьера (2) (по данным ООО «Природа»)

Рельеф между р. Онегой, Иксой и Лужмой представляет плоское водораздельное пространство, где сток поверхностных вод весьма затруднен, что вызывает сильное заболачивание местности. Абсолютные отметки дневной поверхности Западного участка равны 62...66 м. В настоящее время поверхность участка значительно изменена под влиянием горнодобывающего производства (водозащитная дамба, внешние отвалы, карьер, водоотводные каналы, гидроотстойники, рудничные промплощадки, производственные строения, технологические автодороги и др.). Техногенезом охвачено около 50 % площади земельного отвода.

Анализ уровня подземных вод выполнен по материалам многолетних наблюдений горно-геологической службы Северо-Онежского бокситового рудника. Для оценки влияния карьерного водоотлива и расхода воды на водозаборе на режим подземных вод также использовались результаты наблюдений ЗАО «Архангельскгеолразведка» и ООО «Природа» (материалы для анализа предоставлены ОАО «СОБР»). Графики колебаний среднегодового уровня воды в двух (из четырех) режимных скважинах правобережья р. Иксы и водоотлива из карьера представлены на рис. 2 (*a* – скважина 8 р, *б* – 5080).

Анализ графиков изменения уровней поверхностных вод в режимных, а также водозаборных и наблюдательных скважинах промплощадки СОБР показывает повсеместное их снижение по сравнению с естественным уровнем. Прослеживается также устойчивая тенденция снижения водоотлива из карьера. Полученные методом скользящей средней тренды (см. рис. 2) указывают на положительную динамику развития депрессионной воронки.

Максимальное гидродинамическое воздействие систематического осушения (водоотлива) отмечено на площади до 4 км² вблизи карбонатного уступа, имеет уклон зеркала подземных вод к разрабатываемому карьере, т. е. подтверждается участие ниже-среднекаменноугольных карбонатных отложений в обводнении карьера через взаимосвязь с песчано-гравийным водоносным горизонтом. В целом же в результате водопонижения с момента строительства карьера сформировалась устойчивая депрессионная поверхность вдоль рабочего и нерабочего бортов. При этом подземный водоприток в карьер медленно сокращается, что косвенно указывает на увеличение площади депрессионного влияния.

Состояние лесонасаждений в зоне деятельности карьера оценивали рекогносцировочным способом по всему периметру с фотофиксацией отдельных лесных участков. Вдоль нерабочего борта с учетом его выполаживания (15 лет назад) в зоне дренирования установлен всплеск лесной растительности, в первую очередь лиственных пород, ширина полосы от 50 до 100 м. Отмечен самовысев лиственных и хвойных деревьев вниз по нерабочему борту до самого его дна. Подобная полоса растительности шириной 40...80 м расположена вдоль рабочего борта, в зоне максимального дренирования, в том числе на участках глубоких торфяников и илов. Скорость продвижения горных работ по фронту не превышает 5 м в год, на отдельных участках равна ширине рабочей заходки на уступе. В подобном состоянии

лесные насаждения находятся на торцевых участках карьера вдоль капитальных траншей и съездов, не имеющих длительной трансформации, т. е. подвергшихся дренированию. На участках шириной 100 м и более состояние лесорастительных сообществ в целом соответствует ландшафтно-географическим условиям прилегающих территорий со сходным составом древостоя и напочвенного покрова.

Количественный отклик лесных экосистем на изменение показателей окружающей среды под влиянием депрессионной воронки оценивали по ширине годовых колец, которую сравнивали с соответствующим показателем контрольных насаждений, аналогичных по лесорастительным ландшафтно-географическим условиям (состав древостоя, возраст, полнота, почва, напочвенный покров). Исследовали в основном сосняки кустарничково-сфагновые, имеющие высокую географическую представленность. Всего выделено 12 аналоговых участков размером 10×10 м (6 – в проекции депрессионного влияния, 6 – вне его). На опытных и контрольных участках визуально определяли деревья одного возраста, возрастным буравом отбирали образцы древесины. Ширину годовых колец устанавливали в лабораторных условиях при помощи бинокулярного микроскопа с измерительной насадкой.

В результате выполненных измерений установлено, что радиальный прирост на сравниваемых участках характерен для сосны в подобных местообитаниях. За последние 35 лет максимальный показатель не превышал 2,9 мм, а в среднем колебался от 1,07 до 1,28 мм. Динамика ширины годового кольца представлена на рис. 3. Отмечен общий тренд на снижение текущего прироста, что в целом согласуется с возрастной динамикой.

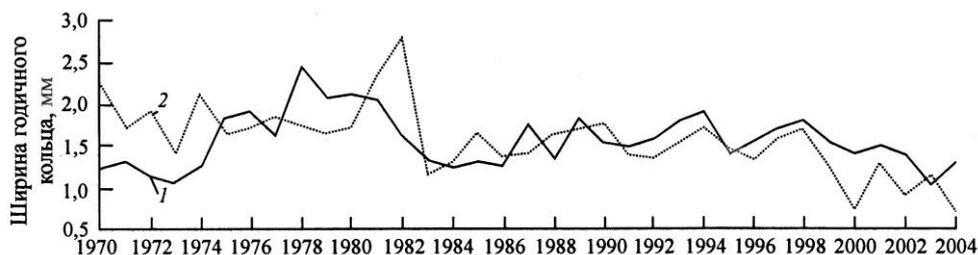


Рис. 3. Изменение ширины годового кольца на участке депрессионного влияния (1) и вне его (2)

Таким образом, в результате проведенных исследований не установлено очевидного влияния депрессионной воронки на лесные сообщества, находящиеся в ее проекции при осуществлении горнодобывающей деятельности открытым способом в условиях северной тайги. На участках шириной до 100 м вдоль бортов карьера с высокой степенью дренирования отмечен положительный «всплеск» лесной растительности. Это в целом косвенно

указывает на пополнение водного баланса в корнеобитаемом слое за счет поверхностного питания и перераспределения аккумулированной влаги в поверхностных слоях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гальперин, А.М.* Техногенные массивы и охрана окружающей среды [Текст] / А.М. Гальперин, В. Ферстер, Х.-Ю. Шеф. – М.: Изд-во Моск. гос. горн. ун-та, 1997. – 534 с.
2. *Мироненко, В.А.* Проблемы гидрогеоэкологии [Текст]. В 3 т. Т. 3 (кн. 2). Прикладные исследования / В.А. Мироненко, В.Г. Румынин. – 2-е изд., стер. – Там же, 2002. – 504 с.

Поступила 19.01.10

V.P. Ivko
Arkhangelsk State Technical University

Influence of General Depression Crater on Plant Communities in Building and Operation of Open Pits

It is established that change of environmental factors under the impact of the depression crater fails to get a qualitative response of the forest ecosystems. The positive growth of forest vegetation is observed on the parcels with width of up to 100 m along the pit edge characterized by high degree of drainage.

Keywords: open pit, depression crater, forest community.



УДК 62-592.131

А.С. Вашуткин, Д.Г. Мясищев

Архангельский государственный технический университет

Вашуткин Александр Сергеевич родился в 1980 г., окончил в 2004 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры транспортных машин АГТУ, преподаватель ФГОУ СПО «Архангельский лесотехнический колледж Императора Петра I». Область научных интересов – лесовозный автомобильный транспорт.

E-mail: aleksandr-vashutkin@yandex.ru



Мясищев Дмитрий Геннадьевич родился в 1959 г., окончил в 1981 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой транспортных машин Архангельского государственного технического университета. Имеет более 30 печатных работ в области разработки, создания и исследования мобильных средств малой механизации лесного комплекса.

E-mail: d.myasishchev@agtu.ru



АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БАРАБАННЫХ ТОРМОЗНЫХ МЕХАНИЗМОВ АВТОЛЕСОВОЗОВ И ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ ИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

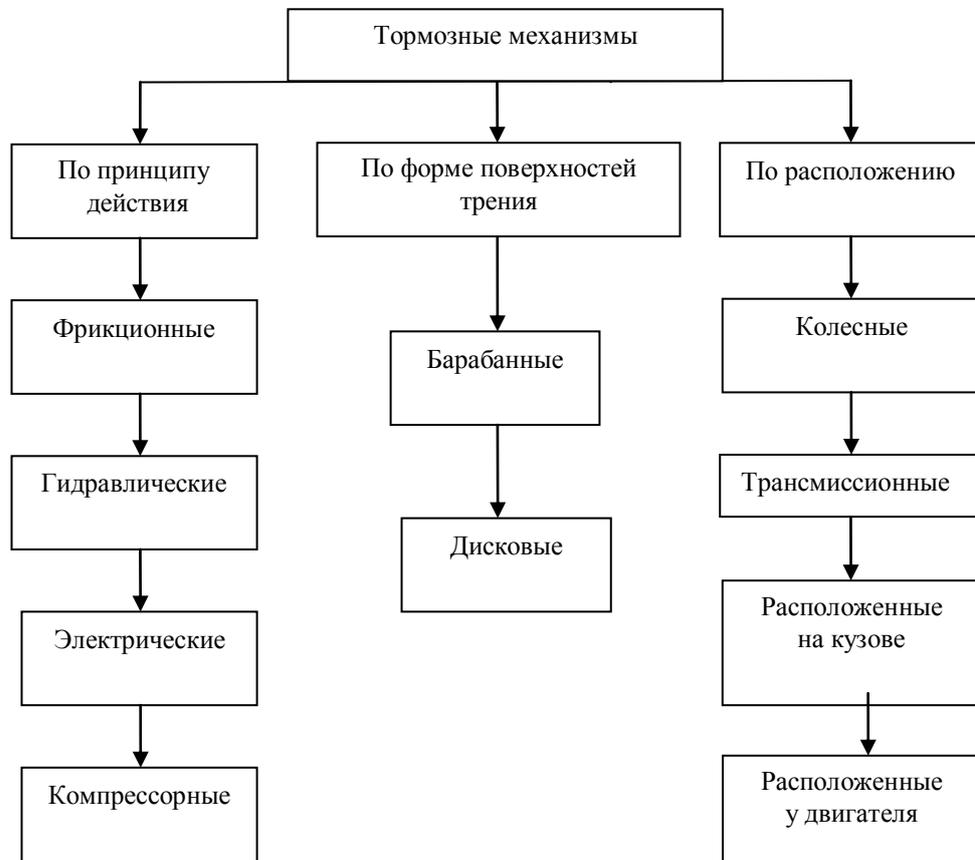
Рассмотрены показатели, характеризующие работу барабанных тормозных механизмов, перечислены факторы, влияющие на их теплонагруженность. Рассмотрены конструктивные мероприятия, улучшающие работу тормозных механизмов.

Ключевые слова: тормозной механизм, фрикционный материал, сжатый воздух, эксплуатационные свойства автомобиля.

Тормозная система – это один из наиболее ответственных узлов транспортного средства, определяющих надежность, динамику, маневренность и безопасность эксплуатации, поэтому повышение ее эффективности является актуальной задачей.

Цель работы – обоснование технических решений и параметров, влияющих на тормозные качества автолесовозов и улучшающих их эксплуатационные свойства (постановка задачи).

Современные автомобили оборудуются тормозными механизмами различных типов. Их классификация показана на рисунке. Тормоза с внутренним расположением колодок, чаще называемые барабанными, нашли широкое применение в автомобилях, колесных тракторах, автолесовозах, электротягачах и прицепных транспортных средствах, где они хорошо вписываются в колесное пространство.



Классификация тормозных механизмов автомобилей по типу

Основными характеристиками барабанных тормозов служат эффективность и стабильность работы [1]. Эффективность оценивается коэффициентом, представляющим отношение силы трения $F_{\tau i}$ к силе P_i , приложенной к колодке со стороны приводного устройства. Коэффициенты эффективности пары трения C_{Π} и тормоза в целом C_T можно записать в виде

$$C_{\Pi} = F_{\tau 1}/P_1 = M_{\tau 1}/(r_6 P_1); C_T = M_T / \{r_6(P_1 + P_2)\} = (M_{\tau 1} + M_{\tau 2}) / [r_6(P_1 + P_2)],$$

где M_T – тормозной момент, Н/м;

r_6 – радиус барабана, мм.

Коэффициент C_T зависит от следующих параметров:

коэффициента K , выражающего отношение суммы нормальных сил N_1 и N_2 на первой и второй тормозных колодках, действующих при невращающемся барабане, к сумме сил P_1 и P_2 соответственно в приводе этих колодок: $K = (N_1 + N_2)/(P_1 + P_2)$; коэффициент K зависит от конструктивных параметров тормоза и определяется по уравнениям равновесия колодок;

конструктивного показателя самоусиления S_k ; для тормозов с прижимными колодками $S_k > 0$, чем больше S_k , тем значительнее при прочих

равных условиях эффект самоусиления тормоза; для тормозов, у которых силы трения F_{Ti} стремятся ослабить тормозной момент M_{Ti} , например для тормозов с двумя отжимными колодками, $S_k < 0$;

от коэффициента трения f пары фрикционная накладка – барабан; его изменение по-разному влияет на тормозной момент и стабильность работы тормозов в зависимости от схемы их выполнения.

Когда в тормозном механизме используется одна колодка отжимная, а вторая прижимная (вариант 1), то для них показатели S_k имеют различные знаки и коэффициент эффективности такого тормоза [5] определится по формуле

$$C_{T1} = Kf/(1-fS_k).$$

Если используются обе колодки отжимные или прижимные (вариант 2), то показатель S_k для обеих колодок имеет одинаковый знак и коэффициент эффективности тормозов определится по формуле [4]:

$$C_{T2} = Kf/(1 - f^2 S_k^2).$$

Для оценки самоусиления тормозов служит коэффициент S , учитывающий их конструктивные параметры (K), особенности (S_k), коэффициент трения f и равный отношению суммы нормальных сил $N'_{1,2}$, действующих на фрикционную поверхность тормоза первой и второй колодок при вращающемся барабане, к сумме соответствующих сил $N_{1,2}$ при невращающемся барабане [5]:

$$S = \Sigma N'_{1,2} / \Sigma N.$$

Для тормозов вариантов 1 и 2:

$$S_1 = C_{T1}/(Kf) = 1/(1 - fS_k);$$

$$S_2 = C_{T2}/(Kf) = 1/(1 - f^2 S_k^2).$$

Коэффициенты самоусиления S некоторых барабанных тормозов, вычисленные при условии, что суммы сил P_i равны, а $f=0,3$, для автомобилей разных марок имеют следующие значения:

МАЗ-5335.....	3,3
ГАЗ-66-11 при ходе:	
переднем.....	2,3
заднем.....	0,9
«Урал-43206».....	1,8

У тормозов с высоким коэффициентом самоусиления стабильность низкая, при работе чаще возникают вибрации и высокочастотные звуковые колебания [5]. Стабильность характеризуется коэффициентом относительной чувствительности e , выражающим процентное изменение тормозного момента M_T при изменении коэффициента трения f на 1 %.

Для тормозов вариантов 1 и 2 [5]

$$e_1 = S_1; \quad e_2 = S_2(1 + f^2 S_k^2).$$

Для обеспечения стабильной работы тормозов рекомендуется (при $f = 0,35$) принимать $S_{1,2} = 1,3$.

Автомобили-лесовозы, автолесовозы, грузовые автомобили высокой грузоподъемности работают в ограниченных условиях, когда требуется частое торможение. Часть из них эксплуатируется по грунтовым дорогам,

где присутствуют грязь, вода, пыль, которые, попадая на рабочие элементы тормозных механизмов, ухудшают процесс торможения. Из-за резко переменного режима работы тормозов, приводящего к термическим деформациям их элементов, непрерывно изменяются значения таких дестабилизирующих факторов, как коэффициент трения f , величина (угол обхвата накладок β) и положение (угол несимметричности накладок γ относительно оси максимального давления) зоны контакта, в связи с чем рекомендуется применять фрикционные материалы с невысокими (0,25...0,35), но стабильными коэффициентами трения и уменьшать углы обхвата β , обеспечивая положительную несимметричность накладок [3].

Для обеспечения эффективной работы предпочтение следует отдавать тормозам с высокой стабильностью, причем нежелательно на одном и том же автомобиле использовать тормоза разных типов с неодинаковым коэффициентом относительной чувствительности e . Тепловой режим в процессе торможения не должен превышать допустимых пределов. Поэтому задача его снижения наиболее актуальна при совершенствовании тормозных систем автомобилей для повышения безопасности дорожного движения. Как отмечается в работе А.И. Вольченко [2], тепловой режим барабанных тормозов современных автомобилей является достаточно напряженным, температура поверхности трения тормозов автомобилей ГАЗ-3301, ЗИЛ-131, ЗИЛ-431410, МАЗ-5335, КрАЗ-256Б часто превышает допустимую ($T_{\text{доп}} = 250$ °С).

Рассматривая в общем случае энергоемкость тормозного механизма $E_{\text{т.м}}$, Б.Б. Генбом устанавливает ее связь с влияющими на нее факторами зависимости [4]

$$E_{\text{т.м}} = f \left[r_{\beta}, \beta, \Delta, \gamma, b_n, \frac{A_{\text{уд1}}}{A_{\text{уд2}}}, G_{\beta}, F_{\text{охл}}, \alpha_{\text{т}}, \mu / i(t) \right],$$

где β – угол обхвата тормозных накладок, рад;
 Δ – коэффициент неравномерности распределения давления по длине тормозной накладки;
 γ – угол несимметричности тормозной накладки, рад;
 b_n – ширина фрикционных накладок, мм;
 $A_{\text{уд1}}, A_{\text{уд2}}$ – удельная энергонагруженность самоприжимной и самоотжимной колодок, кДж/мм²;
 G_{β} – масса тормозного барабана, кг;
 $F_{\text{охл}}$ – поверхность охлаждения тормозного барабана, мм²;
 $\alpha_{\text{т}}$ – коэффициент теплоотдачи от поверхности барабана, Вт/(мм²·К);
 $\mu / i(t)$ – зависимость измерителя фрикционной теплостойкости накладок от температуры поверхности трения.

На коэффициент теплоотдачи от поверхности барабана влияют следующие факторы: ω – скорость воздуха, обтекающего тормозной механизм, м/с; $t_{\text{в}}, t_{\text{п}}$ – температура воздуха и охлаждаемой поверхности, °С; Φ – параметр, характеризующий форму поверхности охлаждения; I_1, I_2, I_3 – параметры, определяющие ее размеры, мм.

Наиболее характерные усовершенствования элементов барабанно-колодочных тормозов отечественных и зарубежных аналогов [2], направленные на интенсификацию их естественного охлаждения, можно классифицировать следующим образом:

осуществление мероприятий за счет элементов металлоконструкции и их конфигурации;

изготовление тормозных накладок с вентилирующими канавками;

установка центробежных вентиляторов в тормозной механизм или выполнение ребер внутри тормозного барабана, который будет работать как центробежный вентилятор;

упрочнение элементов тормозного механизма, способствующее устранению их деформаций и термической нагруженности;

подвод охлаждающего агента во внутреннюю полость тормозных колодок;

совершенствование механизма, автоматически регулирующего зазор между тормозным барабаном и тормозными колодками. Это мероприятие основано на утверждении Э.Н. Никульникова [6], что барабанный тормозной механизм имеет высокую тепловую нагруженность из-за плохой работы механизма, автоматически регулирующего зазор, в результате чего происходит подтормаживание.

Естественное воздушное охлаждение поверхностей тормозного барабана, установленного в ободу даже с максимальным зазором, не обеспечивает должного эффекта. Это объясняется тем, что наружные поверхности ободов тормозных барабанов обычно покрыты пылью и грязью, что ухудшает их теплообмен с воздухом, поступающим в зазор между барабаном и ободом колеса. В свою очередь, в зазор между тормозным диском и торцом барабана входит незначительное количество воздуха, и трущиеся поверхности тормоза с продуктами износа и частицами пыли вентилируются неудовлетворительно. При этом не наблюдается заметного снижения температуры поверхностей трения.

Подача сжатого воздуха между барабаном и колодками после торможения рассмотрена в работе [2]. Подобная система разработана и для охлаждения тормозов средней и задней осей автомобиля КрАЗ-255 6×6. Принудительное охлаждение барабанно-колодочных тормозов необходимо по следующим причинам.

Без искусственного охлаждения нельзя обеспечить надежной и эффективной работы фрикционных пар, поскольку между ними возникают разности температур и, следовательно, термические напряжения в ободу барабана. При охлаждении трущихся элементов барабанно-колодочного тормоза уменьшается их поверхностный нагрев, в результате повышаются коэффициент трения, стабильность и эффективность торможения. Определенная, меняющаяся в узких пределах температура поверхностей трения способствует снижению термических напряжений и предупреждению их схватывания при перегреве. подача сжатого воздуха между тормозным барабаном и тормозными колодками способствует удалению грязи от поверхностей трения и быстрому просушиванию фрикционных пар после попадания на них влаги.

Разработка устройств и систем для принудительного охлаждения барабанно-колодочных тормозных механизмов обеспечит более высокую эффективность и стабильность их действия, а вместе с тем и безопасность движения автомобиля. Выбор эффективных охлаждающих агентов позволяет, в свою очередь, сформулировать требования к устройствам и системам для интенсивного принудительного охлаждения рабочих элементов барабанно-колодочных тормозов автомобилей: простота, надежность, долговечность и безотказность в работе; малые первоначальные затраты на их внедрение в производство; эффективность действия. Различают следующие типы охлаждающего агента: воздушный (сжатый воздух из тормозной системы; отработавший сжатый воздух, выпускаемый в атмосферу; отработавшие газы двигателя; воздушно-газовая смесь); жидкостный (вода, раствор аммиака и т.п.); комбинированный (смеси воздушно-аммиачная, газово-аммиачная, воздушно-газово-жидкостная и др.) [2].

Исходя из анализа представленной информации, на автолесовозах и грузовых лесовозных автомобилях, на наш взгляд, целесообразнее использовать воздушное принудительное охлаждение только в процессе торможения. Подача сжатого воздуха после торможения вызывает следующие проблемы, которые могут значительно снизить коэффициент трения, а следовательно, и стабильность работы тормозов [2]:

грязь, пыль и влага, попадающие на фрикционные поверхности тормозных механизмов, удаляются не в процессе торможения, а после него, т.е. процесс торможения осуществляется «грязными» фрикционными поверхностями;

охлаждение тормозных механизмов происходит также после торможения;

стабильная воздушная подушка под давлением, находящаяся в постоянно расторможенном состоянии между фрикционными поверхностями барабана и накладок, демпфирует процесс торможения и снижает быстродействие тормозной системы.

Уместно кратко проанализировать следующий оптимизационный момент данной задачи. При подаче сжатого воздуха между фрикционными поверхностями тормозного механизма в процессе торможения возникают противоречия.

1. С одной стороны, повышение давления подводимого воздуха способствует лучшему охлаждению поверхностей трения, их очищению и просушиванию, что повышает эффективность и стабильность действия тормоза, с другой – противодействует нарастанию тормозной силы, уменьшает усилия $N_{1,2}$, а значит, быстродействие и эффективность работы тормоза.

2. С увеличением диаметра отверстий, подводящих сжатый воздух между накладкой и барабаном, также улучшается охлаждение, очистка и просушивание поверхностей трения, но при этом создается более мощная воздушная подушка, которая по аналогии с первым противоречием снижает быстродействие и эффективность функционирования тормоза.

С учетом сказанного для достижения максимальной эффективности и стабильности тормозного механизма автолесовоза (по сравнению с прототипом) требуется решить ряд задач:

выполнить конструктивный обзор тормозных механизмов автомобилей и их анализ;

рассмотреть факторы, влияющие на тепловое состояние тормозных механизмов, их эффективность и стабильность в работе;

обосновать подвод сжатого воздуха между тормозными колодками и тормозным барабаном;

создать экспериментальный тормозной механизм в составе автомобиля и на основе теории оптимального планирования эксперимента провести опытные работы для нахождения регрессионных математических моделей, в которых функцией отклика будут коэффициент эффективности тормоза C_T и относительной чувствительности e , а варьируемыми факторами – давление подаваемого воздуха P_v и диаметр подводящих отверстий в фрикционной накладке d_o ;

выполнить анализ результатов эксперимента;

разработать и обосновать выводы, дать рекомендации по конструированию, изготовлению и эксплуатации тормозных механизмов автолесовозов с подводом сжатого воздуха.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Александров, М.П.* Тормозные устройства [Текст]: справочник / М.П. Александров, А.Г. Лысяков, М.В. Новожилов; под общ. ред. М.П. Александрова. – М.: Машиностроение, 1985. – 312 с.
2. *Вольченко, А.И.* Барабанно-колодочные тормозные устройства [Текст] / А.И. Вольченко, Ю.С. Замора. – Львов: Вища шк., 1980. – 108 с.
3. *Генбом, Б.Б.* К вопросу об оценке свойств по перспективности колодочных барабанных тормозных механизмов [Текст] / Б.Б. Генбом, А.И. Гута // Автомоб. пром-сть. – 1972. – № 6. – С. 16–22.
4. *Генбом, Б.Б.* Вопросы динамики торможения и теории рабочих процессов тормозных систем автомобилей [Текст] / Б.Б. Генбом. – Львов: Вища шк., 1974. – 234 с.
5. *Метлюк, Н.Ф.* Исследование и расчет тормозных механизмов [Текст] / Н.Ф. Метлюк // Автомоб. пром-сть. – 1968. – № 4. – С. 21–24; № 5. – С. 20–21.
6. *Никульников, Э.Н.* Разработка методов экспериментально-расчетного определения режимов работы, путей повышения эффективности и снижения нагруженности автомобильных тормозных механизмов [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Э.Н. Никульников; Центр. науч.-исслед. автомоб. полигон НАМИ. – Дмитров, 1984. – 20 с.

Поступила 04.05.09

A.S. Vashutkin, D.G. Myasishchev
Arkhangelsk State Technical University

Analysis of Drum Brakes Functioning of Log Trucks and Ways of Improving their Performance

The parameters characterizing the work of the drum brakes are considered, the factors influencing on their heat load are enumerated. The structural measures improving the performance of brake mechanisms are analyzed.

Keywords: brake mechanisms, friction material, compressed air, operational properties of trucks.

УДК 625.731.813

М.Г. Салихов, А.А. Криворотов

Марийский государственный технический университет

Салихов Мухаммет Габдулхаевич родился в 1945 г., окончил в 1968 г. Уральский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автомобильных дорог Марийского государственного технического университета. Имеет 145 печатных работ в области строительства автомобильных дорог, исследования строительных материалов и изделий, физико-химических процессов при производстве и применении ДСМ.
E-mail: salichov@mail.ru



Криворотов Александр Анатольевич родился в 1984 г., окончил в 2006 г. Марийский государственный технический университет, аспирант кафедры автомобильных дорог МарГТУ, ведущий специалист отдела технического надзора за строительством ГУ «Марийскавтодор». Имеет 14 печатных работ в области строительства автомобильных дорог, изучения физико-химических процессов при производстве и применении ДСМ.
E-mail: roxtio@rambler.ru



ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВОК АСФАЛЬТОВОГО ГРАНУЛЯТА НА СВОЙСТВА ХОЛОДНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА ДЛЯ ПОКРЫТИЙ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ

Представлены результаты исследований холодных асфальтобетонов с добавками асфальтовых гранулятов. Наилучшие показатели получены при добавках 5...7 % по массе.

Ключевые слова: фрезерование, асфальтовый гранулят, холодный асфальтобетон, физико-механические свойства.

Целью работы является поиск путей повышения эффективности строительства асфальтобетонных покрытий лесовозных дорог. Для ее достижения исследуется комплекс физико-механических свойств образцов асфальтобетона при различном содержании асфальтогранулятов холодного фрезерования. При этом предполагается улучшение эксплуатационных характеристик покрытия, экономия в необходимых исходных материалах и снижение энергоемкости работ.

В настоящее время до 80...85 % всех дорог общего пользования с усовершенствованными покрытиями выполнены из асфальтобетонов, которые после эксплуатационного срока требуют замены. В последние десятилетия начали использовать способ «холодного фрезерования». Образующийся при этом асфальтовый гранулят (АГ) является ценным продуктом, представляющим смесь черных дробленых минеральных материалов разных фракций. Для примера покажем зерновой состав АГ дорожного покрытия на пр. Ленина г. Йошкар-Олы и участке автомобильной дороги Йошкар-Ола – Зеленодольск, полученного после фрезерования ресайклером ROADTEC-700 (RX-700) (табл. 1). Среднее содержание битума составляет 2,3 % по массе.

Таблица 1

Зерновой состав АГ

Крупность, мм	Содержание, %	Крупность, мм	Содержание, %
0...40	100,00	1,25...2,50	5,31
20...40	4,51	0,63...1,25	16,43
15...20	5,21	0,28...0,63	10,83
10...15	13,96	0,14...0,28	1,86
5...10	22,37	0,08...0,14	0,20
3...5	10,50	< 0,08	0,13
2,5...3,0	3,73		

Ранее, когда объемы работ были относительно небольшими, удаленный раздробленный асфальтобетон преимущественно использовали в качестве ремонтного материала в основаниях дорожных одежд [7]. Позднее предложено в горячие асфальтобетоны добавлять асфальтогрануляты типов А, Б, Э, М, К [6]. В данной работе представлены результаты исследований холодных асфальтобетонов (ХАБ) с добавками АГ.

В соответствии с требованиями ГОСТ 9128–97 [1] ХАБ непрерывной granulometрии состояли из смеси щебня М 1200 фракций 5...15 мм (32,56...26,10 %) и 0...5 мм (55,68...44,57 %), дробленого песка изверженных пород фракции 0...5 мм (1,38...1,11 %), известнякового минерального порошка (10,38 %), разжиженного битума марки СГ 70/130 (5,63...8,30 %) и добавок АГ в количестве 0...20 %. Жидкий битум готовили, разжижая вязкий битум БНД 90/130 керосином. Подогретые навески компонентов (кроме добавок АГ) формовали и испытывали по стандартной методике ГОСТ 12801–98 [2]. Некоторые результаты экспериментов представлены в табл. 2. Для сравнения приводим требования ГОСТа 9128–97 без использования добавок АГ: пористость минеральной части – 18...21 %, остаточная – 6...10 %, водонасыщение – 5...9 %, предел прочности при сжатии при температуре +20 °С – 0,5...2,0 МПа.

Как видно из табл. 2, добавки АГ приводят к изменению всех рассмотренных показателей образцов ХАБ. Возрастают средняя плотность, предел прочности при сжатии, водостойкость и теплостойкость, уменьшается остаточная пористость и водонасыщение. При добавках АГ 5...7 % значения свойств ХАБ максимальны.

Таблица 2

Физико-механические свойства ХАБ с добавками АГ

№ образца	Добавка АГ, %	Средняя плотность ХАБ, г/см ³	Пористость минеральной части, %	Остаточная пористость, %	Водонасыщение, %	Предел прочности при сжатии, МПа, при T, °С			Коэффициент водостойкости	Коэффициент теплостойкости
						+20	+50	±0		
1	0	2,30	20,3	10,0	7,8	1,4	1,0	–	0,71	Нетепло-

2	3	2,32	19,2	6,8	4,9	5,1	4,0	1,8	0,78	стойкий
3	5	2,30	20,2	8,0	7,1	6,5	5,1	2,4	0,78	0,35
4	7	2,29	20,5	8,4	6,9	7,7	6,0	2,5	0,78	0,37
5	10	2,32	19,4	7,2	4,9	4,9	3,8	1,2	0,78	0,32
6	20	2,37	17,4	5,2	1,5	4,0	3,1	1,1	0,78	0,24
										0,28

Для объяснения закономерностей, происходящих внутри процессов, рассмотрим изменения площади внешних поверхностей (S_B) – наиболее мелких дисперсных частиц осадочного происхождения (известнякового минерального порошка), поскольку они являются наиболее активными структурообразующими элементами системы (табл. 3, масса образца 660 г). При этом приняты следующие исходные данные:

- 1) вокруг микрочастиц образуются пленки битума, состоящие из прочносвязанных слоев толщиной 0,45 мкм [4, 5];
- 2) вязкий битум, внесенный в состав АГ, является полностью структурированной системой;
- 3) удельная площадь поверхности частиц размером 0,071 мм составляет в среднем 6000 см²/г [3];
- 4) плотность битума в ориентированных слоях равна 1,0 г/см³.

Таблица 3

Динамика изменения структурообразующих элементов в ХАБ при добавлении АГ

Q_{AG}		$Q_{M.P.}$ Г	$S_B \cdot 10^{-3}$, см ²	$Q_{б(СГ 70/130)}$, Г	$Q_{бд}$, Г	$Q_{б.общ.}$, Г	$Q_{б.пр.св}$		$Q_{б.пр.св}/$ $Q_{б.общ}$
Г	%						Г	%	
0	0	68,67	412	39,67	0	39,67	18,61	5,63	0,47
21	3	66,67	400	38,33	0,48	38,81	18,47	5,77	0,48
35	5	65,33	392	37,67	0,70	38,45	18,43	5,81	0,48
49	7	63,67	382	37,00	1,14	38,14	18,29	5,76	0,48
70	10	61,67	370	35,67	1,57	37,24	18,22	5,62	0,49
140	20	55,00	330	31,67	3,15	34,81	18,00	5,17	0,52

Примечание. $Q_{б.общ} = Q_{б(СГ 70/130)} + Q_{бд}$; $Q_{б.пр.св} = Q_{ж.пр.св} + Q_{бд}$; $Q_{бд}$ – масса прочносвязанного битума, внесенного в составе добавок асфальтогранулята; $Q_{б.пр.св}$ – общая масса прочносвязанного битума; $Q_{ж.пр.св}$ – масса прочносвязанного битума, сформированного за счет дополнительно внесенного жидкого битума.

Как видно из табл. 3, при добавлении в ХАБ до 20 % АГ (Q_{AG}) содержание минерального порошка ($Q_{M.P.}$) уменьшается на 19,91, разжиженного битума ($Q_{б}$) – на 20,17 %. При этом общее содержание битума ($Q_{б.общ}$) несколько снижается, а его структурированность ($Q_{б.пр.св}/Q_{б.общ}$) улучшается, несмотря на уменьшение внутренних пор ХАБ. Это говорит о повышении устойчивости асфальтобетона против внешних воздействий в целом. Такой вывод подтверждается также небольшим возрастанием коэффициентов водостойкости и теплостойкости образцов ХАБ при увеличении добавок АГ. Уменьшаются содержание тонкодисперсных частиц и, соответственно, пористость минеральной части и остаточная пористость ХАБ. Следствием этого является тенденция снижения водонасыщения ХАБ.

На основе проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Добавление асфальтогранулятов холодного фрезерования в количестве 0...20 % по массе приводит к повышению средней плотности, пределов прочности при сжатии при +20 и +50 °С, коэффициентов водостойкости и теплостойкости. Одновременно снижаются пористость минеральной части, остаточная пористость, водонасыщение и предел прочности при сжатии при ±0 °С. Наилучшие результаты для всех показателей достигаются при добавках 5...7 % по массе.

2. Добавки АГ позволяют экономить до 6,9...7,0 % прочного щебня фракций 5...15 мм и по 19...20 % песка дробленого, минерального порошка и жидкого битума.

Дальнейшие исследования следует направить на обоснование долговечности и надежности получаемого материала в агрессивных средах, уточнение области его использования, разработку регламента на производство и применение в дорожных одеждах автомобильных дорог.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 9128–97. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия [Текст]. – Введ. 1999–01–01. – М., 1999.
2. ГОСТ 12801–98. Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний [Текст]. – Введ. 1999–01–01. – М.: Госстрой России, 1999.
3. *Королев, И.В.* Удельная поверхность компонентов плотных минеральных смесей [Текст] / И.В. Королев // Улучшение качества каменных материалов при их производстве, способы укрепления каменных материалов: тр. СоюзДОРНИИ. – М., 1972. – Вып. 53. – С. 88–98.
4. *Королев, И.В.* Пути экономии битума в дорожном строительстве [Текст] / И.В. Королев. – М.: Транспорт, 1986. – 149 с.
5. *Салихов, М.Г.* Разработка научно-практических основ объемной пропитки малопрочных каменных материалов [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / М.Г. Салихов. – М.: МАДИ (ГТУ), 1999. – 38 с.
6. СТП 5718-001-04000633-2006. Смеси асфальтобетонные дорожные аэродромные, приготовленные с добавкой гранулята старого асфальтобетона. Технические условия [Текст]. – Введ. 2007–01–01. – М., 2007.
7. *Тимофеев, А.А.* Использование и переработка старого асфальтобетона [Текст] / А.А. Тимофеев. – М.: Стройиздат, 1976. – 74 с.

Поступила 10.03.09

M.G. Salikhov, A.A. Krivorotov
Mari State Technical University

Study of Asphalt Granulate Influence on Properties of Cold Asphalt Concrete for Forest Roads Coating

The study results of cold asphalt concrete with additives of asphalt granulates are provided. The best performance is obtained with additives making 5...7 % of the total weight.

Keywords: milling, asphalt granulate, cold asphalt concrete, physical-mechanical properties.

УДК 625.731.87:532

О.Н. Оруджова

Архангельский государственный технический университет

Оруджова Ольга Низамиевна родилась в 1979 г., окончила в 2001 г. Архангельский государственный технический университет, старший преподаватель кафедры строительной механики и сопротивления материалов АГТУ. Имеет 10 печатных работ в области дорожного строительства с использованием геосинтетических материалов.
E-mail: olga.orudzhova@yandex.ru



ОСОБЕННОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЕОТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В КОНСТРУКЦИЯХ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ

Приведены результаты исследований гидравлических свойств отработанных сукон (отходов ЦБП) как вторичного продукта. Даны рекомендации по их применению в строительстве лесовозных дорог.

Ключевые слова: лесовозные дороги, водно-тепловой режим, отработанное сукно, прослойка, гидравлические свойства.

Качество, надежность и долговечность дорожных одежд лесовозных дорог во многом зависят от климатических, гидрологических и гидрогеологических условий придорожной трассы. Транспортно-эксплуатационные свойства проезжей части определяются водно-тепловым режимом и закономерностями его изменения в процессе службы дороги.

Интенсивное влагонакопление может привести к переувлажнению верхних слоев земляного полотна и конструктивных слоев дорожных одежд. В северных районах возрастает роль капиллярного поднятия грунтовых вод и снижается роль испарения влаги. Для предохранения от переувлажнения устраивают систему водоотвода, повышают бровку земляного полотна над уровнем грунтовых вод, устраивают дренирующие, теплоизоляционные и водонепроницаемые слои из геосинтетических материалов.

При строительстве лесовозных дорог могут найти применение отработавшие срок сукна целлюлозно-бумажного производства. При наличии технических и экономических преимуществ перед традиционными решениями они способны обеспечить надежное функционирование автомобильной дороги. В сложных погодных-климатических условиях северных регионов на слабых основаниях и грунтах повышенной влажности особое значение приобретают гидравлические свойства, в частности водопроницаемость сукон, используемых при строительстве, реконструкции и ремонте автомобильных дорог в качестве разделительных прослоек, армирующих и дренажных элементов, фильтров.

Помимо свойств самих отработанных сукон, необходимо иметь параметры геокомпозиционной системы прослойка – грунт – грунтовая вода.

Сукно совместно с грунтом образуют систему определенной толщины и направленности. Согласно лабораторным испытаниям [6], фильтрация воды в системе геосинтетический материал – грунт подчиняется закону ламинарной фильтрации Дарси в грунтовых массивах.

Степень водопроницаемости оценивается коэффициентом фильтрации – основной фильтрационной характеристики системы прослойка – грунт. Этот коэффициент всегда определяется экспериментально и позволяет оценить скорость движения воды в грунте, а следовательно, и ее расход.

Пробы для лабораторных испытаний отбирали согласно ГОСТ Р 50275–92 [3]. Коэффициент фильтрации определяли с учетом внешнего давления в соответствии с ГОСТ 25584-90 [1]. Испытания проводили с помощью компрессионно-фильтрационного прибора Козмина [4].

Принимая во внимание свойства анизотропии системы прослойка – грунт, водопроницаемость оценивали в зависимости от направления потока воды по отношению к синтетическому элементу. Поэтому различают водопроницаемость материалов в плоскости синтетической прослойки и перпендикулярно ей направлению. Водопроницаемость перпендикулярно плоскости прослойки определяли отношением коэффициента фильтрации к толщине материала [6]:

$$\psi = \frac{k}{h} = \frac{Q}{\Delta H A},$$

где k – коэффициент фильтрации, м/с;

h – толщина материала, м;

Q – расход воды, м³/с;

ΔH – падение напора в каждом слое, м;

A – площадь поперечного сечения образца, м².

В передвижении влаги в почвах и других пористых телах существенную роль играет капиллярное впитывание. Многие свойства дисперсных систем (проницаемость, прочность, поглощение жидкости) в значительной мере обусловлены капиллярными явлениями, так как в тонких порах этих тел реализуются высокие капиллярные давления. Мерой капиллярности является высота капиллярного поднятия, зависящая от размера пор, температуры и степени минерализации воды, других факторов. Чем крупнее поры, тем меньше высота и больше скорость капиллярного поднятия. Нетканые материалы, применяемые в качестве фильтров, не пропускают мельчайших частиц грунта, что обеспечивает водопонижение без нарушения структуры грунтов.

Водопоглощение характеризует способность материала впитывать и удерживать в порах воду при атмосферном давлении воздуха и непосредственном соприкосновении с водой, измеряется количеством удерживаемой воды в процентах от массы высушенного образца. Этот показатель позволяет судить о пористости материала, его морозостойкости, теплопроводности, зависит от плотности материала и строения пор. Высоту капиллярного поднятия и водопоглощение отработанных сукон ЦБП определяли согласно

ГОСТ 29104.11–91 [2]. Результаты лабораторных испытаний сукон приведены в таблице.

Показатели гидравлических свойств отработанных сукон

Показатели	Марка сукна					
	SEA-MEXX II EXT+A XX	LR 730 A HUY-SEAM TRIPLE	HYD-RO PRO	TEM-SEAM 9604	ECO-MAX 2834	CAPIL-LAPIS 2 WH+HUY RES
Коэффициент сквозной фильтрации K_{10} , м/сут, при давлении, кПа:						
2	1,9	2,7	2,5	2,4	2,4	2,4
20	1,6	2,0	2,1	1,7	2,0	2,1
200	1,0	1,4	1,2	0,4	1,1	0,5
Водопроницаемость перпендикулярно плоскости материала ψ , сут ⁻¹ , при давлении, кПа:						
2	632	789	892	892	888	689
20	546	595	797	657	779	783
200	386	466	515	171	489	211
Высота капиллярного поднятия, мм:						
вдоль полотна	169	143	187	189	139	131
поперек «	108	90	135	145	129	71
Водопоглощение $B_{п}$, %	113	83	101	96	89	108

По коэффициенту сквозной фильтрации и водопоглощению отработанные сукна ЦБП значительно уступают геотекстильному материалу марки «Дорнит Ф-1а» ($K_{10} = 40 \dots 50$ м/сут, $B_{п} = 430 \dots 490$ %) [5]. По высоте капиллярного поднятия они сопоставимы с этим геотекстилем (20...80 мм), поэтому могут удовлетворительно выполнять функции фильтра и хорошо функции дрены.

Водопроницаемость является одной из основных и решающих характеристик при выборе материала для гидроизоляции конструкций, разделении слоев грунта, устройстве дренажей, дренажных фильтров, защите гидроизоляции и армировании дорожных конструкций. Материалы, используемые для армирования, должны обладать не только высокой прочностью и малым растяжением, но и хорошей водопроницаемостью, обеспечивающими наиболее благоприятный режим работы дорожной конструкции и исключающими эффект возникновения порового давления.

В неблагоприятных гидрологических условиях, когда существует опасность переувлажнения за счет капиллярного поднятия грунтовых вод, можно создать дренирующие или капилляропрерывающие прослойки из

отработанных сукон. Первые, устроенные на всю ширину земляного полотна, могут частично отводить грунтовую воду и атмосферные осадки, проникающие через одежду и обочины (см. рисунок).

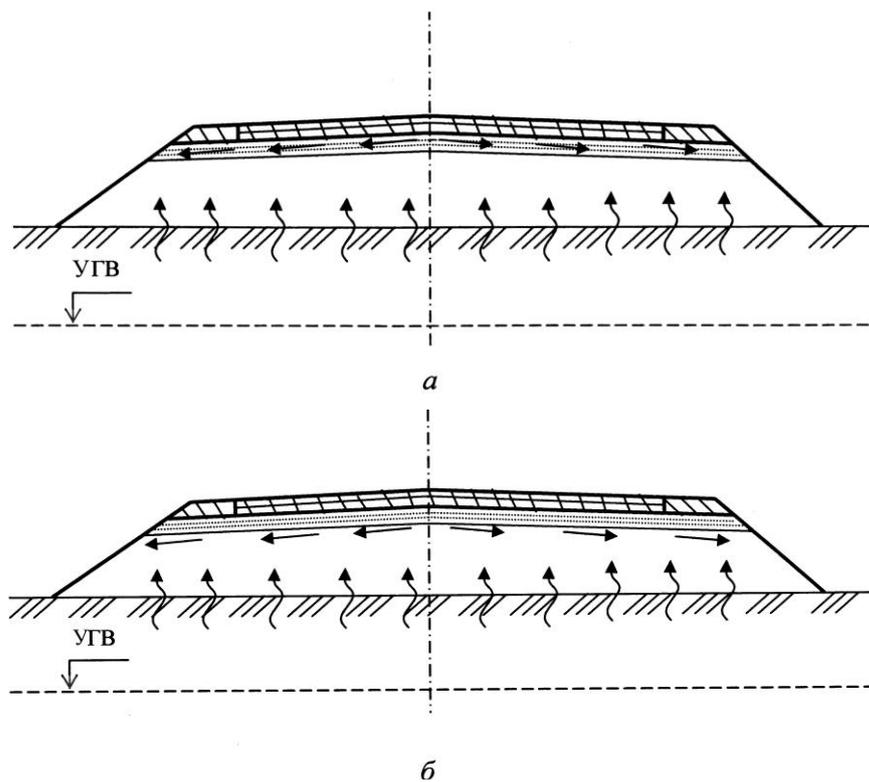


Схема конструкции дренирующих (а) и капилляропрерывающих (б) прослоек под дорожной одеждой

При строительстве временных дорог в районах распространения слабых грунтов (торф, переувлажненные минеральные грунты) целесообразно применять прослойки из отработанных сукон в качестве армирующих и защитных элементов в нижней части (основании) насыпей. Их устройство позволило бы снизить объемы земляных дорог (исключив в ряде случаев необходимость удаления слабых грунтов, сократив расход привозных), обеспечить устойчивость основания и откосов насыпей, уменьшить неравномерность осадок (армирование и защита). Использование прослоек дает возможность снизить взаимопроникновение материалов насыпи и грунта основания (разделительная прослойка), улучшить условия отсыпки и уплотнения насыпи, сократить потери материала. При устройстве временных автомобильных дорог, подъездов, обеспечении проезда на период строительства в сложных грунтово-гидрологических условиях прослойки укладывают непосредственно на основание, в нижней части насыпи или на лежневой настиле, фашинную выстилку.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 25584–90. Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации [Текст]. – Введ. 1990 – 09 – 01. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 15 с.
2. ГОСТ 29104.11–91. Ткани технические. Метод определения капиллярности [Текст]. – Введ. 1993 – 01 – 01. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 3 с.
3. ГОСТ Р 50275 – 92. Материалы геотекстильные. Метод отбора проб [Текст]. – Введ. 1993 – 07 – 01. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 3 с.
4. Исследование уплотняемости и фильтрационных свойств гидролизного лигнина [Текст] / А.Л. Невзоров [и др.] // Лесн. журн. – 1995. – № 1. – С. 86–90. – (Изв. высш. учеб. заведений).
5. Методические рекомендации по применению нетканых синтетических материалов при строительстве автомобильных дорог на слабых грунтах [Текст]. – М.: Минтрансстрой, 1981. – 42 с.
6. Щербина, Е.В. Геосинтетические материалы в строительстве [Текст]: моногр. / Е.В.Щербина. – М.: Изд-во АСВ, 2004. – 112 с.

Поступила 16.09.09

O.N. Orudzhova
Arkhangelsk State Technical University

Peculiarities of Hydraulic Properties of Geotextile Materials Applied in Forest Tracks Design

The results of hydraulic properties study of worked-out cloths (waste products of pulp-and-paper production) as secondary product are provided. The recommendations for their application in wood tracks design are given.

Keywords: forest tracks, water-thermal conditions,



МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.05

Е.А. Памфилов, П.Г. Пыриков, А.Н. Заикин, В.М. Меркелов

Брянская государственная инженерно-технологическая академия

Памфилов Евгений Анатольевич родился в 1941 г., окончил в 1964 г. Брянский институт транспортного машиностроения, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой механической технологии древесины Брянской государственной инженерно-технологической академии, заслуженный деятель науки РФ. Имеет более 350 печатных работ в области обеспечения долговечности машин и оборудования.

Тел./факс (4832) 64-60-73



Пыриков Павел Геннадьевич родился в 1972 г., окончил в 1994 г. Брянский технологический институт, доктор технических наук, доцент кафедры механической технологии древесины Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет более 50 научных работ в области обеспечения работоспособности рабочих органов и инструментов машин и оборудования лесного комплекса.

E-mail: ppg_soft@mail.ru



Заикин Анатолий Николаевич родился в 1949 г., окончил в 1975 г. Брянский технологический институт, кандидат технических наук, профессор кафедры технического сервиса Брянской государственной инженерно-технологической академии, действительный член МАНЭБ. Имеет около 170 печатных работ в области совершенствования техники и технологии лесозаготовок.

E-mail: mail@bgita.ru



Меркелов Владимир Михайлович родился в 1955 г., окончил в 1981 г. Брянский технологический институт, кандидат технических наук, заведующий кафедрой технологии деревообработки Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет более 70 научных работ в различных областях деревообработки.

E-mail: mail@bgita.ru



ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ И ИНСТРУМЕНТОВ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА

Отражены некоторые теоретические и прикладные аспекты обеспечения работоспособности инструментов лесозаготовительного и деревообрабатывающего оборудования на основе упрочняющих обработок; предложена модель управления работоспособностью инструментов; приведены рекомендации по выполнению упрочнения.

Ключевые слова: деревообрабатывающее и лесозаготовительное оборудование, работоспособность, инструмент, упрочняющая обработка, стойкость.

Возросшие требования к качеству и конкурентоспособности продукции предприятий лесного комплекса, спрос на новые ее виды и повышение объемов производства определяют необходимость использования эффективных технологий в сфере заготовки и переработки древесины, применения более производительного оборудования и инструментов.

Оснащение лесного комплекса отечественным инструментом не позволяет эффективно использовать оборудование вследствие недостаточной работоспособности инструментов, в первую очередь, по причине их низкой стойкости. Поэтому для существенного повышения стойкости инструментов необходимы новые упрочняющие технологии или глубокая модернизация существующих.

Поскольку стойкость инструментов в существенной степени определяется широким комплексом объемных и поверхностных свойств инструментальных материалов, важным является установление благоприятных значений отдельных составляющих этого комплекса. Возможные пути оптимизации сложной совокупности свойств поверхностных слоев для достижения максимальной износостойкости были ранее сформулированы в наших [1–3, 8] и др. работах.

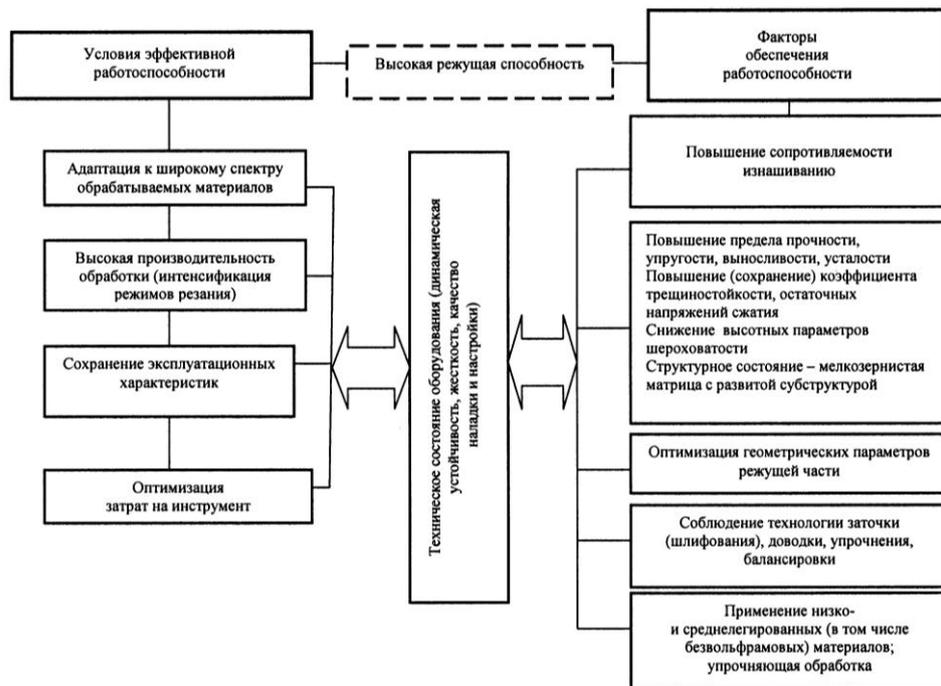


Рис. 1. Схема взаимосвязи эксплуатационных требований, технического состояния используемого оборудования и факторов обеспечения работоспособности режущих инструментов и рабочих органов машин

На основании анализа имеющихся данных были установлены основные принципы управления параметрами состояния конструкционных и инструментальных материалов рабочих органов и инструментов оборудования лесного комплекса. При этом в качестве основного показателя, определяющего функциональные характеристики рабочих органов и инструментов (рис. 1), были приняты их режущая способность и стойкость, т.е. промежуток времени, в течение которого первоначальные эксплуатационные показатели остаются стабильными.

В результате исследований было установлено, что усталостное и коррозионно-механическое изнашивание — основная причина потери стойкости, поэтому главной задачей являлся поиск путей обеспечения повышенной сопротивляемости инструментальных материалов усталостным и коррозионно-механическим процессам. Для этого было признано целесообразным формировать в локальных зонах износа режущих элементов сбалансированное сочетание благоприятных уровней параметров состояния поверхностных слоев на основе использования электромагнитной обработки (рис. 2).

В основе реализации предложенных схем обработки лежит механическое или электромагнитное воздействие для управления напряженным состоянием, параметрами шероховатости, микротвердости, структурой инструментальных материалов, а также их трещиностойкостью и выносливостью. Особое внимание уделялось формированию указанных характеристик в функциональных поверхностных слоях.



Рис. 2. Схема управления параметрами, определяющими работоспособность дереворежущих устройств

Для достижения поставленной цели предлагается использовать регламентированную деформацию, а также формирование кристаллографической упорядоченности в структуре поверхностных слоев, создание многофункциональных гальванических покрытий при электромагнитном индуцировании [3, 7].

В ходе исследований подтверждено положительное влияние на износостойкость инструментов остаточных напряжений сжатия. Их наличие в поверхностных функциональных слоях позволяет снизить трещинообразование и проникновение охрупчивающих поверхностно-активных веществ в глубь материала. Дополнительное формирование их благоприятного уровня в рабочих зонах инструментов возможно при использовании направленной технологической деформации [4], величина которой определяется уровнем остаточных и температурных напряжений, особенностями сечения упрочняемого инструмента, эксплуатационной нагрузкой и температурным диапазоном деформации, лимитирующимся теплостойкостью материала.

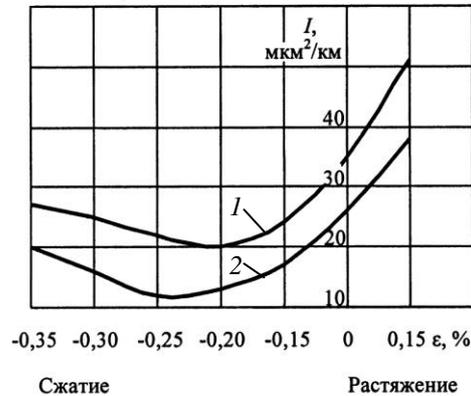
Перспективно также использование внешних магнитных полей для формирования анизотропии механических свойств инструментальных материалов за счет магнитопластической деформации в их кристаллической структуре. При такой обработке достигается образование зернограницных барьеров, вследствие чего повышается допустимая величина действующих эксплуатационных напряжений [6].

Большие возможности повышения износостойкости режущих устройств дает эффект магнитострикции, за счет использования которой оптимизируются параметры шероховатости рабочих поверхностей. Это связано с сопоставимостью высотных и шаговых параметров шероховатости с размерами блоков структурных составляющих поверхностного слоя инструментальных материалов. Создание благоприятного уровня шероховатости рабочих поверхностей способно положительно сказаться на условиях фрикционного контакта при взаимодействии инструментов с обрабатываемой древесиной и соответственно снизить энергозатраты на резание и повысить износостойкость.

Поскольку в результате электромагнитной обработки происходит перекристаллизация материала поверхностных функциональных слоев инструментов, то за счет этих изменений можно управлять параметрами, определяющими сопротивляемость материалов различным видам разрушения. К этим параметрам относятся прочность, износостойкость, фрикционная усталость, коэффициент трещиностойкости, предел выносливости, твердость, шероховатость и остаточные напряжения [5].

Еще большие возможности достигаются за счет управления кристаллографической анизотропией при нанесении на режущую часть инструментов упрочняющих гальванических покрытий. Это относится к послойно осаждаемым покрытиям, при создании которых в каждом слое формируется благоприятная кристаллографическая упорядоченность, а требуемые свойства наружного слоя окончательно создаются в результате трибологической конверсии [7, 8].

Рис. 3. Зависимость интенсивности I изнашивания сменных ножей сборных фрез и ножевых валов от величины относительной деформации ε режущей кромки при обработке древесины березы: 1 – инструментальный материал 8Х6НФТ, 2 – Р6М5



В соответствии с описанными выше новыми способами упрочнения выполнялась обработка опытных образцов инструментов, в частности пильных цепей и различного вида дереворежущих инструментов.

Полученные экспериментальные данные подтвердили, что применение технологической деформации способствует снижению износа инструментов в среднем на 30...40 % (рис. 3).

Результаты исследований износостойкости инструментов, упрочненных за счет воздействия магнитного поля, показали, что при обработке древесины различных пород износостойкость в среднем повышается на 30...45 %.

Создание в поверхностных слоях дереворежущих инструментов пространственно диагональной текстуры в процессе их лазерного упрочнения [5] способствует повышению стойкости в среднем на 40...50 % преимущественно за счет повышения микротвердости и формирования благоприятной структуры материала.

На основании проведенных исследований были выработаны рекомендации по выполнению упрочняющих обработок в промышленных условиях. Для таких дереворежущих инструментов, как ножи фрез, ножевые валы, коросниматели, лущильные и строгальные ножи, рекомендуется способ упрочнения путем формирования в режущей части регламентированного уровня напряженного состояния на основе технологической деформации или эффекта магнитострикции. При этом наибольшая степень упрочнения обеспечивается при величине деформации в пределах 0,25...0,30 % или напряженности внешнего магнитного поля 55...100 кА/м и сохранении эксплуатационной температуры нагрева в прикромочной зоне в пределах 300...400 °С.

Для инструмента, используемого в условиях температурно-механического нагружения и агрессивной среды (режущие элементы цепных пил, инструменты линий агрегатной переработки, фрезы, лущильные и строгальные ножи), работоспособность может быть обеспечена комплексным упрочнением текстурованием при управлении кристаллографическими направлениями в структуре инструментальных материалов (напряженность магнитного поля 250...500 кА/м, плотность мощности лазерного

луча 1,7...2,4 Дж/мм²), а также комплексным упрочнением электрическими разрядами (сила тока короткого замыкания 0,8...2,0 А, число разрядов 290...320 на 1 см², технологическая деформация 0,15...0,20 %).

Для режущих элементов цепных пил, а также опорных поверхностей рабочих валов, шпинделей и направляющих оборудования, эксплуатируемого в условиях сочетания усталостного и коррозионно-механического изнашивания, предлагается обеспечить износостойкость

осаждением на функциональных поверхностях многозональных текстурированных гальванических покрытий комплексами Cr-текстурированный, Cr-Zn-Ni (плотность тока 55...60 А/дм², температура электролита 50...55 °С) в структурах (рис. 4): промежуточный слой Cr текстурируется в направлении <100> (0,005...0,007 мм) с последующим переориентированием в направлении <111> (0,200...0,300 мм); защитный слой Zn-Ni (0,005...0,010 мм).

Увеличение работоспособности упрочненных инструментов достигается за счет повышения сопротивляемости инструментальных материалов изнашиванию в среднем на 35...40 %. Сопротивляемость выкрашиванию увеличивается на 50...60 %. Это позволяет повысить режущую способность и износостойкость рабочих органов и инструментов.

Выводы

Обеспечение износостойкости рабочих органов и инструментов лесозаготовительного и деревообрабатывающего оборудования может быть достигнуто при регламентированном формировании в рабочих зонах сочетания благоприятных уровней параметров состояния инструментального материала (прочностные характеристики, напряженное состояние и параметры шероховатости). Достижение требуемого сочетания этих параметров можно обеспечить за счет технологической деформации, а также лазерной или электроискровой упрочняющих обработок в магнитном поле и осаждения текстурированных электролитических покрытий.

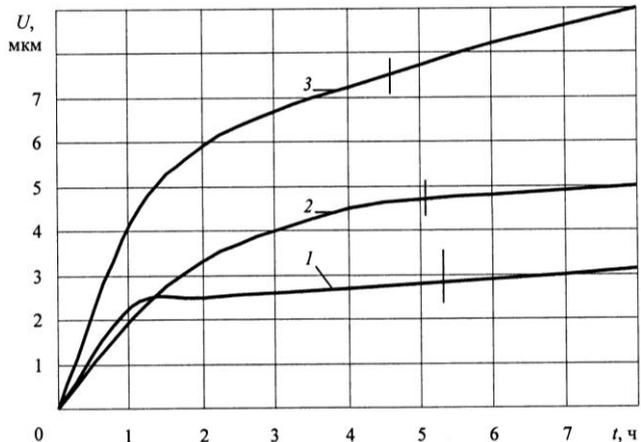


Рис. 4. Влияние продолжительности испытаний t на износ зубьев цепных пил ПЦУ-20 с хромовым покрытием режущих зубьев, имеющих различные текстурные форматы, (обрабатываемая порода – древесина сосны, скорость резания – 15 м/с): 1 – <110>/<100>; 2 – объемная термообработка; 3 – <111>/<100>

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зотов, Г.А.* Повышение стойкости дереворежущего инструмента [Текст] / Г.А. Зотов, Е.А. Памфилов. – М.: Экология, 1991. – 304 с.
2. *Памфилов, Е.А.* К вопросу о механизме изнашивания дереворежущего инструмента [Текст] / Е.А. Памфилов, Н.М. Петренко // Лесн. журн. – 1978. – № 3. – С. 148–150. – (Изв. высш. учеб. заведений).
3. *Памфилов, Е.А.* Особенности изнашивания штампового и дереворежущего инструмента и пути повышения его износостойкости [Текст] / Е.А. Памфилов // Трение и износ. – 1997. – Т.18, № 3. – С. 321–330.
4. Пат. 2118383 Российская Федерация, МПК⁶ С 21 D 9/24. Способ повышения износостойкости сменных режущих элементов [Текст] / Памфилов Е.А., Пыриков П.Г.; заявитель и патентообладатель БГИТА. – № 95117468; заявл. 10.10.1995; опубл. 27.08.1998, Бюл. № 24. – 7 с.
5. Пат. 2162111 Российская Федерация, МПК⁷ С 21 D 1/04. Способ упрочняющей обработки металлических поверхностей [Текст] / Памфилов Е.А., Пыриков П.Г.; заявитель и патентообладатель БГИТА. – № 98121124; заявл. 16.11.1998; опубл. 20.01.2001, Бюл. № 2. – 7 с.
6. Пат. 2186670 Российская Федерация, МПК⁷ В 23 Р 15/28, 7 С 21 D 9/21. Способ повышения износостойкости режущих инструментов [Текст] / Памфилов Е.А., Пыриков П.Г., Рухлядко А.С.; заявитель и патентообладатель БГИТА. – № 2000127973; заявл. 08.11.2000; опубл. 10.08.2002, Бюл. № 22. – 6 с.
7. Пат. 2224826 Российская Федерация, МПК⁷ С 25 D 5/10. Способ получения покрытий на металлических поверхностях [Текст] / Памфилов Е.А., Пыриков П.Г., Рухлядко А.С.; заявитель и патентообладатель БГИТА. – № 2002118657; заявл. 10.07.2002; опубл. 27.02.2004, Бюл. № 6. – 7 с.
8. *Пыриков, П.Г.* Повышение стойкости инструментов для деревообработки [Текст] / П.Г. Пыриков. – Брянск: БГИТА, 2009. – 210 с.

Поступила 29.10.09

E.A. Pamfilov, P.G. Pyrikov, A.N. Zaikin, V.M. Merkelov
Bryansk State Engineering Technological Academy

Ensuring Efficiency of Working Bodies and Tools of Forest Complex Machinery and Equipment

Some theoretical and applied aspects of ensuring efficiency of tools of forest-harvesting and woodworking equipment based on the strengthening treatments are reflected, a model of managing the tools efficiency is suggested, the recommendations for strengthening implementation are provided.

Keywords: woodworking and forest-harvesting equipment, efficiency, tool, strengthening treatment, durability.

УДК 674.812.06.02

В.А. Шамаев, В.В. Златоустовская, А.С. Копытин

Воронежская государственная лесотехническая академия

Шамаев Владимир Александрович родился в 1950 г., окончил в 1972 г. Воронежский государственный университет, доктор технических наук, профессор кафедры древесиноведения Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет более 1100 печатных трудов в области древесиноведения и модифицирования древесины.
Тел.: (4732) 53-67-22



Златоустовская Вероника Витальевна родилась в 1986 г., окончила в 2008 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, аспирант кафедры древесиноведения ВГЛТА.
Тел.: 8-951-540-13-25

Копытин Александр Сергеевич родился в 1984 г., окончил в 2007 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, аспирант кафедры древесиноведения ВГЛТА.
Тел.: (4732) 53-67-22

СТАБИЛИЗАЦИЯ ФОРМ И РАЗМЕРОВ ПРЕССОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ ФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Установлено положительное влияние физических методов (воздействие низких температур и импульсного магнитного поля) на стабилизацию форм и размеров прессованной древесины.

Ключевые слова: древесина, модифицирование, стабилизация, физические способы.

Стабилизация форм и размеров прессованной древесины может осуществляться не только химическими, но и физическими методами, например совокупным воздействием низких температур и импульсного магнитного поля (ИМП) [1 – 6].

Суть гипотезы заключается в том, что криогенная обработка увеличивает жесткость древесного скелета за счет образования новых физических связей (например, ван-дер-ваальсовых). При нагревании такой древесины в поле слабых ИМП эти связи не только не исчезают, но и усиливаются, переходя в межмолекулярные (водородные). Сетка таких связей должна повысить гидрофобность обработанной древесины в воде и сделать ее гидрофобной по отношению к влаге воздуха.

Для опытов использовали древесину березы и ольхи, заготовленных в Рамонском лесничестве Воронежского лесхоза. Плотность древесины березы составляла 620 кг/м^3 , ольхи – 500 кг/м^3 . Заготовки размером $66 \times 65 \times 100 \text{ мм}$ (здесь и далее последняя цифра – размер вдоль волокон) высушивали до постоянной массы при температуре $105 \text{ }^\circ\text{C}$ и уменьшали сечение до $60 \times 60 \text{ мм}$. Образец помещали в пресс-форму одноосного сжатия, исключаящую поперечное деформирование, и уплотняли на машине УМ-5А в радиальном направлении до степени 40 % при температуре 20 и $100 \text{ }^\circ\text{C}$. С торца образца крепили ультразвуковую головку диаметром 30 мм. Источником ультразвука являлся генератор (частота 21 кГц, мощность 0,8 кВт). Время обработки

составляло 6 мин, скорость прессования – 4 мм/мин. После фиксации пресс-форму помещали в сушильный шкаф и выдерживали при температуре 140 °С в течение 3 ч для релаксации напряжений. После охлаждения образец извлекали из пресс-формы, погружали в жидкий азот на 3 мин и обрабатывали ИМП сериями от 1500 до 3000 симметричных магнитных импульсов (длительность 10 мкс, амплитуда $B_0 = 0,3$ Тл, частота следования 10 мс) в течение 60 с. ИМП создавали периодическим разрядом батарей конденсаторов через низкоиндуктивную соленоид и контролировали по току заряда в его цепи и напряжению индукции на тестовой катушке индуктивности с соблюдением условия $\mu_v B \ll KT$ (μ_v – магнетон Бора, B – индукция магнитного поля, K – постоянная Больцмана, T – абс. температура).

Из обработанных и контрольных образцов нарезали малые образцы размером 15×15×22,5 мм, которые испытывали на водо- и влагопоглощение и линейное разбухание в радиальном направлении, т.е. в направлении прессования. Разбухание в тангенциальном направлении при определении влагопоглощения во всех случаях не превышало 0,5 %, водопоглощения – 1,5 %. После испытаний в течение 30 сут малые образцы высушивали при температуре 105 °С до постоянной массы и измеряли их распрессовку, т.е. процентное отношение размера образца после разбухания и сушки к его размеру до разбухания.

На рис. 1 приведены результаты последовательной обработки прессованной древесины жидким азотом и слабым ИМП.

Как видно из рис. 1, а, период активного разбухания прессованной древесины 20 сут. За это время разбухание необработанной древесины составляет 60 %, обработанной ИМП – 50 %, обработанной жидким азотом и ИМП – 40 %. Оценка разбухания за 15 сут показала, что это соотношение будет 40:33:9, а за 10 сут – 35:30:5. Разбухание необработанной и обработанной жидким азотом и ИМП древесины за 15 сут отличалось в 4,5 раза, за 10 сут – в 7 раз. Этот факт говорит о том, что вновь созданные замороженные водородные

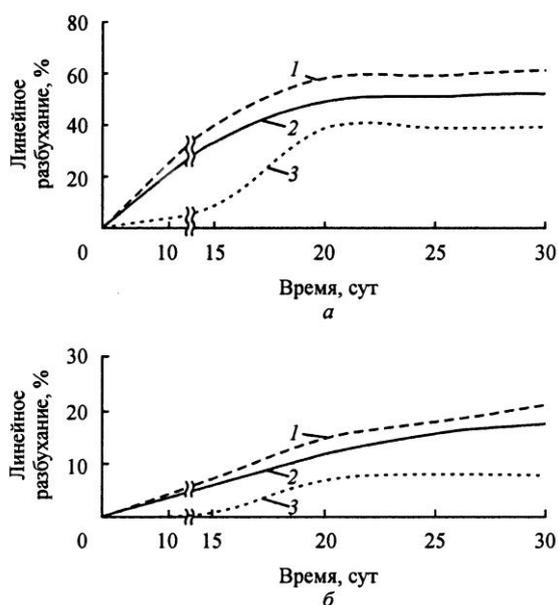


Рис. 1. Зависимость линейного разбухания в направлении прессования модифицированной древесины при водо- (а) и влагопоглощении (б) от времени: 1 – необработанная древесина; 2 – обработка ИМП; 3 – обработка жидким азотом и ИМП

связи в течение 10...15 сут воздействия воды медленно разрывались и лишь после 15 сут кривая разбухания приобрела обычный вид. При этом около половины новых связей сохранилось, о чем свидетельствует величина предельного разбухания 40 %.

Таким образом, гипотеза об образовании водородных связей после обработки жидким азотом и ИМП находит подтверждение. Свидетельством этому служит картина объемного разбухания прессованной древесины при влагопоглощении (рис. 2).

Пары воды обладают более слабым расклинивающим воздействием на микрофибриллы древесины, поэтому разбухание при влагопоглощении примерно в 3 раза меньше, чем при водопоглощении. И здесь наблюдается картина, когда разбухание прессованной древесины, обработанной жидким азотом и ИМП, практически отсутствует в первые 15 сут воздействия, а в пределе не превышает 8 %, т.е. в 3 раза меньше, чем для необработанной древесины. При этом в древесине не происходит химических превращений, о чем говорит неизменность сорбционных свойств прессованной древесины после обработки жидким азотом и ИМП (рис. 2, а и б).

Важной характеристикой стабильности прессованной древесины является распрессовка (остаточный объем), т.е. способность возвращаться к первоначальным размерам после воздействия и удаления воды (табл. 1).

Как видно из табл. 1, распрессовка полностью отсутствует у древесины, обработанной жидким азотом и ИМП.

Таблица 1

Распрессовка образцов после разбухания и высушивания до постоянной массы

Обработка	Остаточный объем, % к первоначальному объему древесины после воздействия воды и сушки	
	Влагопоглощение	Водопоглощение
Необработанная древесина	12,9	51,6
ИМП	0,8	8,0
Жидкий азот и ИМП	0,0	0,0

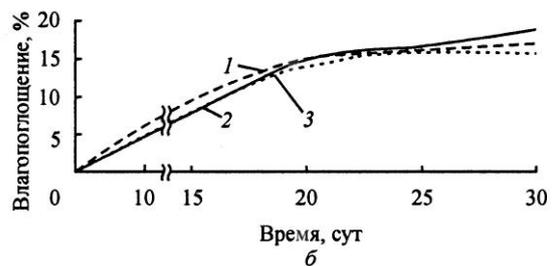
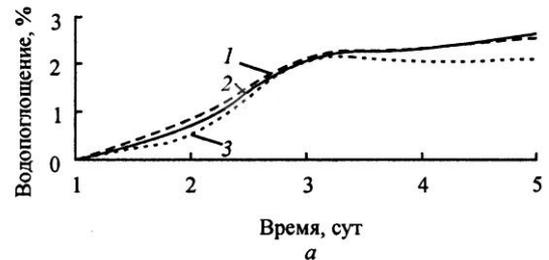


Рис. 2. Зависимость водо- (а) и влагопоглощения (б) модифицированной древесины от времени: 1 – необработанная древесина; 2 – обработка ИМП; 3 – обработка жидким азотом

Таким образом, замораживание прессованной древесины жидким азотом с последующей обработкой слабым ИМП позволяет повысить ее формостабильность в среде с переменной влажностью до уровня формоизменяемости натуральной древесины.

Сходные результаты получены после обработки древесины сильным ультразвуковым воздействием, которое используют при получении крупногабаритных изделий, например железнодорожных шпал.

Обработка древесины ультразвуком при мягких режимах (частота 21 кГц, мощность 0,3 кВт) увеличивает ее проницаемость [2]. Обработка ультразвуком при жестких режимах (частота 20 кГц, мощность 4,0 кВт) древесины шпал приводит к расплавлению ее отдельных компонентов (гемицеллюлоз и части лигнина в срединной пластинке) и снижению прочности древесины. В результате воздействия ультразвука (удельная мощность 0,4 кВт/см²) происходит сшивка и появление новых трехмерных структур, но уже не за счет внешних химических реагентов, а за счет компонентов самой древесины. Для исключения снижения прочности древесины при обработке воздействие ультразвуком делают импульсным, чередуя импульсы воздействия и паузы. Длительность импульса ультразвука должна составлять 2,5 мин, чтобы все легкоплавкие компоненты древесины успели расплавиться, но не превышать 3,0 мин, после чего снижается прочность древесины за счет деструкции целлюлозного скелета. Длительность паузы менее 6,0 мин нецелесообразна, так как древесина после разогрева ультразвуком продолжает по инерции саморазогреваться (эффект термоинерции); длительность паузы более 6,5 мин ведет к стеклованию реакционной массы и необходимости увеличения продолжительности воздействия ультразвука.

Эксперимент осуществляют следующим образом. Сырые заготовки мягких лиственных и хвойных пород размером 250×250×2750 мм помещают в сушильно-пропиточную ванну с механическим давлением и закачивают горячий антисептик, например каменноугольное масло. В течение 6 ч температуру масла поддерживают в пределах 90...100 °С, механическое давление – 0,8...1,2 МПа. Одновременно с сушкой, пропиткой и прессованием во время всего процесса древесину обрабатывают ультразвуковым полем (частота 20 кГц, мощность 4,0 кВт) с чередованием воздействия импульса ультразвука (длительность 2,5...3,0 мин) и паузы (6,0...6,5 мин). В результате воздействия ультразвука прессованная древесина приобретает гидрофобные свойства, при этом ее разбухание в воде не превышает 12,0 %.

Показатели физико-механических свойств модифицированной древесины приведены ниже.

Плотность.....	800,0 кг/м ³
Влажность.....	20,0 %
Предел прочности при сжатии вдоль волокон.....	90,3 МПа
Предельное объемное разбухание при влагопоглощении..	8,0 %
« « « при водопоглощении...	12,1 %

Аналогичные результаты были получены при стабилизации древесины карбамидоформальдегидным олигомером (КФК) [4], но с добавкой отвердителя – карбамидоформальдегидной смолы марки ПКП-52 (ТУ 2223-255-00203447–98) в количестве 21...25 % от массы КФК. Причем перед термообработкой на древесину в течение 30 с воздействовали ИМП (амплитуда 0,5 Тл, частота следования импульсов 50 Гц, длительность треугольных импульсов по основанию 50 мс). Таким образом, нами был реализован случай физико-химического воздействия на древесину.

Добавление к пропиточному раствору отвердителя в указанном количестве и выдерживание режима обработки ИМП при указанных параметрах в совокупности обеспечивают получение модифицированной древесины плотностью 800...1100 кг/м³ и максимальным объемным разбуханием в воде 7...9 %, т.е. почти в 2 раза меньше, чем при модифицировании чистым КФК.

Введение отвердителя ускоряет процесс полимеризации олигомера и увеличивает степень сшивки полимера с древесиной. За счет этого повышается формостабильность модифицированной древесины. При этом эмиссия формальдегида остается в пределах ПДК (класс ЕО).

Дополнительное воздействие ИМП с указанными параметрами на полимер-модификатор делает этот процесс необратимым. Следовательно, древесина, модифицированная по предлагаемому способу, не теряет стабильность своих свойств даже при длительном и циклическом воздействии влажности и температуры.

Термообработка при температуре 140...160 °С дополнительно ускоряет процесс полимеризации, что снижает энергозатраты и повышает степень полимеризации с улучшением формостабильности продукта.

На рис. 3 приведены зависимости объемного разбухания в воде древесины, модифицированной известным (кривая 1) и предложенным (2) способами.

В ходе эксперимента 30...40 %-й водный раствор карбамида, в который добавляли форконденсат карбамидоформальдегидного олигомера (КФО) в количестве 10...12 % от массы сухого карбамида, а также карбамидоформальдегидную смолу (отвердитель) марки ПКП-52 в количестве 21...25 % от массы КФО. Заготовки из древесины пропитывали полученным раствором с торца под давлением 0,4...0,5 МПа. После пропитки в указанном режиме содержание карбамида от массы сухой древесины составляло 15...20 %. Далее заготовки сушили при температуре 90 °С до влажности 10...15 %, после чего их спрессовывали поперек волокон под механическим

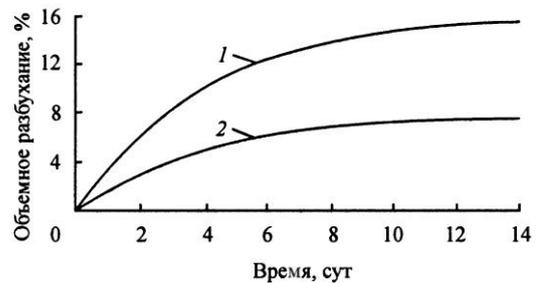


Рис. 3. Изменение объемного разбухания древесины, модифицированной КФК (1) и КФК с отвердителем (2)

Таблица 2

Свойства древесины, модифицированной согласно [4] и предложенным способом

Условия получения и характеристики материала	Древесина без обработки	Древесина, обработанная ИМП с отвердителем
Содержание отвердителя, %	–	10...12
Амплитуда ИМП, Тл	–	0,5
Объемное разбухание за 14 сут в воде, %	14...18	7...9
Предел прочности при сжатии вдоль волокон, МПа	90	135
Содержание продукта полимеризации КФО, %	3	5
Плотность, кг/м ³	900	900
Влажность, %	4	4

давлением 0,6...1,0 МПа до степени прессования 30 % и сушили в пресс-форме до влажности 4...5 %. После этого прессованную древесину обрабатывали в течение 30 с ИМП (амплитуда 0,5 Тл, частота следования импульсов 50 Гц, длительность треугольных импульсов по основанию 30 мкс). После этого проводили термообработку при температуре 140...160 °С. В результате получали модифицированную древесину плотностью 800...1100 кг/м³, имеющую максимальное объемное разбухание в воде 7...9 %, т.е. в 2 раза меньше, чем у прототипа (рис. 3). Кроме того, прочность полученной древесины на 50 % выше, чем у древесины, обработанной по патенту [4] (табл. 2).

Выводы

1. Подтверждена гипотеза стабилизации форм и размеров прессованной древесины замораживанием с последующим воздействием ИМП.
2. Сочетание физического и химического способов стабилизации позволяет получить материал, имеющий максимальное (до 8...9 %) объемное разбухание в воде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воздействие слабых импульсных полей на модифицированную древесину [Текст]/ В.В. Постников, М.Н. Левин, Р.В. Скориданов [и др.] // Письма в ЖТК. – 2005. – Т. 31, вып.9. – С. 14–19.
2. Коновалова, Н.Н. Установление оптимальных режимов комбинированной обработки древесины дуба ультразвуком и теплом для ускорения созревания коньячных спиртов при их резервуарной выдержке [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Н.Н. Коновалова. – М.: МГУ, 2004. – 28 с.
3. Пат. 2131351 РФ, МПК В 27 К 3/50. Способ получения модифицированной древесины [Текст]/ Ткаченко В.И., Канцелярист Д.В., Шамаев В.А. [и др]. – Заявл. 19.11.97, опубл. 10.06.99, Бюл. № 18.
4. Пат. 2229377 РФ, МПК В 27 К 3/50. Способ получения модифицированной древесины [Текст] / Шамаев В.А., Лихачева Л.Б., Сафронов Н.Г. – Заявл. 06.12.2001; опубл. 27.05.2004, Бюл. № 15.

5. *Шамаев, В.А.* Модифицирование древесины : учеб. пособие [Текст]/ В.А. Шамаев. – Воронеж: ВГЛТА, 2006. – 385 с.

6. *Шамаев, В.А.* Химико-механическое модифицирование древесины [Текст] / В.А. Шамаев. – Воронеж: ВГЛТА, 2003 – 260 с.

Поступила 07.12.09

V.A. Shamaev, V.V. Zlatoustovskaya, A.S. Kopytin
Voronezh State Forestry Engineering Academy

Form Stabilization and Pressed Wood Dimensions by Physical Methods

The positive influence of physical methods (low temperatures and pulsed magnetic field) on form stabilization and pressed wood dimensions is established.

Keywords: wood, modification, stabilization, physical methods.

УДК 674.047

И.М. Меркушев

Московский государственный университет леса

Меркушев Иван Михайлович родился в 1932 г., окончил в 1957 г. Московский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор кафедры технологии мебели и изделий из древесины Московского государственного университета леса. Имеет свыше 100 печатных работ в области деревообработки и развития лесосушильной техники и технологии сушки древесных материалов.
Тел.: (8495) 512-75-92



ФАКТОРЫ, ПРЕДОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ БЕЗДЕФЕКТНУЮ СУШКУ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

Разработаны новые методы оценки безопасности режимов конвективной сушки пиломатериалов и расчета нелинейной усушки древесины, влажности начала усушки, допустимых ее перепадов по толщине и поверхности сортимента.

Ключевые слова: бездефектная сушка, коэффициент запаса прочности, критерий безопасности, допустимая усушка, предельная деформация, перепады влажности.

Критерии безопасности режимов сушки пиломатериалов. Условием безопасности режима сушки пиломатериалов должен отвечать такой максимально допустимый перепад влажности по их толщине ΔW_s , при котором упругие относительные деформации удлинения поверхностных слоев (периферийной зоны) сортимента в тангенциальном направлении ε , возникающие от их усушки U_t , стесненной противодействием центральной зоны, не достигали бы предельной относительной деформации $\varepsilon_{пр}$, а допускаемые напряжения $|\sigma|$ – предела прочности $\sigma_{пр}$ с гарантированным запасом прочности при коэффициенте K :

Таблица 1

Древесная порода	ρ_6 , кг/м ³	$\sigma_{пр}$, МПа	E_0 , МПа	$\varepsilon_{пр}$	ΔU_s	u , %
Лиственница	520	0,6	40	0,015	0,0075	0,75
Бук	530	0,5	32	0,016	0,0080	0,80
Сосна	400	0,5	20	0,025	0,0125	1,25
Ель	360	0,5	20	0,025	0,0125	1,25
Кедр	350	0,3	18	0,017	0,0085	0,85
Дуб	560	0,8	35	0,023	0,0115	1,15
Ясень	550	1,0	40	0,025	0,0125	1,25
Береза	500	0,5	20	0,025	0,0125	1,25
Клен	550	0,9	25	0,036	0,0180	1,80

$$\varepsilon < |u| \leq \varepsilon_{пр}/K, \quad (1)$$

где $|u|$ – допустимая относительная усушка.

Из анализа генеральной статистической совокупности множества наблюдений над объектом исследования, например при изучении предела

прочности при изгибе пиломатериалов σ_{np} по [1, с. 157, рис. 45], коэффициент запаса прочности при среднем квадратическом отклонении σ и допускаемом напряжении $|\sigma| = \sigma_{np} - 3\sigma$

$$K = \sigma_{np}/(\sigma_{np} - 3\sigma) \approx 1,7...2,0. \quad (2)$$

Следовательно, при расчете безопасных режимов сушки необходимо принимать $K = 2,0$, а не $K = 1,5$, чему соответствует норма безопасности сушки $|\sigma| = \sigma_{np} - 2\sigma$, обеспечивающая проведение бездефектного процесса лишь до 95 % высушиваемых досок. Поэтому в качестве критерия безопасности режима сушки следует принимать допустимую относительную усушку $|y|$ или ее перепад по толщине сортимента ΔY_s :

$$|y| = \Delta Y_s \leq 0,5 \varepsilon_{np}. \quad (3)$$

Допустимая предельная деформация и допустимая усушка древесины. Величины допустимой предельной деформации ε_{np} установлены с использованием формулы (1) по известным показателям предела прочности σ_{np} и жесткости при растяжении E_0 в тангенциальном направлении для основных древесных пород, имеющих разную плотность ρ [4, с. 36, табл. 1.1], и сведены в табл. 1.

Безопасный перепад усушки для девяти древесных пород рассчитан по условию безопасности режима (3). Средняя величина допустимого перепада усушки по толщине сортимента $\Delta Y_s = 0,0075...0,0180$, а допустимой усушки $y = (1,25 \pm 0,50) \%$.

Влажность начала усушки и допустимый перепад усушки по толщине сортимента. В высушиваемой древесине удаление связанной влаги из стенок мелких клеток сопровождается их усушкой, при этом в полостях крупных клеток и сосудах еще содержится свободная вода, т.е. когда средняя влажность материала выше предела насыщения волокна (30 %). Таким одновременным удалением влаги из разноразмерных клеток и объясняется фактор нелинейной усушки древесины, обнаруженный разными учеными. Например, по данным В.П. Галкина [2, рис. 2.10], тангенциальная усушка при снижении влажности от 60 до 30 % не равна нулю, а составляет около 1,5 % (рис. 1).

Из формул нелинейной тангенциальной усушки $Y_T(\rho_6, W_n)$ с использованием рис. 1 определена зависимость влажности поверхности сортимента от усушки:

$$W_n = (\rho_6^{0,12} - Y_T^{0,333})/0,03. \quad (4)$$

По условию безопасности режима (3) на основании (4) получена формула для определения безопаснорежимной влажности поверхности сортиментов в начале процесса:

$$W_n = [\rho_6^{0,12} - (50\varepsilon_{np})^{0,333}]/0,03. \quad (5)$$

Первый член $\rho_6^{0,12} / 0,03$ выражения (5) представляет собой начальную влажность сортимента (влажность

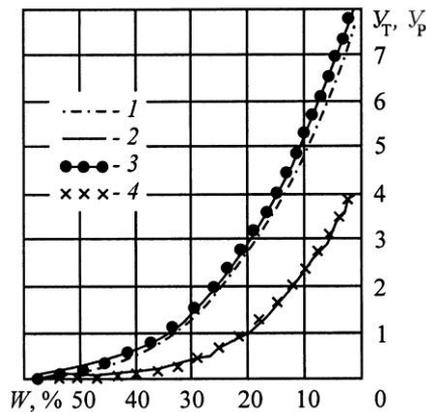


Рис. 1. Совмещение (1) кривых усушки по формулам $Y_T = (\rho_6^{0,124} - 0,03W)^3$ (3) и $Y_P = (\rho_6^{0,123} - 0,03W - 0,4)^3$ (4) с кривыми усушки (2) по [2]

начала усушки) W_n , от которой отсчитывается усушка:

$$W_n = 33,3 \rho_6^{0,12}; \quad (6)$$

второй $(50 \varepsilon_{пр})^{0,333} / 0,03$ – диапазон снижаемой влажности или допускаемый перепад влажности по толщине сортимента:

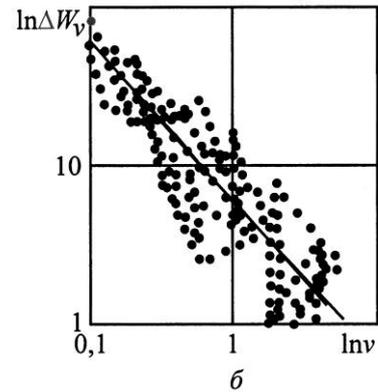
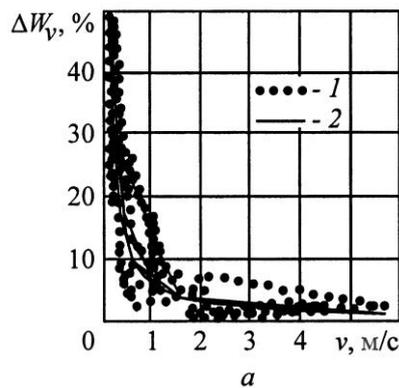
$$\Delta W_s = 123 \varepsilon_{пр}^{0,333}. \quad (7)$$

Параметры, рассчитанные по этим формулам, а также значения первой переходной влажности (средней по толщине сортимента W_{cl} и поверхностной $W_{п1}$) приведены в табл. 2.

Перепад поверхностной влажности сортимента. Зависимость перепада поверхностной влажности $\Delta W_v = W_n - W_p$ от скорости циркуляции сушильного агента v получена нами на основании экспериментальных данных по исследованию влияния скорости циркуляции сушильного агента на снижение влажности пиломатериалов по [3, рис. 32] (данные обработаны в MathCADe) (рис. 2).

Таблица 1

Древесная порода	$\rho_6, \text{кг/м}^3$	$\varepsilon_{пр}$	$ y $	ΔW_s	W_n	W_{cl}	$W_{п1}$
Лиственница	520	0,015	0,75	30,4	70,5	60,4	40,1
Бук	530	0,016	0,80	31,0	70,7	60,4	39,7
<i>Среднее</i>	525	0,015	0,77	30,7	70,6	60,4	39,9
Сосна	400	0,025	1,25	36,0	68,3	56,3	32,3
Ель	360	0,025	1,25	36,0	67,5	56,3	31,5
Кедр	350	0,017	0,85	31,7	67,3	56,7	35,6
Дуб	560	0,023	1,15	35,0	71,2	59,5	36,2
Ясень	550	0,025	1,25	36,0	71,0	59,0	35,6
Береза	500	0,025	1,25	36,0	70,2	58,2	34,2
<i>Среднее</i>	453	0,023	1,17	35,1	69,2	57,7	34,2
Клен*	550	0,036	1,80	40,7	71,0	57,4	30,3



*Осредненные параметры.

Рис. 2. Подбор функции $\Delta W_v(v)$ по данным [3]: a – в натуральном выражении; b – в логарифмическом; 1 – экспериментальные данные; 2 – расчетные данные

Как видно из рис. 2, массиву экспериментальных данных (точки) соответствует (непрерывная) кривая перепада поверхностной влажности:

$$\Delta W_v = 6 v^{-1}. \quad (8)$$

Таким образом, обоснованные величины влажности древесины W_n , от которой начинается усушка при ее снижении, допустимого ее перепада по толщине сортимента ΔW_s и перепада поверхностной влажности ΔW_v являются основным базовым материалом для разработки различных режимов бездефектной сушки пиломатериалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Борисенко, Н.Ф.* Исследование механических свойств чистой древесины в хвойных пиломатериалах, оцененных силовым методом [Текст]: дисс. ... канд. техн. наук / Н.Ф. Борисенко. – М., 1975.
2. *Галкин, В.П.* Дистанционный контроль конечной влажности пиломатериалов при сушке в камерах периодического действия [Текст]: дисс. ... канд. техн. наук / В.П. Галкин. – М., 1986.
3. *Меркушев, И.М.* Исследование циркуляционных характеристик лесосушильных камер [Текст]: дисс. ... канд. техн. наук / И.М. Меркушев. – М., 1975.
4. *Уголев, Б.Н.* Контроль напряжений при сушке древесины [Текст] / Б.Н. Уголев, Ю.Г. Лапшин, Е.В. Кротов. – М.: Лесн. пром-сть, 1980. – 208 с.

Поступила 28.06.09

I.M. Merkushev

Moscow State Forest University

Factors Predetermining Faultless Drying of Sawn Timber

New methods of safety evaluation of convective drying modes for sawn wood and calculation of non-linear wood drying, humidity of drying start, permissible humidity drop for thickness and surface of assortment are developed.

Keywords: faultless drying, safety factor, safety criteria, permissible drying, ultimate strain, humidity drop.

УДК 681.31(058.8)

О.Д. Мюллер, В.И. Малыгин, В.Т. Харитоненко, Л.В. Кремлева

Филиал «Севмашвтуз» С.-Петербургского государственного
морского технического университета

Мюллер Оскар Давыдович родился в 1948 г., окончил в 1973 г. Ленинградский политехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры океанотехники и энергетических установок филиала «Севмашвтуз» С.-Петербургского государственного морского технического университета.

E-mail: oscar@mail.ru



Малыгин Владимир Иванович родился в 1952 г., окончил в 1979 г. Университет Дружбы народов им. П. Лумумбы, доктор технических наук, профессор, действительный член АИН РФ, проректор по научной работе филиала «Севмашвтуз» С.-Петербургского государственного морского технического университета. Имеет более 180 научных работ в области математического моделирования физических процессов при резании.

E-mail: rector@sevmashvtuz.edu.ru



Харитоненко Владимир Терентьевич родился в 1950 г., окончил в 1974 г. Московский инженерно-физический институт, кандидат технических наук, начальник научно-исследовательского сектора филиала «Севмашвтуз» С.-Петербургского государственного морского технического университета. Имеет около 10 научных работ в области автоматизации и управления.

E-mail: rector@sevmashvtuz.edu.ru



Кремлева Людмила Викторовна родилась в 1967 г., окончила в 1989 г. Севмашвтуз, кандидат технических наук, зав. кафедрой автоматизированных систем технической подготовки производства филиала «Севмашвтуз» С.-Петербургского государственного морского технического университета. Имеет около 50 научных работ в области математического моделирования физических процессов при резании и автоматизации проектирования средств технологического оснащения.

E-mail: rector@sevmashvtuz.edu.ru



АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ В ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Проанализирован объем и распределение древесных отходов от лесозаготовок и лесопереработки, проведена оценка их энергетического потенциала для нужд энергетики Архангельской области.

Ключевые слова: лесозаготовки, древесные отходы, дрова, лесосечные отходы, щепка, энергетический потенциал.

Архангельская область является одним из крупнейших регионов Северо-Западного федерального округа (СЗФО) России по площади лесного фонда и запасам древесины, уступая только республике Коми. По заготовкам и вывозу древесины и производству основных видов продукции она прочно занимает первое место в СЗФО. Среднегодовой объем заготовок древесины в регионе составляет около 12 млн м³. На рис. 1 представлены средние показатели работы предприятий лесопромышленного комплекса Архангельской области. Естественно, что при таком уровне заготовок

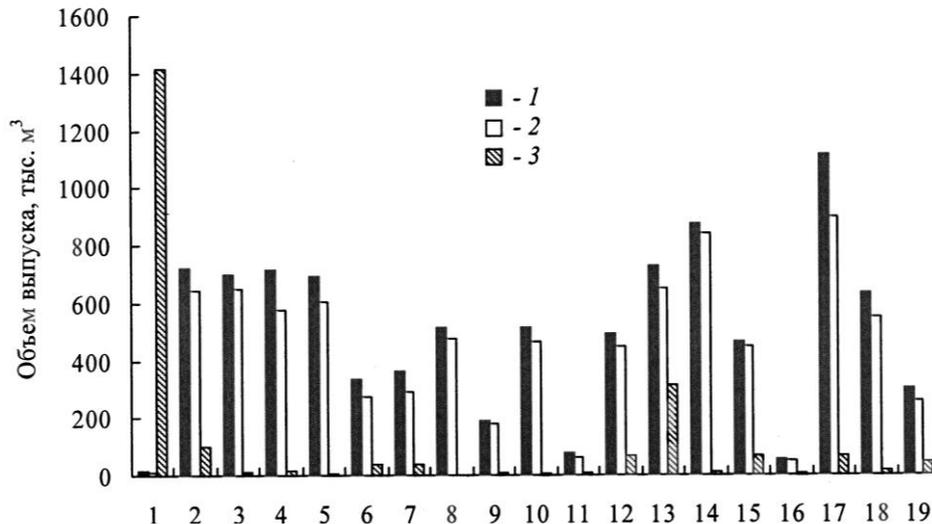


Рис. 1. Среднегодовые показатели работы предприятий лесопромышленного комплекса по районам Архангельской области: 1 – вывозка древесины; 2 – круглые лесоматериалы; 3 – пиломатериалы (1 – г. Архангельск, 2 – Вельский р-н, 3 – Вилегодский р-н, 4 – Виноградовский р-н, 5 – Верхнетоемский р-н, 6 – Каргопольский р-н, 7 – Коношский р-н, 8 – Котласский р-н, 9 – Красноборский р-н, 10 – Ленский р-н, 11 – Лешуконский р-н, 12 – Няндомский р-н, 13 – г. Онега и Онежский р-н, 14 – Пинежский р-н, 15 – Плесецкий р-н, 16 – Приморский р-н, 17 – Устьянский р-н, 18 – Холмогорский р-н, 19 – Шенкурский р-н)

и переработки древесины в области образуется большое количество древесных отходов, которые могут быть использованы в качестве альтернативного возобновляемого источника первичного топливного ресурса для муниципальных котельных вместо привозного топлива.

В нашу задачу входило проанализировать объемы и распределение древесных отходов от лесозаготовок и лесопереработки и оценить их энергетический потенциал для муниципальной энергетики Архангельской области.

Для нужд энергетики древесина как топливный ресурс представлена в двух видах: дрова и древесные отходы (лесосечные отходы, обрезные отходы, отходы лесоперерабатывающей промышленности).

Ресурсы дров

В этот анализ включены дрова колотые из круглого низкокачественного лесоматериала, чаще из березы, осины или подгнившей мягкой древесины. Влажность дров зависит от того, были ли они высушены или нет. Обычно количество влаги колеблется от 20 до 50 %, при этом соответствующая теплота сгорания изменяется от 3600 до 1700 ккал/кг. Дрова в основном являются побочным продуктом лесозаготовок. На их долю в России приходится 17...25 % в зависимости от главной заготовленной породы.

В предыдущие годы при расчетной лесосеке для Архангельской области 22,5 млн м³/год объем ежегодных заготовок был примерно 12,9 млн м³. Около 74 % этого объема приходится на твердые породы,

остальное – на мягкие. Кроме того, около 0,3 млн м³/год заготавливается при санитарных рубках. Это означает, что в настоящее время расчетная лесосека осваивается примерно на 57 %.

Ежегодный потенциал дров при текущем уровне заготовок составляет 2,6 млн м³ (энергетический потенциал 2700 Ткал). Однако в последние годы существенно изменилась технология лесозаготовок. Если в прошлом веке древесину вывозили из леса в виде хлыстов и дальнейшую ее разделку осуществляли на нижних складах леспромхозов, где и вырабатывалось основное количество дров, то в настоящее время хлысты разделяют непосредственно на лесосеках. В этих условиях заготовки дров как топлива становятся экономически невыгодными.

Ресурсы древесных отходов

Лесосечные отходы (вершины и ветки) могут быть собраны зелеными или коричневыми. Влажность зеленых отходов из хвои и листвы в зависимости от времени года изменяется от 45 до 60 %, их теплота сгорания – соответственно от 2400 до 1580 ккал/кг. Зеленые лесосечные отходы содержат оксиды алкалоидов, которые могут вызывать коррозию в котлах для сжигания (если не перемешать их, например, с древесиной или торфом). Коричневые отходы подсушиваются в местах заготовок и транспортировки леса или в кучах и теряют основную массу хвои и листвы. Обычно влажность коричневых остатков колеблется от 20 до 45 %, их теплота сгорания – соответственно от 3700 до 2400 ккал/кг.

Лесосечные отходы складировать в местах заготовок, по обочинам дорог, на перевалочных пунктах или в местах использования. Несмотря на то, что в настоящее время в Архангельской области в местах лесозаготовок не осуществляется сбор лесосечных отходов, их можно считать ресурсом возобновляемых источников энергии. Сбор лесосечных отходов наиболее реален в конце рубки леса. К тому же российская практика лесопользования имеет законодательную основу для сбора лесосечных отходов: Лесной кодекс предписывает, чтобы они были собраны в кучи.

Потенциал лесосечных отходов зависит от ежегодного уровня лесозаготовок, вида древесины и объема ствола. Например, чистая еловая лесопосадка обычно дает 0,43, сосновая – 0,26, и березовая – 0,17 м³ лесосечных отходов на 1 м³ заготовленного круглого лесоматериала. При текущем уровне лесозаготовок в Архангельской области общий потенциал лесосечных отходов составляет 6,58 млн пл. м³/год (11340 Ткал/год). Однако этот объем не представляет реальный уровень использования. По оценкам финских и шведских специалистов, реальный уровень сбора лесосечных отходов с учетом экономических и технологических причин около 65 % от полного потенциала. Таким образом, реальный потенциал лесосечных отходов (при 60 %-м уровне их сбора) составляет 3,95 млн пл. м³/год (6800 Ткал/год).

Основными компонентами затрат при получении лесосечных отходов являются их сбор на обочинах дорог (в случае измельчения на обочине и транспортировки как сыпучего материала), измельчение и транспортировка на дальние расстояния.

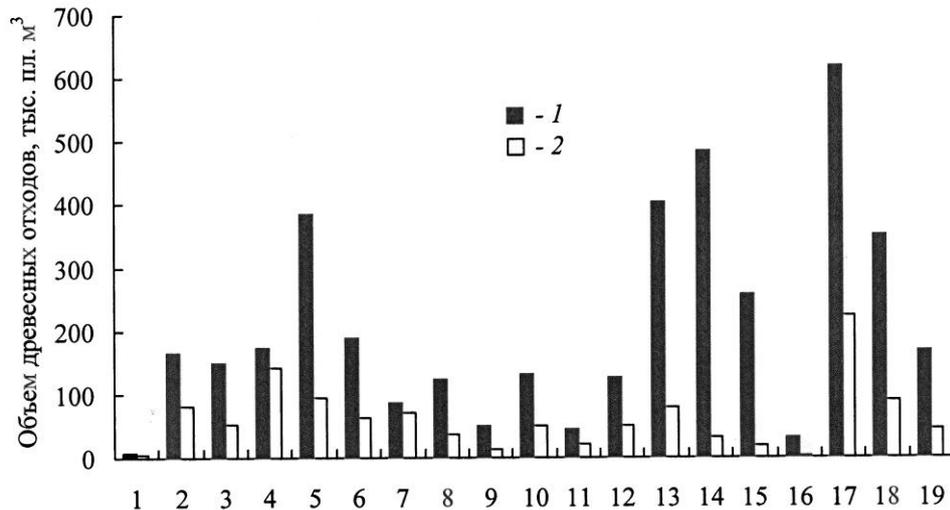


Рис. 2. Распределение доступного объема заготовок лесосечных (1) и обрезных (2) отходов по районам области (см. обозначения на рис. 1)

Помимо лесосечных отходов в местах заготовок и первичной обработки лесоматериалов образуются так называемые *обрезные отходы*, составляющие около 13 % от вывезенной древесины. Они в основном идут на выработку дров и технологической щепы. Однако из-за высокой стоимости перевозок и низкой закупочной цены на технологическую щепу, предлагаемой целлюлозно-бумажными комбинатами, в подавляющем большинстве леспромхозов производство ее прекращено, а обрезные отходы вывозят на свалки или сжигают. В среднем потенциал обрезных отходов составляет 1,17 млн пл. м³/год (2017 Ткал/год).

На рис. 2 представлена диаграмма распределения доступного объема заготовок лесосечных и обрезных отходов по районам области.

Наиболее типичными *отходами лесоперерабатывающей промышленности* являются кора, опилки и щепа. Широкое применение опилок в энергетике зависит от технологии сжигания. В обычных котлах с колосниковыми решетками можно сжигать до 15 % опилок, а в котлах с псевдоожиженным или «кипящим» слоем – топливные смеси, содержащие около 30 % опилок и других мелких частиц.

Содержание влаги в опилках и щепе обычно варьирует от 45 до 55 %, теплота сгорания – от 1700 до 2270 ккал/кг. Влажность коры зависит от метода окорения и наличия на предприятии оборудования для ее отжима. Обычно влажность коры составляет 55 %, а теплота сгорания – 1670...1820 ккал/кг.

Отходы лесоперерабатывающей промышленности – одни из наиболее дешевых топливных ресурсов в Архангельской области, особенно, если они могут быть использованы в местах их выработки. Предприятия области ежегодно производят около 2,2 млн м³ пиломатериалов и 84,6 тыс. м³ фанеры. При этом лесопилки потребляют около 1,6 млн м³, а фанерное производство – 0,3 млн м³ необработанных лесоматериалов ежегодно, производя соответственно 12 % коры, 11 % опилок и 32 % сухой щепы на 1 м³

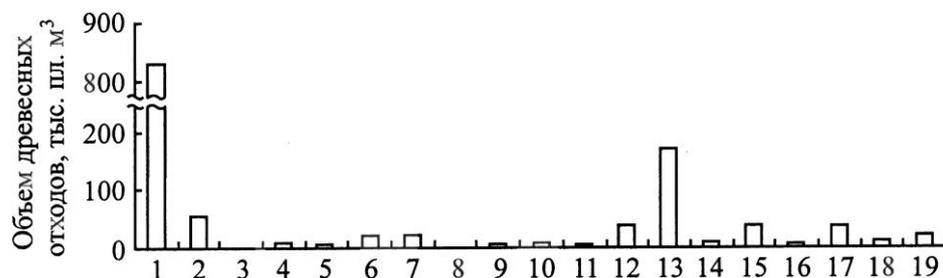


Рис. 3. Распределение древесных отходов лесоперерабатывающей промышленности по районам области (см. обозначения на рис. 1)

израсходованного древесного сырья. Около 61 % древесного сырья при производстве фанеры является побочным продуктом, который можно или сжечь, или использовать для изготовления древесностружечных и древесноволокнистых плит или целлюлозы. Таким образом, суммарное количество отходов лесной промышленности в области составляет 1,26 млн. м³/год (2170 Ткал/год). На рис. 3 представлено их распределение по районам области.

Сложившийся объем свободного древесного топлива

В Архангельской области только крупные современные лесопильные производства имеют окорочные станки и сушильные камеры. Большинство предприятий, расположенных в районах, производят сырые пиломатериалы для внутреннего использования, в большинстве случаев их выпиливают из неокоренных бревен.

В Архангельске практически все лесопильные предприятия, оснащенные сушильными камерами, имеют свои котельные. Раньше значительное количество древесных отходов от лесопильного производства вывозилось на свалки, однако с ростом цен на ископаемое топливо, в первую очередь на мазут, лесопильные предприятия Архангельска отказались от его использования и перевели котлы на сжигание древесных отходов. На ОАО «Соломбальский ЦБК» был построен и введен в эксплуатацию крупный энергетический котел с кипящим слоем, работающий на древесных отходах, завершается реконструкция котельной на ОАО «25-й лесозавод» по переводу ее на сжигание древесных отходов. Кроме того, большое количество древесных отходов стали вывозить в Новодвинск на ТЭЦ АЦБК. Все это привело к тому, что в Архангельске не осталось свободных древесных отходов от лесопромышленного комплекса, которые можно было бы использовать для нужд муниципальной энергетики.

В Онеге основная масса древесных отходов от лесопильного производства ОАО «Онежский ЛДК» используется для собственных нужд. Осенью 2006 г. в городе запущена в эксплуатацию отопительная котельная, сжигающая кору и щепу в кипящем слое. В связи с этим и в Онеге также не осталось свободных древесных отходов для нужд муниципальной энергетики.

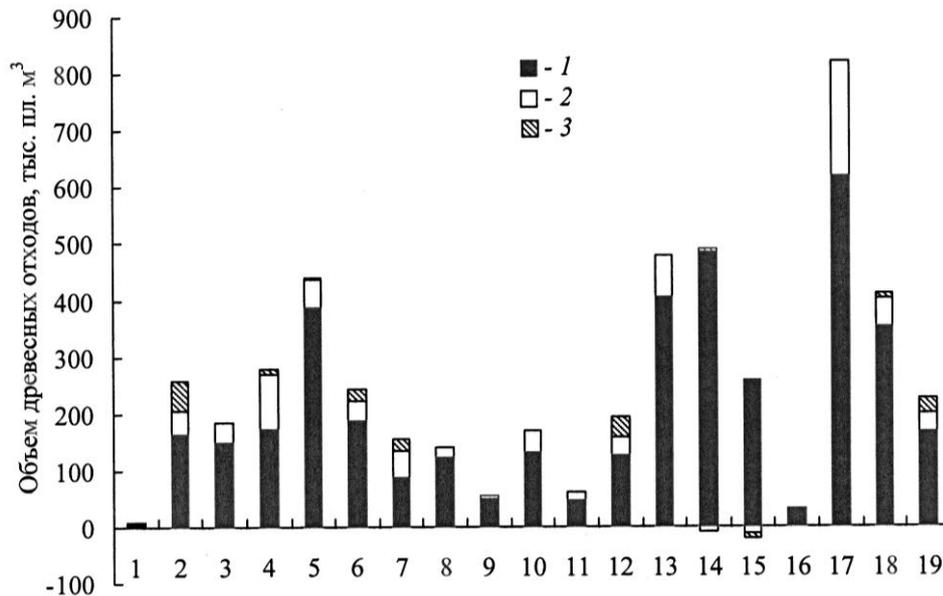


Рис. 4. Распределение свободных древесных отходов по районам Архангельской области: 1 – лесосечные отходы; 2 – обрезные отходы; 3 – отходы лесопромышленного комплекса (см. обозначения на рис. 1)

В Плесецком районе (Североонежск) идет строительство отопительной котельной на щепе мощностью 19 МВт, которая после ввода в эксплуатацию ежегодно будет потреблять около 45 тыс пл. м³ древесных отходов.

В районах области (Виноградовский, Верхнетоемский, Пинежский и Устьянский) имеется 4 котельных на древесных отходах, сжигающих свыше 90 тыс. м³ древесного топлива в виде щепы и опилок.

С учетом вышеизложенного доступный потенциал древесного топлива в Архангельской области составляет около 4874 тыс. пл. м³/год (8402 Ткал/год). В том числе: лесосечные отходы – 3947 тыс. пл. м³/год (6805 Ткал/год); обрезные отходы – 750 тыс. пл. м³/год (1292 Ткал/год); отходы лесопереработки – 177 тыс. пл. м³/год (305 Ткал/год). Распределение доступного потенциала древесного топлива по районам Архангельской области представлено на рис. 4.

Проведенный нами анализ показал, что имеющийся энергетический потенциал древесных отходов (8402,0 Ткал/год) при существующем уровне лесозаготовок и развития лесоперерабатывающей промышленности значительно превышает энергетические потребности (2316,9 Ткал/год) муниципальной энергетики Архангельской области.

В обозримой перспективе вряд ли крупные отопительные котельные, работающие на древесной щепе и опилках, будут реконструированы. Кроме того, не стоит ожидать массового сбора и использования лесосечных отходов. В этом случае для нужд муниципальной энергетики будет представлять интерес энергетический потенциал обрезных отходов, свободных отходов

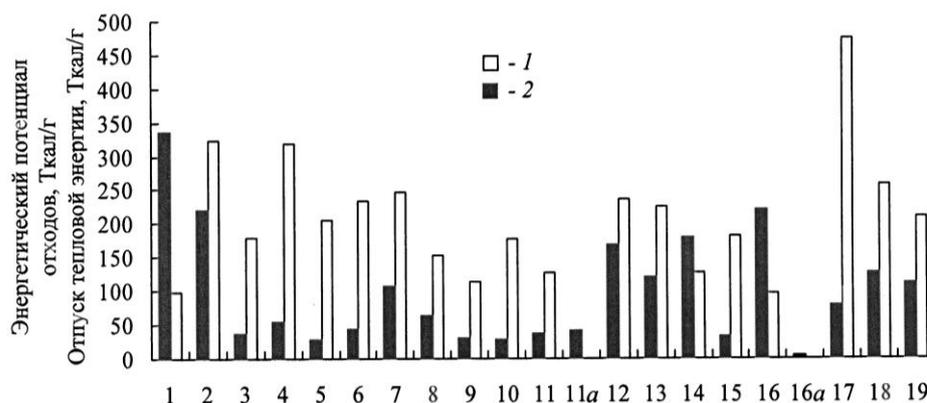


Рис. 5. Отпуск тепловой энергии и энергетический потенциал древесных отходов по районам области (11а – Мезенский р-н, 16а – Соловецкий р-н): 1 – энергетический потенциал древесных отходов; 2 – отпуск тепловой энергии (см. обозначения на рис. 1)

лесопереработки и дров. Общий энергетический потенциал этого древесного топлива (при существующем уровне лесозаготовок и лесопереработки) составляет около 3980,0 Ткал/год. При этом среднегодовое производство тепловой энергии муниципальными котельными, которые могут быть переведены или реконструированы под сжигание древесного топлива, в том числе и работающие в настоящее время на дровах, составляет около 2070 Ткал/год.

На рис. 5 представлена диаграмма распределения энергетического потенциала этого древесного топлива и отпуска тепловой энергии котельными области, которые могут быть реконструированы.

В этом исследовании не рассмотрена проблема усыхающих лесов в Пинежском районе, запас древесины в которых (20 млн м³) представляет собой хорошую сырьевую базу для использования в энергетике.

Выводы

1. Архангельская область при сложившемся уровне лесозаготовок обладает большим энергетическим потенциалом древесных отходов, который более чем в три раза превышает потребности муниципальной энергетики области.

2. Наиболее доступен энергетический потенциал лесосечных отходов, однако в настоящее время не стоит ожидать их массового сбора и крупномасштабного использования.

3. Вторым по объему энергетическим потенциалом обладают обрезные отходы, но происходящие в последние годы изменения технологии заготовки древесины привели к сокращению объемов вывозки леса в хлыстах, в результате чего значительная часть этих отходов теперь остается в местах заготовок, увеличивая количество лесосечных отходов и их энергетический потенциал.

4. Отходы лесоперерабатывающей промышленности – наиболее дешевый и удобный источник древесного топлива, так как их производство расположено близко к промышленному спросу на тепло и они могут быть использованы для производства тепла на нужды отопления. Однако большинство крупных предприятий уже используют свои отходы. Свободны пока древесные отходы мелких лесопильных заводов, разбросанных по всей области. Таким образом, энергетический потенциал свободных промышленных отходов в Архангельской области довольно низок.

Поступила 29.05.09

O.D. Muller, V.I. Malygin, V.T. Kharitonenko, L.V. Kremleva
Sevmashvtuz, Branch of Saint-Petersburg State Marine Technical University

Energy Potential Analysis of Wood Waste in Forest Industry of the Arkhangelsk Region

The volume and distribution of logging and woodworking wood wastes are analyzed; their energy potential assessment is carried out for the needs of energy branch in the Arkhangelsk region.

Keywords: forest-harvesting, wood wastes, firewood, logging wastes, chips, energy potential.

УДК 674.093

В.Ф. Дунаев, В.И. Мелехов

Архангельский государственный технический университет

Дунаев Владимир Федорович родился в 1938 г., окончил в 1970 г. Северо-Западный заочный политехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации технологических процессов и производств Архангельского государственного технического университета. Имеет более 50 печатных трудов в области автоматизации процессов лесопиления.

Тел.: (8182) 29-12-85



Мелехов Владимир Иванович родился в 1939 г., окончил в 1961 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой древесиноведения и тепловой обработки древесины Архангельского государственного технического университета, академик РАЕН и АПК. Имеет более 250 работ в области технологии высококачественной сушки, пропитки древесины и использования на основе новых технологий малоценной древесины и отходов деревообработки.

Тел.: (8182) 21-61-49



ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ ВО ВРЕМЕНИ ПРИ ДЕФОРМИРОВАНИИ

Установлена неизвестная ранее закономерность изменения механических свойств древесины во времени при деформировании; приведены уравнение состояния материала и программа для вычисления его коэффициентов; показана возможность анализа диаграмм, имеющих несколько фаз, обусловленных анизотропией.

Ключевые слова: деформация, реакция, диаграмма деформирования, уравнение состояния, компонент.

Древесина как конструкционный материал наиболее широкое распространение получила в строительстве. Для надежной эксплуатации деревянных конструкций необходимо знать не только механические свойства каждого ее элемента и рассчитывать долговечность, но и иметь уравнение состояния материала и реальные параметры элементов, входящих в конструкцию.

В развитие теоретических представлений о механических и физико-химических свойствах древесины большой вклад внесли И.П. Кулибин, Д.И. Журавский, В.Г. Шухов, Г.Г. Карлсен, Ф.П. Белянкин, Л.М. Иванов, В.Л. Иванов, В.Ф. Иванов, Ю.М. Иванов, В.М. Коченов, П.Л. Дмитриев, В.М. Хрулев, Ю.В. Слицкоухов, Б.А. Освенский, Е.Н. Квасников, Ю.С. Соболев и др.

Представления о древесине как упруговязкопластическом материале натолкнулись на сложность математического описания процессов деформирования и нагружения, которое, опираясь на неразрушающие испытания при деформировании или нагружении, могло бы предсказывать как ее поведение во времени, так и некоторые характеристики (упругость, деформируемость, релаксация реакции деформированного тела, ползучесть и долговечность).

Главная проблема при проведении испытаний образцов древесины заключается в том, что получаемые диаграммы исследуемого процесса могут быть проанализированы описательно. На рис. 1 для наиболее распространенных металлов и древесины приведены диаграммы деформирования,

на которых отмечены характерные точки и участки развития реакции материала на нагружение.

Древесина, обладающая четко выраженной анизотропией строения, отличается многообразием диаграмм деформирования. Например, при ее сжатии поперек волокон диаграмма может быть одно- и трехфазной, при поперечном изгибе – *s*-образной. Нелинейность начального участка не позволяет использовать закон Гука для расчетов деревянных конструкций.

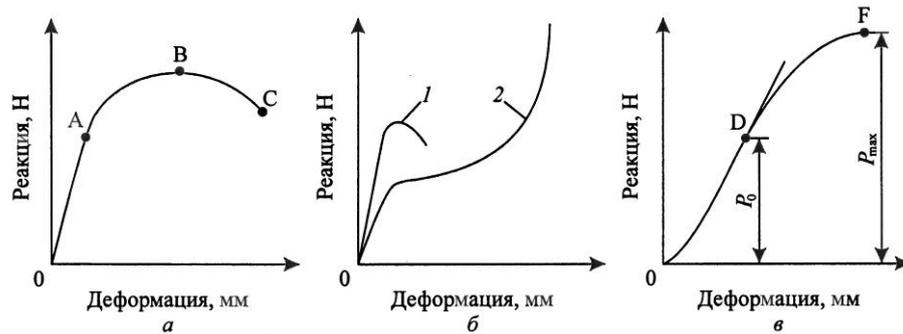


Рис. 1. Диаграммы деформирования металла [2] (а) и древесины (б, в): б – одно- (1) и трехфазная (2) при сжатии [1], в – *s*-образная при поперечном изгибе [4]; ОА – стадии упругих деформаций, А – начало пластических деформаций в отдельных зернах металла, АВ – стадия упруго-пластических деформаций, начало массовых пластических деформаций, В – начало разрушения, ВС – стадия разрушения, С – конец разрушения, P_0 – реакция в точке D перегиба, P_{\max} – максимальная реакция в точке F хрупкого разрушения

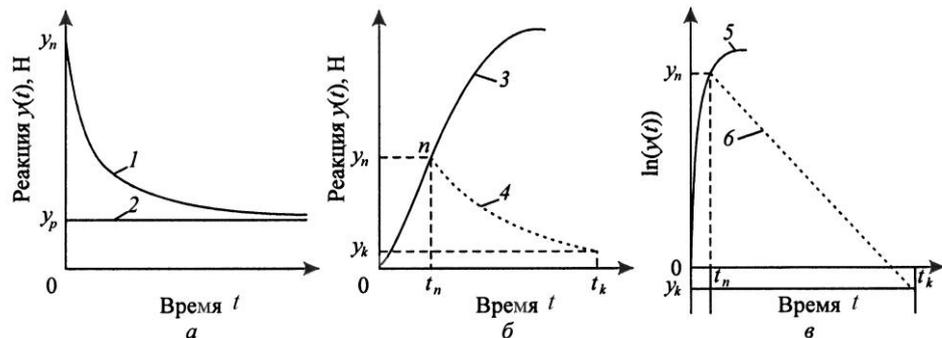


Рис. 2. Реакция древесины на деформирование: а – типовая диаграмма [3] (1) с пределом снижения реакции (2); б – диаграмма для поперечного изгиба с постоянной скоростью деформирования (3) и релаксацией (4) от начальной реакции древесины y_n , деформированной за время t_n , до реакции y_k в момент окончания деформирования t_k ; в – аппроксимация релаксации $y(t)$ (5) в логарифмическом масштабе уравнением прямой $\ln(y(t)) = \ln y_n - ct$ (6)

Наиболее информативными и доступными для анализа являются диаграммы деформирования и релаксации. Рассмотрим диаграмму, полу-

ченную при поперечном изгибе древесины с постоянной скоростью деформирования (рис. 2).

По данным Ю.М. Иванова [3], реакция деформированного тела (кривая 1) со временем уменьшается, асимптотически приближаясь к некоторому пределу y_p (прямая 2), меньше которого она не может быть (рис. 2, а). Полагая причиной такого утверждения ограниченность времени наблюдения за процессом релаксации, авторами было решено провести исследования на современной испытательной технике с записью результатов в цифровой форме, что позволило построить диаграммы не только в линейном, но и в логарифмическом масштабе как по одной, так и по двум осям.

Релаксация реакции

Для выяснения характера релаксации y деформируем образец за время t_n деформирования до деформации x , при которой образец отреагирует с силой y_n (рис. 2, б, кривая 3), после чего деформирование прекращаем и продолжаем регистрировать реакцию y с течением времени (рис. 2, б, кривая 4).

Для выявления закономерности изменения реакции во времени строим график в координатах $t, \ln(y)$ (рис. 2, в). Линия б в этом случае представляет собой прямую, что свидетельствует об отсутствии предела снижения реакции до некоторой величины y_p :

$$\ln y = \ln y_n - ct,$$

где y – реакция в зависимости от времени релаксации;

c – коэффициент, характеризующий скорость релаксации;

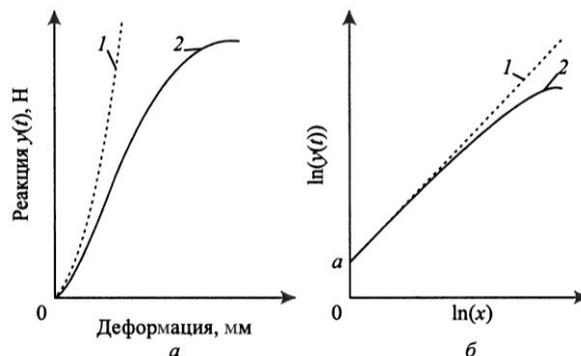
t – продолжительность релаксации.

После потенцирования имеем:

$$y(t) = y_n e^{-ct}.$$

Здесь e – основание натуральных логарифмов.

Рис. 3. Диаграммы реакции древесины на деформацию в натуральном выражении (а) и в логарифмическом масштабе (б): 1 – силовые возможности $y_b(x)$ древесины к началу опыта; 2 – реакция $y(x)$ на деформацию x



Поскольку все результаты измерения реакции отражают разрушения этих сил по закону e^{-ct} , которые происходили в древесине при деформировании, восстанавливаем состояние силовых возможностей образца до опыта:

$$y_b(x) = y(x)e^{ct},$$

где $y(x)$ – измеренная реакция на деформацию образца x ;

t – продолжительность деформирования, $t = x/v$;

v – скорость деформирования.

Представляем восстановленные силы на графике (рис. 3, а).

Применяем логарифмирование значений $ub(x)$ и деформации x , которое выравнивает график силовых возможностей образца, и аппроксимируем его прямой (рис. 3, б):

$$\ln ub(x) = a + b \ln(x). \quad (1)$$

Уравнение состояния образца

После потенцирования уравнения (1), умножения обеих его частей на e^{-ct} и введения подстановки $E = e^a$ получаем уравнение состояния образца:

$$y(x, t) = E x^b e^{-ct}, \quad (2)$$

где $y(x, t)$ – реакция образца на его деформацию x в момент времени t от начала деформирования;

E – коэффициент упругости, $E = e^a$;

b – структурный коэффициент образца, учитывающий сопротивляемость образца изменению формы.

Рис. 4. Экспериментальная (1) и теоретическая (2) диаграммы деформирования (а) и зависимость развития реакции от скорости v деформирования древесины (б): 3 – $v = 3$ мм/с; 4 – 2; 5 – 1 мм/с

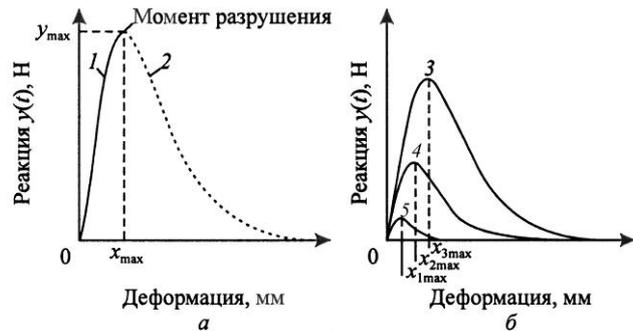
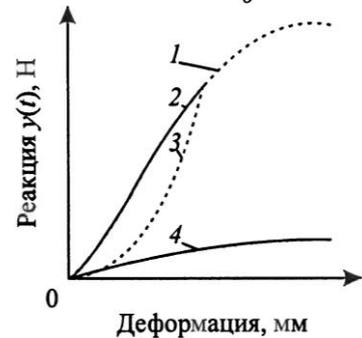


Рис. 5. Диаграммы деформирования образца древесины при повторных испытаниях на поперечный изгиб: 1 – однократное деформирование до разрушения; 2 – частичное деформирование; 3 – разгрузка после частичного деформирования; 4 – повторное деформирование до разрушения



Уравнение (2) точно описывает поведение образца при непрерывном деформировании, вплоть до момента хрупкого разрушения, которому соответствуют максимальные деформация x_{\max} и реакция y_{\max} . При этом уравнение (2) описывает реакцию при деформациях, больших x_{\max} , которые наблюдаются только при ползучести нагруженного образца.

Ненаблюдаемая часть диаграммы показана на рис. 4, а пунктирной линией.

В случае деформирования с постоянной скоростью v деформация $x = tv$ и реакции образца

$$y(t) = E (vt)^b e^{-ct}. \quad (3)$$

Если при этом измеряют деформацию и время $t = x/v$, то

$$y(x) = E (vt)^b e^{-cx/v}. \quad (4)$$

Время t_{\max} , соответствующее моменту разрушения, находят, приравняв нулю первую производную функции (3):

$$\begin{aligned} \frac{d}{dx} E (vt)^b e^{-ct} &= E (vt)^b \frac{b}{t} \exp(-ct) - E (vt)^b c \cdot \exp(-ct); \\ E (vt)^b \exp(-ct) \left(\frac{b}{t} - c \right) &= 0; \\ t_{\max} &= \frac{b}{c}; x_{\max} = \frac{vb}{c}. \end{aligned}$$

Влияние скорости деформирования на развитие реакции показано на рис. 4, б.

Повторное деформирование, которое можно проводить на испытательных установках, показывает как изменяются механические свойства древесины уже к следующему циклу (рис. 5).

Расчет коэффициентов уравнения состояния однокомпонентного образца по результатам испытаний

Для экспериментов используют установки с автоматической регистрацией результатов. Отсчеты проводят по командам от датчика деформации, цену импульсов которого выбирают так, чтобы получить не менее 100 отсчетов на образец. Результаты испытаний заносят в таблицу:

Номер отсчета	Деформация, мм	Реакция (нагрузка), Н	Время отсчета, с
i	x_i	y_i	t_i

Программа вычисления коэффициентов уравнения состояния однокомпонентного образца

1. Используя данные таблицы, строят график и определяют число измерений D неповрежденного участка диаграммы. На рис. 6 $D = 435$ при общем числе измерений 560; скорость деформирования $v = 0,747 \cdot 10^{-4}$ мм/с.

2. Выполняют логарифмирование уравнения (2):

$$\ln y = \ln E + b \ln x - c \frac{x}{v},$$

которое позволит разделить сомножители, содержащие три неизвестных коэффициента E , b и c , и сформировать систему трех уравнений:

$$AD_f + bB_1 + cC_1 = Y_1;$$

$$AD_f + bB_2 + cC_2 = Y_2;$$

$$AD_f + bB_3 + cC_3 = Y_3.$$

Здесь $A = \ln E$; D_f – целая часть дроби $D/3$, $D_f = 145$ – число отсчетов, приходящихся на одно уравнение системы; $B = \ln(x)$; $C = x/v = t$; $Y = \ln(y)$.

Систему решают матричным методом:

$$M = \begin{pmatrix} D_f B_1 - C_1 \\ D_f B_2 - C_2 \\ D_f B_3 - C_3 \end{pmatrix}; \quad V = \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{pmatrix}; \quad R = M^{-1}V.$$

3. Формируют коэффициенты B и C матрицы и вектор-столбец Y системы и вычисляют коэффициенты матрицы M .

Для первого уравнения системы выбирают результаты каждого третьего измерения, начиная с первого. Наибольший номер измерения (номер отсчета) $i \leq D - 2$:

$$i = 1, 4, \dots, \overbrace{D - 2}^{\sim}$$

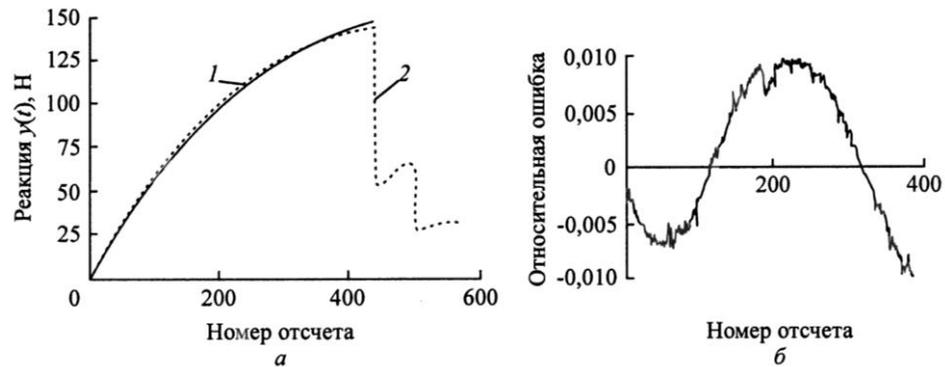


Рис. 6. Диаграммы деформирования образца древесины (а) и относительная ошибка вычислений (б): 1 – теоретическая; 2 – экспериментальная, использованная в программе вычисления коэффициентов по уравнению (2)

Суммируют результаты с выбранными номерами

$$Y_1 = \sum_i \ln \overbrace{\left(\frac{x_i}{v} \right)}^{\sim}; \quad B_1 = \sum_i \ln \overbrace{\left(\frac{x_i}{v} \right)}^{\sim}; \quad C_1 = \sum_i \frac{x_i}{v}$$

и получают

$$Y_1 = 581,671; \quad B_2 = 56,664; \quad C_1 = 3,723159 \cdot 10^6.$$

Для второго уравнения системы выбирают результаты каждого третьего измерения, начиная со второго. Наибольший номер измерения (номер отсчета) $i \leq D - 1$:

$$i = 2, 5, \dots, \overbrace{D - 1}^{\sim}$$

Суммируют результаты с выбранными номерами

$$Y_2 = \sum_i \ln \overbrace{\left(\frac{x_i}{v} \right)}^{\sim}; \quad B_2 = \sum_i \ln \overbrace{\left(\frac{x_i}{v} \right)}^{\sim}; \quad C_2 = \sum_i \frac{x_i}{v}$$

и получают

$$Y_2 = 627,098; B_2 = 69,787; C_2 = 4,191 \cdot 10^6.$$

Для третьего уравнения системы выбирают результаты каждого третьего измерения, начиная с третьего. Наибольший номер измерения (номер отсчета) $i \leq D$:

$$i = 3, 6 \dots D.$$

Суммируют результаты с выбранными номерами

$$Y_3 = \sum_i \ln \left(\frac{x_i}{v} \right); B_3 = \sum_i \ln \left(\frac{x_i}{v} \right); C_3 = \sum_i \frac{x_i}{v}$$

и получают

$$Y_3 = 629,022; B_3 = 71,898; C_3 = 4,211 \cdot 10^6.$$

4. Решают

$$R = \begin{pmatrix} 4,2 \\ 1,028 \\ -1,28 \cdot 10^{-5} \end{pmatrix}.$$

Окончательно получают $E = e^{4,2} = 66,686 \text{ Н/мм}$; $b = 1,028$; $c = -1,28 \cdot 10^{-5} \text{ мс}^{-1}$.

Материалы с несколькими компонентами

Древесину при сжатии вдоль и поперек волокон следует рассматривать как многокомпонентный материал. Под компонентами понимаем составные неоднородные части материала, например раннюю и позднюю древесина, участки с разным капиллярным строением, годовые кольца.

Диаграммы для каждого компонента выделяем следующим образом. На одном поле размещаем экспериментальную диаграмму (рис. 7, а и б, кривые 1), по уравнению (2) подбираем параметры диаграммы для первого компонента (кривая 2). Признаком правильного выбора является наилучшее совпадение расчетных и экспериментальных данных на участке диаграммы 1, вправо от точки перегиба до точки разрушения. Находим разность между



Рис. 7. Диаграммы сжатия древесины вдоль (а) и поперек (б) волокон: 1 – экспериментальные; 2 – расчетные для первого компонента, 3 – для второго компонента

ординатами кривых 1 и 2, используя ее в качестве основы для подбора параметров диаграммы второго компонента, добиваясь наилучшего приближения к основе.

Рис. 7, а и б отличаются тем, что экспериментальная диаграмма 1 на рис. 7, б не имеет точки перегиба (чаще всего эксперименты прекращают

раньше, чем будет достигнута эта точка, или прочность образца превысит силовые возможности установки и сработает система ее защиты). В этом случае признаком наилучшего выбора диаграммы первого компонента является наилучшее приближение к конечному восходящему участку.

Наличие двух и более компонентов, воспринимающих растущую деформацию, исключает хрупкое разрушение, которое наблюдается у однокомпонентного материала.

Многокомпонентный материал описывается следующим обобщенным уравнением:

$$\sum_{i=1}^n E_i x^{b_i} e^{-c_i t} = y, \quad (5)$$

где n – число компонентов, составляющих твердое тело и отличающихся значениями нижеперечисленных физических характеристик:

E_i – коэффициент упругости компонента;

x – деформация, одинаковая для всех компонентов;

b_i – структурный коэффициент компонента, учитывающий неодинаковую сопротивляемость изменению формы тела;

e – основание натуральных логарифмов;

c_i – коэффициент разрушения компонента, характеризующий скорость его разрушения;

t – продолжительность деформирования;

y – нагрузка (или реакция при деформировании тела).

Выводы

1. Уравнения (2) и (5) могут быть использованы в теории упругости, которая служит основой расчетов на прочность, деформируемость и устойчивость в строительном деле, авиа- и ракетостроении, машиностроении и др. областях техники и промышленности.

2. Уравнения (2) и (5) позволяют отказаться от применения в теории упругости обобщенного закона Гука, согласно которому напряжения линейно зависят от деформаций и который применим при малых деформациях и приводит к существенным погрешностям в расчетах при больших деформациях и длительных приложениях нагрузок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боровиков, А.М. Справочник по древесине [Текст]: справ./ А.М. Боровиков, Б.Н. Уголев; под ред. Б.Н. Уголева. – М.: Лесн. пром-сть, 1989. – 296 с.
2. Жуковец, И.И. Механические испытания металлов [Текст] / И.И. Жуковец. – М.: Высш. шк., 1986. – 199 с.
3. Иванов, Ю.М. Предел пластического течения древесины [Текст] / Ю.М. Иванов. – 2-е изд. – М.: Стройиздат, 1948. – 200 с.
4. Соболев, Ю.С. Древесина как конструкционный материал [Текст] / Ю.С. Соболев. – М.: Лесн. пром-сть, 1979. – 248 с.

Поступила 07.12.09

V.F. Dunaev, V.I. Melekhov
Arkhangelsk State Technical University

Pattern Changes of Wood Mechanical Properties in Time under Deformation

A previously unknown pattern of change in time of wood mechanical properties under deformation is established. The equation of the material state and program for calculating the coefficients are provided, the ability of analyzing curves with several phases caused by anisotropy is shown.

Keywords: deformation, reaction, deformation curve, state equation, component.





ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 628.517

Н.В. Куцубина, А.А. Санников

Уральский государственный лесотехнический университет

Куцубина Нелли Валерьевна родилась в 1965 г., окончила в 1988 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры машин и оборудования целлюлозно-бумажного производства Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 30 работ в области динамики, виброзащиты и диагностики технологических машин и оборудования.
E-mail: bsovet@usfeu.ru



Санников Александр Александрович родился в 1934 г., окончил в 1958 г. Уральский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой машин и оборудования целлюлозно-бумажного производства Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 200 работ в области динамики, виброзащиты и диагностики технологических машин и оборудования.
E-mail: bsovet@usfeu.ru



МОДЕЛИРОВАНИЕ РАССЕЙВАНИЯ ЭНЕРГИИ КОЛЕБАНИЙ В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ ЦБП

Предложен метод моделирования рассеивания энергии колебаний в конструкциях ЦБП, заключающийся во введении в расчетные зависимости коэффициента динамического усиления колебаний при резонансе α_p для учета неупругих сопротивлений.

Ключевые слова: колебания, модели рассеивания энергии, коэффициент динамического усиления колебаний при резонансе.

Наиболее виброактивными конструктивными элементами основного технологического оборудования ЦБП являются валы, станины и поддерживающие конструкции. Выявление путей снижения вибрации возможно лишь на основе исследования динамических и математических моделей вибрации, учитывающих специфику оборудования.

К специфическим особенностям относятся, например, конструкции подшипниковых узлов и мест установки валов и цилиндров бумагоделательных машин, наличие связей между валами в виде сукна, сетки, бумаги и др., которые обладают значительными диссипативными свойствами.

На рассеивание (диссипацию) энергии колебаний конструкций влияет множество факторов, учесть при расчете многие из которых на сегодняшний день (несмотря на значительное количество работ [1, 3–5 и др.], имеющихся в этой области) не представляется возможным.

В настоящее время в расчетной практике определения диссипативных сил господствуют феноменологические модели, основанные на различных гипотезах. В практике динамических расчетов широкое распространение получили различные модели частотно-независимого внутреннего трения. Известны модели, являющиеся видоизменением модели вязкого трения Фойта; модель Е.С. Сорокина и ее различные варианты; модели, использующие интегральные операторы наследственной упругости со специальными ядрами, которые обеспечивают частичную независимость рассеивания энергии в достаточно широком диапазоне частот возмущения.

Эти модели имеют ряд существенных недостатков. Например, в них учитывается только внутреннее трение материала вибрирующей детали или конструкции; затруднено определение диссипативных сил и решение для системы с большим числом степеней свободы; физически неправдоподобна зависимость коэффициента неупругих сопротивлений от массы и др. Кроме того, экспериментальная проверка различных гипотез на нескольких десятках конструкций [6] показала, что ни одна из них не обладает преимуществом.

В течение многих лет в расчетной практике машиностроительных конструкций ЦБП используется частотно-независимая гипотеза, являющаяся по своей сути модификацией модели Фойта [2, 6].

Цель наших исследований – изучить метод моделирования рассеивания энергии колебаний, предложенный для повышения достоверности инженерных вибрационных расчетов машиностроительных конструкций ЦБП.

Поскольку влияние рассеивания на амплитуды виброперемещений существенно лишь в области частот, близких к резонансным, для учета его введен вместо физических констант коэффициент динамического усиления колебаний при резонансе α_p , определяемый экспериментально.

Под коэффициентом динамического усиления колебаний при резонансе α_p понимается отношение амплитуды виброперемещений при резонансе $S_{a,p}$ к параметру, характеризующему динамическое воздействие на массу:

при силовом гармоническом воздействии с амплитудой силы F_a к перемещению массы $S_{a,ст}$, если бы сила F_a действовала статически:

$$\alpha_p = S_{a,p} / S_{a,ст} = S_{a,p} / \left(\frac{F_a}{C} \right); \quad (1)$$

при кинематическом гармоническом возбуждении с амплитудой перемещения $S_{a,о}$:

$$\alpha_p = S_{a,p} / S_{a,о}; \quad (2)$$

при возбуждении центробежными силами инерции неуравновешенных масс вала:

$$\alpha_p = S_{a,p} / v, \quad (3)$$

где C – коэффициент жесткости опорной конструкции;

$v = m_p e / m$ – мера уровня возбуждающих колебания сил, численно равная амплитуде виброперемещений массы, свободной от связей;

m_p – масса вала;
 e – удельный дисбаланс вала;
 m – масса колеблющейся конструкции.

Дифференциальное уравнение, описывающее колебания массы, приобретает следующий вид:

$$\ddot{z} + \frac{1}{\kappa_p} \omega_0 \dot{z} + \omega_0^2 z = \frac{1}{m} F(t), \quad (4)$$

где z – перемещение;

ω_0 – частота свободных колебаний системы;

$F(t)$ – функция возбуждающих колебания сил.

Амплитудная и фазовая характеристики колеблющейся массы:

$$S_a(\omega) = \frac{1}{C} \frac{1}{\sqrt{\left(\omega^2 - \omega_0^2\right)^2 + \frac{\omega^2}{\kappa_p^2}}}; \quad \varphi(\omega) = \arctg\left(\frac{\eta}{\kappa_p \sqrt{\omega^2 - 1}}\right), \quad (5)$$

где ω – частота динамических воздействий;

η – частотное отношение, $\eta = \omega/\omega_0$.

Введение в расчет коэффициента α_p приводит к частотно-независимой модели упруго-вязкого сопротивления. Достоинство этого метода заключается в учете всех видов рассеивания энергии колебаний в конструкции, легкое и понятное определение коэффициента α_p , возможность накопления экспериментальных значений α_p для различных конструкций (см. таблицу).

Коэффициенты α_p определялись по логарифмическому декременту затуханий собственных частот колебаний конструкций, возбуждаемых ударом и предварительным приложением и мгновенным снятием нагрузки, по амплитудно-частотным характеристикам, полученным при пуско-остановочных режимах работы машины.

Коэффициенты динамического усиления колебаний при резонансе α_p для некоторых конструкций

Конструкция (конструктивный элемент)	Значение α_p
Трубчатые валы бумагоделательных и отделочных машин	25...30
Сушильные цилиндры бумагоделательных машин	20
Станины и массивные рамные фундаменты	20
Фундаменты на песчаном, насыпном или свайном грунтовом основании:	
при вертикальном резонансе	2,0...2,5
при горизонтально-вращательном резонансе	4,0
Фундаменты на прочих грунтовых основаниях:	
при вертикальном резонансе	2,5...3,0
при горизонтально-вращательном резонансе	5,0

Коэффициент динамического усиления колебаний α_p связан с другими параметрами, характеризующими рассеивание энергии колебаний в конструкциях машин, оборудования и сооружений – коэффициентами неупругих сопротивлений b , демпфирования δ , логарифмическим декрементом затухания Λ , модулем затухания ϕ , коэффициентами поглощения энергии колебаний ψ и потерь γ :

$$\alpha_p = \frac{\pi}{\Lambda} = \frac{2\pi}{\psi} = \frac{\omega_0}{2\delta} = \frac{\omega_0 m}{b} = \frac{1}{\gamma} = \frac{1}{\phi \omega_0}. \quad (6)$$

Для расчета конструкций с несколькими степенями свободы следует применять приближенный метод расчета, известный как метод разложения колебаний диссипативной системы по собственным формам соответствующей консервативной системы. Диссипативные связи между формами не учитываются. Поглощение же энергии учитывается тем, что в дифференциальные уравнения, соответствующие каждой собственной частоте колебаний консервативной системы, вводится диссипативный член с коэффициентом потерь энергии, равным коэффициенту потерь исходной диссипативной системы на этой же частоте, т.е. все сводится к решению нескольких задач с одной степенью свободы и учетом диссипации энергии.

Изложенный метод является точным в случае определения параметров резонансных колебаний. Погрешность, например, определения амплитуд горизонтальных колебаний массивных фундаментов по этому методу может достигать 14 %, рамных – 17 % [5].

Погрешности метода касаются только изменения формы амплитудно-частотных характеристик вблизи резонанса и не влияют на величину резонансных колебаний, определяемых коэффициентом α_p .

Рассматриваемый метод моделирования рассеивания энергии колебаний пригоден практически для всех встречающихся случаев расчета вибрации машиностроительных и строительных конструкций ЦБП, лесопильного и деревообрабатывающего оборудования и уже использован в сотнях успешно реализованных технических решений по виброзащите технологического оборудования целлюлозно-бумажных и деревообрабатывающих производств [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ананьев, И.В.* Колебания упругих систем в авиационных конструкциях и их демпфирование [Текст] / И.В. Ананьев, П.Г. Тимофеев. – М.: Машгиз, 1965. – 526 с.
2. Вибрация и шум технологических машин и оборудования лесного комплекса [Текст]: моногр. / А.А. Санников [и др.]. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2006. – 484 с.
3. *Писаренко, Г.С.* Обобщенная нелинейная модель упругого рассеяния энергии при колебаниях [Текст] / Г.С. Писаренко. – К.: Наук. думка, 1985. – 240 с.
4. *Сорокин, Е.С.* К теории внутреннего трения при колебаниях упругих систем [Текст] / Е.С. Сорокин. – М.: Госстройиздат, 1960.

5. *Сорокин, Е.С.* О погрешностях общеизвестного метода теории колебаний диссипативных систем в применении к неоднородному демпфированию [Текст] / Е.С. Сорокин // Строительная механика и расчет сооружений. – 1984. – № 2. – С. 29–34.
6. *Санников, А.А.* Пути снижения колебаний лесопильного оборудования [Текст] / А.А. Санников. – М.: Лесн. пром-сть, 1980. – 160 с.
7. *Цейтлин, А.И.* К теории внутреннего трения при колебаниях упругих систем [Текст] / А.И. Цейтлин // Строительная механика и расчет сооружений. – 1975. – №2.

Поступила 21.04.09

N.V. Kutsubina, A.A. Sannikov
Ural State Forest Engineering University

Simulation of Vibration Energy Dispersion in Machine-building Designs of PPI

A method of simulation of vibration energy dispersion in PPI designs is considered, based on the introduction of the coefficient of the dynamic vibration amplification under resonance α_{pt} into the formulae for calculation of inelastic resistances.

Keywords: vibrations, energy dispersion models, coefficient of dynamic vibration amplification under resonance.

УДК 661.728.82:542

А.Д. Ивахнов, К.Г. Боголицын, Т.Э. Скребец

Архангельский государственный технический университет

Ивахнов Артем Дмитриевич родился в 1985 г., окончил в 2007 г. Поморский государственный университет, аспирант кафедры теоретической и прикладной химии Архангельского государственного технического университета. Имеет 10 научных работ в области развития принципов «зеленой» химии в переработке растительной биомассы, сверхкритических флюидных технологий.
E-mail: ivahnov-tema@yandex.ru



Боголицын Константин Григорьевич родился в 1949 г., окончил в 1971 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор химических наук, профессор, директор Института экологических проблем Севера УрО РАН, заведующий кафедрой теоретической и прикладной химии Архангельского государственного технического университета, заслуженный деятель науки РФ, чл.-корр. РИА, академик МАНЭБ и РАИН, действительный член Международной академии лесных наук. Имеет около 450 научных работ в области развития фундаментальных принципов «зеленой» химии и разработки физико-химических основ процессов переработки древесины.
E-mail: bogolitsyn@agtu.ru



Скребец Татьяна Эдуардовна родилась в 1955 г., окончила в 1978 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат химических наук, доцент кафедры теоретической и прикладной химии Архангельского государственного технического университета. Имеет более 90 научных работ в области химии древесины и ее компонентов.
E-mail: t.skrebets@agtu.ru



ПОЛУЧЕНИЕ ВТОРИЧНОГО АЦЕТАТА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ПРЯМЫМ АЦЕТИЛИРОВАНИЕМ В СРЕДЕ СВЕРХКРИТИЧЕСКОГО ДИОКСИДА УГЛЕРОДА*

Показана возможность получения диацетата целлюлозы прямым ацетилизацией сульфатной и сульфитной целлюлозы уксусным ангидридом. Процесс ацетилирования характеризуется пониженным расходом уксусного ангидрида, отсутствием катализаторов, традиционных растворителя и разбавителя.

Ключевые слова: сверхкритические среды, целлюлоза, ацетилизирование, диацетат целлюлозы, уксусный ангидрид.

В последние годы среди производных целлюлозы все большее значение приобретает ацетилцеллюлоза. Негорючая ацетатная киноплёнка полностью вытеснила огнеопасную нитроцеллюлозную, увеличивается выпуск ацетатного этрола, ацетатных и триацетатных волокон. Ацетатное волокно, по сравнению с вискозным, имеет ряд несомненных преимуществ: улучшенный внешний вид (приближающийся к натуральному шелку), меньшая потеря прочности при намокании, лучшая эластичность, стойкость к дейст-

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 09-03-12310-ОФИ_М.

вию света и микроорганизмов. Изделия из ацетилцеллюлозного волокна практически не мнутся [1, 4].

Ацетилцеллюлозу в промышленности получают путем обработки активированной (действием уксусной кислотой) целлюлозы ацетилирующими смесями, состоящими из ацетилирующего агента, катализатора и растворителя или антирастворителя. Независимо от технологии на первой стадии процесса получают триацетат целлюлозы (содержание связанной уксусной кислоты около 62,5 %). Вторичный ацетат получают за счет частичного омыления триацетата до содержания связанной уксусной кислоты на уровне 54,0...56,0 %.

Технологически различают ацетилирование целлюлозы в гомогенных и гетерогенных условиях. При проведении гомогенного ацетилирования используют такие растворители, как уксусная кислота или метилхлорид, в которых не растворима целлюлоза, но хорошо растворимы триацетаты. Гетерогенное ацетилирование осуществляют в среде бензола, не являющегося растворителем целлюлозы и триацетата. При этом на 1 т целлюлозы расходуется 650 т уксусного ангидрида, 210 т уксусной кислоты, 545 т бензола и 0,02 т хлорной кислоты (катализатор) [1].

Устранение токсичных растворителей и снижение расхода ацетилирующего реагента – актуальные проблемы данного производства. Весьма перспективно прямое получение вторичного ацетата целлюлозы.

Использование общего подхода к описанию структуры лигноуглеводной матрицы и ее компонентов позволяет рассматривать применение СКФ-технологий (СКФ – сверхкритические флюиды) как перспективный метод переработки растительного сырья [2, 3, 6–8].

Таблица 1

Характеристика используемых образцов целлюлозы

Показатель	Значения показателя для целлюлозы	
	сульфатной	сульфитной
8* содержание α-целлюлозы, % от абс. сухой целлюлозы (а.с.ц.)	92,3±0,2	95,6±0,3
Степень делигнификации, ед. Каппа	0,5±0,1	0,2 ±0,1
Медное число	1,40	1,25
Степень полимеризации	1500	1250
Влажность, %	6,0±0,5	6,2 ±0,5

Цель данной работы – изучение возможности получения вторичного ацетата целлюлозы в среде сверхкритического диоксида углерода при отсутствии катализаторов и пониженном расходе уксусного ангидрида.

В качестве объекта исследования использовали сульфатную целлюлозу промышленной выработки, отбеленную в лабораторных условиях с применением перманганата калия, и сульфитную целлюлозу для химической переработки промышленной выработки Котласского ЦБК. Характеристики образцов целлюлозы приведены в табл. 1.

ИК-спектры исходных сульфатной и сульфитной целлюлозы записаны с использованием ИК-Фурье спектрометра IR Prestige-21 и представлены на рис. 1. Спектры имеют типичный для образцов целлюлозы вид, в области длин волн $\lambda = 3000 \dots 3600 \text{ см}^{-1}$ отмечена широкая полоса колебаний связи О-Н, а в области $800 \dots 1100 \text{ см}^{-1}$ – сложный пик, соответствующий колебаниям связи С-ОН.

Показатели качества определены по стандартным методикам.

Навеску абс. сухой целлюлозы массой 1 г помещали в автоклав вместимостью 10 мл (гидромодуль 10) и вводили 3 мл уксусного ангидрида. Автоклав заполняли диоксидом углерода при давлении 74 атм, прогревали его в течение 10 мин при температуре $100 \text{ }^\circ\text{C}$, после чего поднимали давление до 200 атм. Автоклав термостатировали при температуре $100 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение 120 мин. После сброса давления массу вымывали на воронку Бюхнера и промывали дистиллированной водой до нейтральной реакции среды.

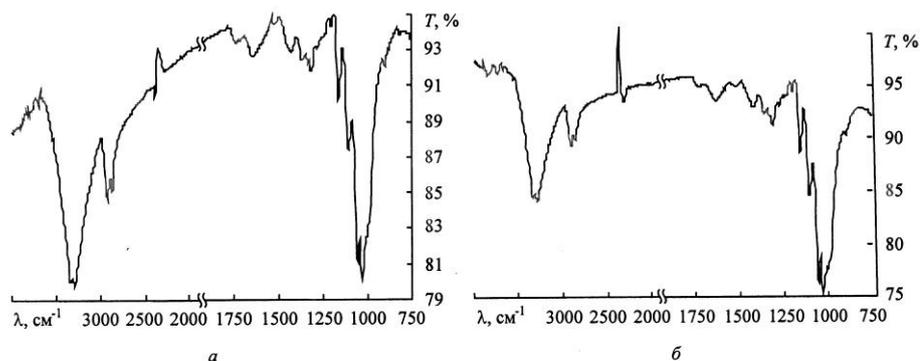


Рис. 1. ИК-спектры сульфатной (а) и сульфитной (б) целлюлозы

а 2

1. РЕЗУЛЬТАТЫ АЦЕТИЛИРОВАНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В СРЕДЕ CO_2

Показатель	Значение показателя для целлюлозы	
	сульфатной	сульфитной
Расход уксусного ангидрида, % об. от а.с.ц.	300 (600)	300 (600)
Выход препарата, % от исходной а.с.ц.	$210,3 \pm 0,2$	$223,2 \pm 0,3$
Содержание связанной уксусной кислоты, %	$53,4 \pm 0,3$	$55,2 \pm 0,3$
Непроацетилованный остаток, % от исходной а.с.ц.	$2,0 \pm 0,1$	0

Примечание. В скобках приведены данные для реализуемого в промышленности процесса.

Массу от пяти обработок усредняли и промывали ацетоном на воронке со стеклянным фильтром до прекращения растворения образца. Остаток на фильтре промывали метилхлоридом и после просушивания взвешивали для определения доли неацетилованной целлюлозы. Ацетоновый экстракт упаривали приблизительно до 30...40 мл и выливали в чашку Пет-

ри для испарения ацетона. В полученном ацетате в трех параллельных опытах определяли содержание связанной уксусной кислоты по стандартной методике [5].

Использование сверхкритического диоксида углерода позволило получить равномерно ацелированный продукт как из сульфатной, так и из сульфитной целлюлозы. Ацетоновые растворы ацетатов целлюлозы после высыхания образовали классические матовые пленки. Препарат из сульфатной целлюлозы имел более темную (бежевую) окраску, что связано с особенностями исходного сырья, а из сульфитной целлюлозы характеризовался высокой однородностью и белизной. Показатели качества полученных образцов и результаты проведения процесса приведены в табл. 2.

Анализируя данные, представленные в табл. 2, можно отметить факт соответствия выхода диацетата целлюлозы, полученного по предлагаемому нами способу, классическому способу. Небольшие отличия в содержании связанной уксусной кислоты могут быть объяснены несколько различной реакционной способностью сульфатной и сульфитной целлюлозы. Вероятно, различная реакционная способность препаратов послужила причиной неполного ацелирования сульфатной целлюлозы, что проявилось в наличии нерастворимого в ацетоне остатка, который не растворился в метилхлориде. Это позволяет отнести его к целлюлозе, а не к ее триацетату.

Наличие в составе макромолекул ацетильных групп подтверждается данными ИК-спектроскопии ацетатов сульфатной и сульфитной целлюлозы (рис. 2).

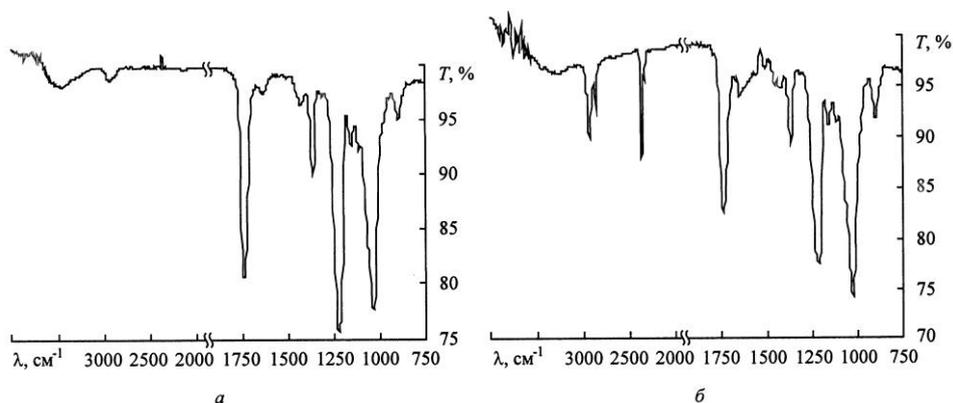


Рис. 2. ИК-спектры продуктов ацелирования сульфатной (а) и сульфитной (б) целлюлозы

В спектрах продуктов реакции (рис. 2), типичных для сложных вторичных эфиров целлюлозы и уксусной кислоты, появляется сильная полоса поглощения при $\lambda = 1750 \text{ см}^{-1}$, характерная для эфиров уксусной кислоты и отсутствующая в спектрах исходных препаратов (см. рис. 1). Одновремен-

ное ослабление поглощения при $\lambda = 3000 \dots 3800 \text{ см}^{-1}$ указывает на уменьшение содержания свободных гидроксильных групп. Таким образом, метод ИК-спектроскопии подтверждает данные химического анализа об образовании сложного эфира целлюлозы и уксусной кислоты.

Выводы

1. Наши исследования показали перспективность проведения ацетилирования целлюлозы в среде сверхкритического диоксида углерода, что позволяет осуществлять процесс без кислотного катализатора и при пониженном расходе ацетилирующего агента.
2. Получаемые препараты соответствуют диацетатам целлюлозы.
3. Результаты исследований можно использовать для создания способа получения ацетата целлюлозы с применением СКФ-технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Азаров, В.И.* Химия древесины и синтетических полимеров [Текст] / В.И. Азаров, А.В. Буров, А.В. Оболенская. – СПб.: СПбЛТА, 1999. – 628 с.
2. *Боголицын, К.Г.* Перспективы применения сверхкритических флюидных технологий в химии растительного сырья [Текст] / К.Г. Боголицын // Сверхкритические флюиды: теория и практика. – 2007. – Т.2, № 1. – С. 16–27.
3. *Ивахнов, А.Д.* Окислительная делигнификация древесины в среде сверхкритического углекислого газа. 1. Обработка еловой древесины с использованием пероксида водорода [Текст] / А.Д. Ивахнов, К.Г. Боголицын, Т.Э. Скребец // Сверхкритические флюиды: теория и практика. – 2008. – Т. 3, № 4. – С. 45–51.
4. *Костров, Ю.А.* Производство ацетилцеллюлозного волокна [Текст] / Ю.А. Костров. – М.: Высш. шк., 1966. – 71 с.
5. Практические работы по химии древесины и целлюлозы [Текст] / А.В. Оболенская [и др.]. – М.: Лесн. пром-сть, 1965. – 410 с.
6. Физическая химия лигнина [Текст] / К.Г. Боголицын [и др.] // Архангельск: АГТУ, 2009. – 489 с.
7. Pat. U.S. 5,009,746. Method for removing stickiest from secondary fibers using supercritical CO₂ solvent extraction [Text] / S.U. Hossain, C.A. Blaney. – 1991.
8. Pat. U.S. 5,512,231. Processing cellulose acetate formed articles using supercritical fluid [Text] / M.C. Thies, N.E. Anidobe, G.A. Serad. – 1996.

Поступила 26.10.09

A.D. Ivakhnov, K.G. Bogolitsyn, T.E. Skrebets
Arkhangelsk State Technical University

Getting Secondary Cellulose Acetate by Direct Acetylation in Medium of Supercritical Carbon Dioxide

The possibility of producing cellulose diacetate by direct acetylation of sulfate and sulfite pulp with acetic anhydride is demonstrated. The acetylation process is characterized by the low consumption of acetic anhydride, absence of catalysts, traditional solvent and diluting agents.

Keywords: supercritical media, cellulose, acetylation, diacetate of cellulose, acetic anhydride.

УДК 577.158:628.336.356

П.А. Тупин, Д.Г. Чухчин, Е.В. Новожилов, О.М. Соколов

Архангельский государственный технический университет

Тупин Павел Алексеевич родился в 1984 г., окончил в 2005 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры биотехнологии, инженер отделения гемодиализа ФГУЗ ЦМСЧ № 58 ФМБА. Имеет 2 печатные работы в области биотехнологии в ЦБП, радиоэлектроники и программирования.
E-mail: tra@atnet.ru



Чухчин Дмитрий Германович родился в 1971 г., окончил в 1993 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры биотехнологии Архангельского государственного технического университета. Имеет более 80 печатных работ в области химической переработки древесины.
E-mail: dimatsch@mail.ru



Новожилов Евгений Всеволодович родился в 1950 г., окончил в 1972 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры биотехнологии Архангельского государственного технического университета, чл.-корреспондент РАЕН, лауреат премии им. М.В. Ломоносова. Имеет около 150 научных трудов в области технологии комплексной переработки сульфитных и сульфатных щелоков, ферментных технологий в химической переработке древесины, технологий очистки сточных вод.
E-mail: biotech@agtu.ru



РАЗРАБОТКА НОВОГО МЕТОДА ОЦЕНКИ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ АКТИВНОГО ИЛА*

Предложена усовершенствованная методика определения дегидрогеназной активности ферментов активного ила на специально созданной автоматизированной лабораторной установке.

Ключевые слова: автоматический контроль, активный ил, дегидрогеназы, микроорганизмы, окислительная активность.

Способность микроорганизмов разрушать органические загрязнения воды определяется концентрацией и активностью их ферментов. Известно шесть очень важных для очистки воды классов ферментов: оксиредуктазы, трансферазы, гидролазы, лиазы, изомеразы, лигазы. Основная роль принадлежит оксиредуктазам, осуществляющим первые этапы разрушения сложных соединений сточных вод (продуктов деструкции лигнина и углеводов) до более простых веществ, которые затем подвергаются разложению с помощью других ферментов.

Из оксиредуктаз наиболее распространены дегидрогеназы.

*Работа выполнена по заданию Федерального агентства по образованию на проведение научных исследований по тематическому плану НИР АГТУ №1.3.06.4.

Например, для фенольных веществ такими ферментами являются лакказы. Под их воздействием происходит окисление субстрата (загрязнения), которое обязательно сопровождается восстановлением какого-либо соединения, т. е. реакция относится к окислительно-восстановительным [3].

Известная методика определения дегидрогеназной активности микроорганизмов основана на следующем: трифенилтетразолийхлорид (ТТХ), бесцветный в растворе, под воздействием дегидрогеназ бактериальных клеток превращается в нерастворимый в воде трифенилформазан красного цвета. Чем интенсивнее красный цвет исследуемой пробы, тем выше деструкция загрязнений в сточной воде и эффективнее очистка [2]. Дегидрогеназную активность выражают в миллиграммах восстановленного трифенилформазана на 1 г сухого или беззольного вещества ила (удельная активность) или на 1 л иловой смеси (общая активность).

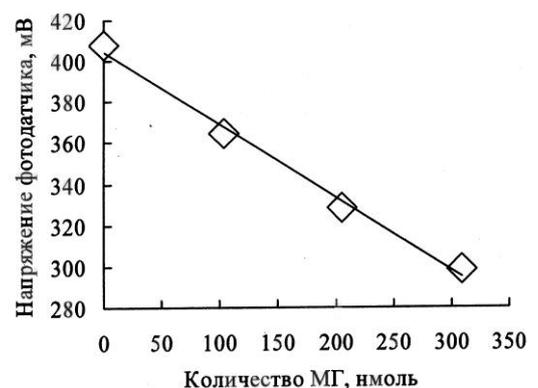
Эта методика имеет существенные недостатки: многостадийность, длительность и трудоемкость. Она включает применение нескольких реагентов, добавляемых на разных этапах процесса, три стадии центрифугирования, выдерживание около 1 ч в термостате и 20...30 мин перед фотометрированием.

Условия выполнения анализа не позволяют обеспечить высокую воспроизводимость результатов. В случае нелинейности процесса одно и то же количество ТТХ может быть восстановлено с помощью разного количества фермента. Концентрация индуцибельных дегидрогеназ в живой клетке может существенно изменяться за довольно короткое время (10...15 мин) [4]. С одной стороны, возможно увеличение количества дегидрогеназ за счет транскрипции и трансляции соответствующих генов, а с другой стороны, содержание дегидрогеназ может уменьшаться за счет действия протеаз. Из-за большой длительности определения эта методика не может быть использована для проведения экспрессных анализов.

Задачей данного исследования является разработка методики определения дегидрогеназной активности ила, в которой устранены недостатки существующей методики. Она основана на измерении скорости восстановления метиленового голубого (МГ) при окислительно-восстановительной реакции, катализируемой ферментами.

МГ, выбранный в качестве акцептора водорода, имеет высокую оптическую плотность при окислении и практически бесцветен в восстановленном состоянии, хорошо растворим в воде, свободно проникает в клетки микроорганизмов и удаляется из них, малотоксичен. Кроме того, если измерения проводить при длине волны 660 нм (максимум поглощения МГ), то снижается влияние дифракции на оптическую плотность отдельных микроорганизмов и фрагментов примесей.

Анализ проводят в специально изготовленной ячейке, устройство которой позволяет измерять температуру и оптическую плотность пробы, производить



перемешивание, избегая попадания кислорода в ячейку. Блок определения оптической плотности устроен так, что светодиод и фотодатчик смонтированы в одной трубке и разделены непрозрачной перегородкой, чтобы свет от светодиода попадал на фотодатчик, отразившись от латунной сетки. Сетка предназначена не только для отражения света, но и для предотвращения попадания крупных иловых частиц в область измерения оптической плотности. Для термостатирования ячейки использовали элемент Пельтье с воздушным теплоотводом, который, в зависимости от полярности питающего напряжения, может работать и как нагреватель, и как холодильник.

Для калибровки ячейки строили график зависимости показаний фотодатчика от количества МГ, аппроксимировали по линейной зависимости и рассчитывали тангенс угла наклона касательной к оси абсцисс (рис. 1), значение которого использовали для определения активности ила.

Для анализов отбирали активный ил из аэротенков второй ступени станции биологической очистки сточных вод Архангельского ЦБК. Реакционную смесь готовили в стакане на 100 мл, куда вносили 60 мл дистиллированной воды, определенное количество суспензии ила (1...2 мл) и 1 мл 10 %-го раствора глюкозы. В стакан опускали измерительную ячейку таким образом, чтобы внутри ограничивающей сетки отсутствовал воздух. Доводили объем воды в стакане до метки и после этого включали светодиод и мешалку. Помещали стакан в термостат и устанавливали требуемую температуру. После термостабилизации ячейки и стабилизации показаний фотодатчика (рис. 2, зона I) с помощью дозатора вводили 50 мкл 0,2 %-го раствора МГ. При этом показания прибора резко снижались, а затем за счет сорбции на поверхности зооглея активного ила немного повышались (рис. 2, зона II). При избытке субстрата и акцептора водорода реакция характеризуется линейной зависимостью и определяется только концентрацией и активностью дегидрогеназ (рис. 2, зона III). Как правило, исследовали кинетику реакции в течение 300 с, пока процесс не становился нелинейным (рис. 2, зона IV).

По полученным в зоне III данным определяли тангенс угла наклона прямой линии, по которому рассчитывали активность ферментов

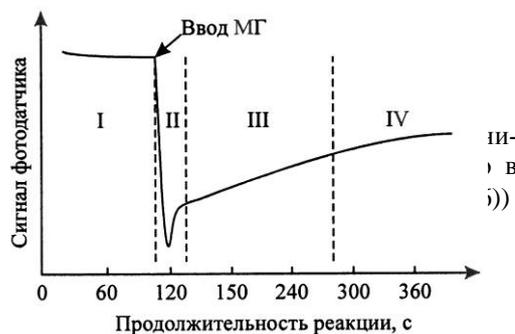


Рис. 2. Динамика изменения показаний прибора во времени при добавлении МГ к суспензии активного ила



иловой жидкости (нмоль/мин·мл). Пример приведен на рис. 3.

Активность дегидрогеназ значительно изменяется при хранении суспензии ила. По этой причине трудно добиться воспроизводимости экспериментов при использовании ила из одной и той же пробы в течение продолжительного времени (рис. 4, *a*).

Одним из объяснений возрастания активности фермента является продолжение генной экспрессии дегидрогеназных оперонов при наличии остатка необходимого субстрата. По мере расходования субстрата гены, отвечающие за кодирование синтеза дегидрогеназ, блокируются, и концентрация ферментов снижается.

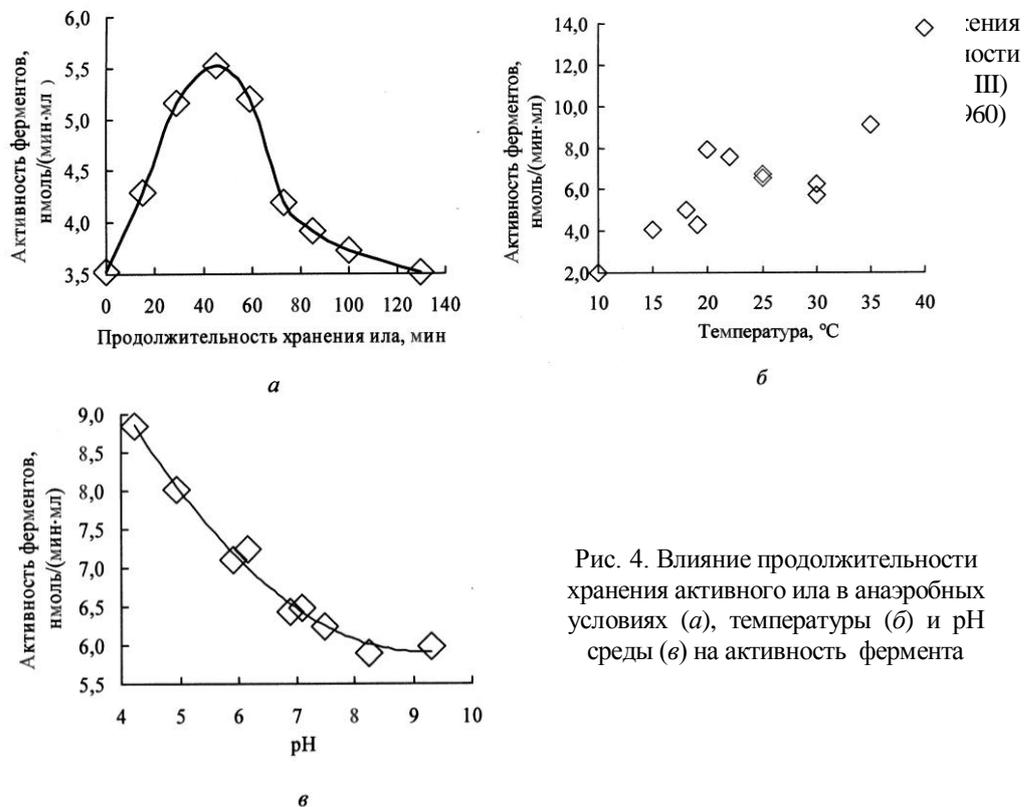


Рис. 4. Влияние продолжительности хранения активного ила в анаэробных условиях (*a*), температуры (*б*) и pH среды (*в*) на активность фермента

При использовании однотипно отобранных проб ила относительная ошибка для параллельных определений активности составила 3,8 %.

Наиболее важными факторами, влияющими на развитие и жизнеспособность активного ила, а также качество биологической очистки, являются температура, наличие питательных веществ, содержание растворенного кислорода в иловой смеси, значение pH и присутствие токсинов [1].

Зависимость дегидрогеназной активности ила от температуры определяли в интервале от 10 до 40 °C (рис. 4, *б*). Установлено, что скорость

химической реакции закономерно возрастает с ростом температуры. В связи с тем, что катализатором является фермент, наблюдается некоторый максимум активности около 20 °С.

Как видно из рис. 4, в, для дегидрогеназ ила активность снижается при $\text{pH} > 7$.

Зависимость дегидрогеназной активности от наличия токсичных веществ иллюстрируют следующие примеры. Фенол концентрацией 0,2 % и формалин концентрацией 0,13 % не влияют на активность дегидрогеназ. Под действием додецилсульфата натрия концентрацией 0,05 % активность фермента становится нулевой. Все приведенные вещества в используемых концентрациях летальны для микроорганизмов.

Для определения места локализации дегидрогеназ были отделены на центрифуге микроорганизмы ила от надыловой жидкости. Выявлено, что ферменты локализованы внутри клеток ила, так как в фугате дегидрогеназная активность не обнаружена, а активности осадка и исходной иловой суспензии совпадают.

Метод определения активности дегидрогеназ является экспрессным и наряду с контролем остальных показателей качества очистки загрязненных вод позволяет быстро реагировать на нарушение биохимических процессов ассоциатов микроорганизмов и принимать меры для нормализации процесса.

С помощью данного метода можно определить ряд параметров (температура, pH), при которых активность ферментов активного ила наибольшая, что делает очистку сточных вод эффективнее. Также можно определить влияние различных токсичных веществ на активность дегидрогеназ и в режиме экспресс-анализа обнаружить живые активно функционирующие микроорганизмы в мутных и сильно загрязненных производственных средах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жмур, Н.С. Управление процессом и контроль результата очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками [Текст] / Н.С. Жмур. – М.: Луч, 1997. – 172 с.
2. Методические рекомендации по определению дегидрогеназной активности при технологическом контроле за работой аэротенков [Текст]. – Москва: Минво жилищно-коммунального хоз-ва РСФСР, Академия коммунального хоз-ва им. К.Д. Памфилова, 1978.
3. О применении экспресс-метода для контроля работы биологических очистных сооружений [Электронный ресурс]: тез. докл. – 2003. – Режим доступа: http://www.energo-resurs.ru/eg_tezis_2003_13.htm.
4. Шлегель, Г. Общая микробиология [Текст]: учеб. для вузов [пер. с нем.] / Г. Шлегель. – М.: Мир, 1987. – 567 с.

Поступила 22.06.09

P.A. Tupin, D.G. Chukhchin, A.V. Novozhilov, O.M. Sokolov
Arkhangelsk State Technical University

Development of New Assessment Method for Enzymatic Oxidative Capacity of Activated Sludge

The improved technique for determining the dehydrogenase activity of activated sludge enzymes on a specially developed automated installation is suggested.

Keywords: automatic control, activated sludge, dehydrogenases, microorganisms, oxidative activity.

УДК 676.2.052.

Е.Г. Смирнова

С.-Петербургская государственная лесотехническая академия

Смирнова Екатерина Григорьевна родилась в 1961 г., окончила Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат технических наук, доцент кафедры целлюлозно-бумажного производства С.-Петербургской государственной лесотехнической академии. Имеет более 25 научных публикаций.
E-mail: smirnovaLTA@gmail.com



ВОЗДЕЙСТВИЕ СТАРЕНИЯ НА СТРУКТУРУ БУМАГИ И СОСТАВЛЯЮЩИХ ЕЕ ВОЛОКОН

Установлено, что в процессе ускоренного старения происходит изменение субмикроскопической структуры, размеров и формы волокон, а также пористости бумаги из различных видов целлюлозы.

Ключевые слова: целлюлоза, фракционный состав, общий объем субмикроскопических капилляров, пористость, тепловлажное старение.

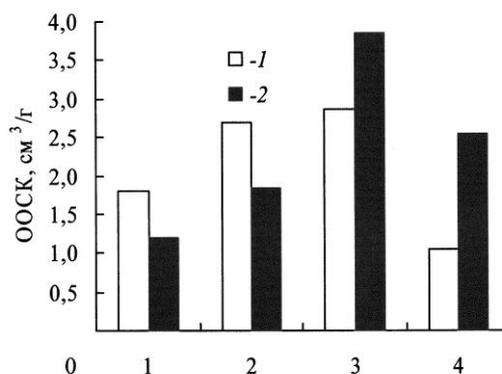
Большинство видов бумаги представляет собой композиционный материал, имеющий сложную капиллярно-пористую структуру, зависящую от вида и свойств составляющих ее волокон. Структура, форма и размеры волокон, а также их взаимное пространственное расположение определяют особенности структуры бумаги, ее механические и деформационные свойства [3, 4]. Изучение изменения структуры и размеров волокон в процессе старения важно не только для производства долговечных видов бумаги, но и для прогнозирования сохранности свойств волокон при повторном использовании.

Цель нашей работы – исследовать изменение субмикроскопической структуры, размеров и формы волокон, а также пористости бумаги в процессе ускоренного старения. Для этого в лабораторных условиях изготавливали образцы бумаги из сульфатной беленой хвойной и лиственной целлюлозы и их смеси, а также из сульфитной беленой хвойной целлюлозы. Перед отливом образцы целлюлозы размалывали в лабораторном ролле до степени помола 35 °ШР и получали бумагу массой 1 м² 80 г на листоотливном аппарате Рапид-Кеттен.

Процесс естественного старения является длительным, поэтому для определения устойчивости во времени составляющих бумагу волокон и ее свойств используют методы искусственного старения. В данном исследовании применяли метод тепловлажного старения в камере ТАВАІ (температура 80 °С, относительная влажность 65 %). Трое суток старения в этих условиях приравняются к 25 годам естественного старения.

Общий объем субмикроскопических капилляров (ООСК) у составляющих бумагу волокон определяли методом измерения так называемой недоступной для полимера воды [2, 5]. В качестве полимера использовали

Рис. 1. Изменение ООСК в процессе старения бумаги: 1 – через 0 сут, 2 – через 12 сут (1 – сульфатная беленая хвойная целлюлоза; 2 – то же лиственничная; 3 – смесь сульфатной белой хвойной (40 %) и лиственничной (60 %) целлюлозы; 4 – сульфатная беленая целлюлоза)



полиэтиленгликоль с молекулярной массой 40 000. Определение углов изломов и размеров волокон, средней длины сегмента, фракционного состава по длине и ширине волокон, а также числа и площади сосудов в образцах, содержащих лиственничную целлюлозу, осуществляли на приборе Faber-Tester LDW-STSI. Фактор формы рассчитывали как отношение проекционной длины волокна к истинной длине волокна и выражали в процентах. Удельную поверхность пор бумаги определяли порометрическим методом по трем точкам монослоя на приборе NOVA 2000. Величину pH бумаги измеряли с помощью плоского стеклянного электрода контактным способом в одной капле воды.

Как видно из рис. 1, определение ООСК у составляющих бумагу волокон до старения позволило расположить их в следующем порядке по мере убывания: сульфатная лиственничная – сульфатная хвойная – сульфитная хвойная. После старения порядок изменился и выглядел следующим образом: сульфитная хвойная – сульфатная лиственничная – сульфатная хвойная. ООСК волокна сульфатной целлюлозы в процессе старения снизился почти в 1,5 раза, а волокна сульфитной целлюлозы, наоборот, увеличился в 2,5 раза. Уменьшение ООСК у волокон двух видов сульфатной целлюлозы, вероятно, связано с отмеченным набуханием волокон в начале процесса тепловлажного старения и последующей достаточно глубокой контракцией оболочек волокон. Косвенно об этом свидетельствует уменьшение размеров волокон по окончании старения (см. таблицу).

Волокна сульфитной целлюлозы отличаются более легкой набухаемостью во влажной среде и содержат больше способных гидролизиться в условиях старения гемицеллюлоз. Эти два процесса значительно увеличивают ООСК, что в свою очередь способствует проникновению кислорода в клеточные оболочки волокон, образованию карбоксильных групп и повышению кислотности бумаги (pH бумаги понижается от 6,3 до 5,7), и, как следствие, уменьшают прочность и гибкость индивидуальных волокон. Для бумаги, изготовленной из двух видов сульфатной целлюлозы, величина pH в процессе старения изменялась незначительно, сохраняясь в пределах 6,3...6,5.

Представленный на рис. 2, фракционный состав по длине волокон у образцов бумаги из сульфатной хвойной целлюлозы свидетельствует о тенденции к снижению длины волокна при старении. Средняя длина волокон сульфатной хвойной целлюлозы уменьшается на 2,0 %, ширина – на 3,7 %.

Результаты анализа волокон в бумаге на приборе Faber-Tester

Показатель	Значение показателя для волокон беленой сульфатной целлюлозы		
	хвойной	лиственной	смесь (40 % хвойной + 60 % лиственной)
Число исследованных волокон, шт.	12 127/10 105	20 078/20 117	-/20 025
Средняя длина волокон, мм	1,869/1,833	0,849/0,843	-/0,976
« ширина «, мкм	24,1/23,2	19,5/19,0	-/19,9
Содержание мелочи (длина > 0,2 мм), %	6,0/6,2	7,3/7,2	-/8,3
Средний фактор формы, %	86,6/86,9	90,1/91,3	-/89,7
Число изломов на волокно	0,586/0,568	0,434/0,362	-/0,439
Число больших изломов (> 60°) на 1 мм	0,137/0,133	0,132/0,100	-/0,131
Средний угол излома, град	54,475/53,215	48,522/47,195	-/48,503
Средняя длина сегмента, мм	1,499/1,487	0,698/0,726	-/0,808
Число сосудов в образце, шт.	–	269/146	-/149
Число сосудов на 100 тыс. волокон, шт.	–	40/20	-/15
Средняя площадь сосудов, мкм ²	–	95185/112401	-/83113

Примечание. В числителе приведены данные до старения, в знаменателе – после него.

Локальные деформации (перегибы и морщины на волокнах) выражаются числом изломов. Слабые точки на волокне определяются числом больших изломов (угол перегиба больше 60°). Эти показатели у образцов из сульфатной хвойной и лиственной целлюлозы в процессе тепловлажного старения снижаются. По-видимому, вследствие набухания волокна частично теряют деформационное напряжение и начинают выпрямляться. При этом средний угол излома у образцов из хвойной и лиственной целлюлозы снижается одинаково, примерно на 1,3°. Средний угол излома волокон до и после старения оказался меньшим у волокон лиственной целлюлозы, что объясняется присутствием в ней, помимо либриформа, сосудов (см. таблицу).

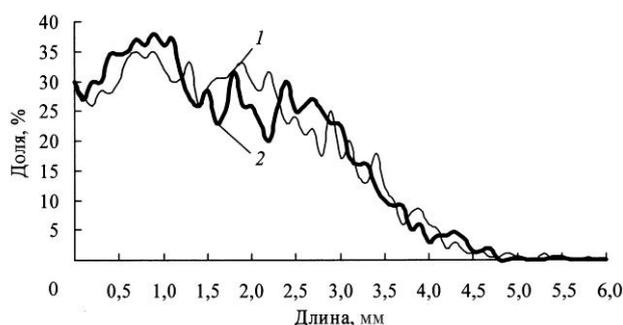


Рис. 2. Изменение длины волокон в образцах бумаги из сульфатной беленой хвойной целлюлозы в процессе тепловлажного старения: 1 – через 0 сут; 2 – через 12 сут

С числом изломов, как правило, коррелирует показатель среднего фактора формы, который определяется как отношение проекционной длины волокна к его истинной длине. Чем больше прямых волокон в образце, тем выше фактор формы. В процессе старения фактор формы в большей степени увеличивается у волокон лиственной целлюлозы, чем хвойной (соответственно на 1,3 и 0,4 %).

С учетом более сложного строения лиственной древесины, а следовательно, и получаемой из нее беленой сульфатной целлюлозы было определено число сосудов на 100 тыс. волокон и их средняя площадь до и после старения. Сосуды, или трахеи, – специализированные водопроводящие элементы лиственной древесины – образованы за счет соединения в продольном направлении широких коротких клеток (члеников сосудов) и редукции или полного упразднения разделяющих их перегородок [1]. Оказалось, что число сосудов в процессе старения бумаги из сульфатной беленой лиственной целлюлозы уменьшилось в 2 раза (от 40 до 20), а их площадь увеличилась на 18 % (от 95 000 до 112 500 мкм²). Таким образом, в процессе старения разрушилась значительная часть мелких сосудов (см. таблицу), что способствовало как снижению числа изломов на волокно и больших изломов на 1 мм, так и повышению средней длины сегмента волокон при старении бумаги из лиственной целлюлозы.

Большинство видов бумаги представляют собой композиты, состоящие из различных полуфабрикатов. Как с технологической, так и экономической точек зрения целесообразна замена части хвойной целлюлозы в бумаге на лиственную. Двухкомпонентный состав бумаги существенно изменяет ее структуру, что может повлиять на состояние составляющих ее волокон и процесс старения.

Обнаружено, что до старения ООСК у волокон бумаги, изготовленной из смеси 60 % лиственной и 40 % хвойной сульфатной беленой целлюлозы, оказался близок к образцу бумаги из 100 % лиственной целлюлозы (см. рис. 1). После старения ООСК у волокон данного образца бумаги увеличился более, чем в 1,3 раза, тогда как при старении бумаги, изготовленной из отдельных видов этих волокон, ООСК имеет тенденцию к снижению. Повышение ООСК можно объяснить образованием более компактной, но менее устойчивой структуры композита, что обеспечивает волокнам большую подвижность при набухании и соответственно рост ООСК. Как видно из таблицы, большинство показателей волокон в бумаге-композите близки к показателям волокон в бумаге из лиственной целлюлозы. Однако средняя площадь сосудов в бумаге-композите существенно ниже, чем в бумаге, изготовленной из беленой сульфатной лиственной целлюлозы, что свидетельствует о сохранении мелких сосудов при старении.

При определении удельной поверхности пор в бумаге учитывается удельная поверхность как макро- (промежутки между волокнами), так и микропор (поры в волокнах) [3]. В процессе старения удельная поверхность пор в образцах бумаги из сульфатной хвойной целлюлозы увеличивается на 21 %, из лиственной – на 47 %. Это происходит вследствие изменения

размеров волокон по длине и ширине, уменьшения общего объема субкапилляров, а для бумаги из лиственной целлюлозы еще и в результате разрушения мелких сосудов. Известно, что бумага из смеси волокон целлюлозы из хвойной и лиственной древесины обладает более плотной структурой и меньшей пористостью. По завершении процесса старения пористость образца бумаги из смеси волокон оказалась в 4,5 раза меньше, чем из сульфатной хвойной целлюлозы, и в 3,4 раза меньше, чем из лиственной целлюлозы.

Выводы

1. В условиях ускоренного тепловлажного старения структура бумаги и составляющих ее волокон подвержена существенным изменениям. ООСК у волокон бленой сульфатной хвойной и лиственной целлюлозы заметно понижается (в 1,5 раза). При этом пористость бумаги из хвойной целлюлозы возрастает на 21 %, из лиственной – на 47 %. У волокон бленой сульфитной хвойной целлюлозы ООСК увеличивается в процессе старения в 2,5 раза.

2. Более высокая пористость бумаги из бленой сульфатной лиственной целлюлозы по сравнению с бумагой из хвойной целлюлозы объясняется разрушением мелких сосудов, о чем свидетельствует уменьшение количества сосудов в бумаге после старения в 2 раза при увеличении их площади на 18 %.

3. В процессе старения бумаги волокна бленой сульфатной хвойной и лиственной целлюлозы частично распрямляются за счет снятия деформационных напряжений. Об этом свидетельствует уменьшение угла изломов, количества больших изломов и изломов на волокно, а также увеличение среднего фактора формы.

4. Фракционный состав волокон по длине и ширине в бумаге из бленой сульфатной лиственной целлюлозы подвержен меньшему изменению, чем из хвойной целлюлозы. Средняя длина волокон в бумаге из хвойной целлюлозы уменьшается на 2,0 %, ширина – на 3,7 %, в бумаге из лиственной целлюлозы – соответственно на 0,7 и 2,6 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рабинович, М.Л. Теоретические основы биотехнологии древесных композитов. Кн. 1 [Текст] / М.Л. Рабинович, А.В. Болобова, В.И. Кондращенко. – М.: Наука, 2001. – 263 с.
2. Трейманис, А.П., Громов В.С., Кампусе А.А. Химия древесины. – 1975. – № 4. – С. 22.
3. Фляте, Д.М. Свойства бумаги [Текст] / Д.М. Фляте. – М.: Лесн. пром-сть, 1976. – 680 с.
4. Фролов, М.В. Структурная механика бумаги [Текст] / М.В. Фролов. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 267 с.
5. Stone, J.E., Scallan A.M. Technical Repot. – 1967. – N 528. – 32 p.

Поступила 27.01.09

E.G. Smirnova

Saint-Petersburg State Forest Technical Academy

Aging Effect on Paper Structure and Constituent Fibers

It is established that change of submicroscopic structure, size and form of fibers occurs place in the process of accelerated ageing, as well as paper porosity from different paper types.

Keywords: pulp, fractional composition, total volume of submicroscopic capillaries, porosity, thermomoist ageing.

УДК 676.017.42

У.О. Цибульский, В.И. Комаров, Л.А. Миловидова, Т.А. Королева

Архангельский государственный технический университет

Комаров Валерий Иванович родился в 1946 г., окончил в 1969 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии целлюлозно-бумажного производства Архангельского государственного технического университета, заслуженный деятель науки РФ, почетный работник высшего профессионального образования РФ, член международного научного общества EUROMECH. Имеет более 400 печатных работ в области исследования свойств деформативности и прочности целлюлозно-бумажных материалов.

Тел.: (8182) 21-61-82



Миловидова Любовь Анатольевна родилась в 1946 г., окончила в 1970 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии ЦБП Архангельского государственного технического университета. Имеет более 60 печатных трудов в области производства беленых волокнистых полуфабрикатов.

Тел.: (8182) 65-00-92



Королева Татьяна Алексеевна родилась в 1974 г., окончила в 1996 г. Архангельский государственный технический университет, кандидат технических наук, ассистент кафедры технологии целлюлозно-бумажного производства АГТУ. Имеет 16 печатных работ в области исследования процессов отбелки целлюлозы.

Тел.: (8182) 65-00-92



ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ КИСЛОРОДНО-ЩЕЛОЧНОЙ ОБРАБОТКИ НА ДЕФОРМАЦИОННЫЕ И ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Исследовано влияние условий кислородно-щелочной обработки на характеристики прочности целлюлозы. Установлено что ужесточение условий КЩО лиственной сульфатной целлюлозы не оказывает отрицательного влияния на величину разрывной длины и индекса прочности при растяжении, но существенно снижает сопротивление раздиранию; добавка диспергатора на стадию КЩО повышает сопротивление излому.

Ключевые слова: лиственная и хвойная целлюлозы, кислородно-щелочная обработка, характеристики прочности.

Кислородно-щелочная обработка (КЩО) целлюлозы в современной технологии производства бленой целлюлозы – неотъемлемая часть схемы отбелки. Основная цель КЩО – снижение числа Каппа перед отбелкой и, следовательно, снижение расхода белящих реагентов. В связи с этим эффективность обработки оценивают по изменению числа Каппа. Для сохранения на необходимом уровне значений вязкости и стандартных прочностных характеристик целлюлозы эффективность одноступенчатой КЩО для хвойной целлюлозы по снижению числа Каппа составляет не более 50 %. Для лиственной целлюлозы этот показатель еще ниже – 30...35 %. Ранее нами было

показано, что, изменяя условия КЩО и используя некоторые добавки [1, 2], при обработках лиственной целлюлозы можно достигнуть некоторого дополнительного снижения числа Каппа и поднять эффективность КЩО. В литературе не удалось обнаружить работ, в которых была бы дана комплексная оценка деформационных и прочностных характеристик целлюлозы после КЩО и влияния условий КЩО на эти характеристики. Однако эти сведения представляют несомненный интерес, поскольку позволяют в дальнейшем оптимизировать режим отбеливания для формирования требуемых свойств целлюлозы.

В соответствии с этим целью нашего исследования было проведение комплексной оценки влияния КЩО на прочностные свойства лиственной и хвойной сульфатной целлюлозы.

Общая характеристика образцов целлюлозы и условия КЩО представлены в табл. 1.

Для определения прочностных и деформационных характеристик целлюлозу размалывали до 30 °ШР, из нее изготовляли отливки массой 1 м² 75 г. При обработке хвойной целлюлозы (табл. 1, образцы 1, 2) число Каппа снизилось с 34 до 16 при одновременном уменьшении вязкости целлюлозы до 650 мл/г, т. е. на 13 %. При этом существенно возросли силы связи – более чем на 30 %. Такое изменение показателей свидетельствует о развитии процессов деструкции целлюлозы (снижение вязкости) и заметном окислении поверхности волокна (образование дополнительных водородных связей за счет групп СО= и СООН–).

Несмотря на существенный прирост межволоконных сил связи, для хвойной целлюлозы после КЩО несколько снизилась плотность отливки. В данном случае увеличение толщины отливки и снижение плотности может быть вызвано растворением мелочи в процессе обработки волокна.

Результаты определения нулевой разрывной длины свидетельствуют о том, что в выбранных условиях КЩО прочность волокна хвойной целлюлозы не меняется.

Образцы лиственной небеленой целлюлозы при меньших числах Каппа имели более высокую вязкость и меньшие межволоконные силы связи (образцы 3, 7). Кислородно-щелочная обработка лиственной целлюлозы (образцы 3, 4 и 7, 8) привела к снижению числа Каппа не более чем на 30 %. При этом снизилась вязкость целлюлозы и существенно возросли межволоконные силы связи. Следовательно, при КЩО как лиственной,

Таблица 1

Общая характеристика технической целлюлозы

Но- мер об- раз- ца	Характеристика образца целлюлозы	Условия кислородной обработки		Число Каппа χ	Вязкость η , мл/г	Плотность ρ , г/см ³	Межволоконные силы связи $F_{св}$, МПА	Нулевая разрывная длина L_0 , м
		Температу- ра, °С	Расход щелочи, кг/т					
Хвойная целлюлоза								
1	Небеленая	–	–	34,6	750	0,803	4,66	14 100
2	После КЩО	100	20	16,7	650	0,764	6,18	14 000
Лиственная целлюлоза I								
3	Небеленая	–	–	14,5	1 000	0,805	3,68	15 200
4	После КЩО	100	20	10,1	900	0,830	5,00	15 300
5	« «	115	20	8,6	800	0,844	5,34	14 400
6	« «	100	25	10,8	950	0,820	4,85	15 800
Лиственная целлюлоза II								
7	Небеленая	100	20	18,8	1 000	0,860	3,76	14 900
8	После КЩО	100	20	13,2	870	0,826	6,19	14 900
9	После КЩО с добавкой D3	100	20	12,5	910	0,855	8,67	14 800

так и хвойной целлюлозы происходит ее деструкция и окисление поверхности волокна. Прочность листового волокна, оцениваемая по величине нулевой разрывной длины, после КЩО не изменяется, как это отмечено и для хвойной целлюлозы. Однако, образец 3 листовой целлюлозы с более низким значением числа Каппа (14,5) имел более высокую нулевую разрывную длину, чем образец с числом Каппа 18,8. Причина этого, скорее всего, – более глубокое растворение низкомолекулярных фракций целлюлозы и гемицеллюлоз при варке более мягкого образца.

Кроме того, для образца листовой целлюлозы с числом Каппа 14,5, в отличие от хвойной целлюлозы, наблюдается повышение плотности отливки, т.е. на такие характеристики, как плотность и толщина отливки образца 3, в большей степени влияет увеличение межволоконных сил связи. У образца 7 листовой целлюлозы (число Каппа 18,8) происходит некоторое снижение плотности отливки. Возможное объяснение такого явления – более высокое содержание мелочи в этом образце и последующее ее растворение на стадии КЩО. Косвенно это подтверждается и большей плотностью небеленой целлюлозы с числом Каппа 18,8. При кислородной обработке листовой целлюлозы II усиливается процесс окисления, что подтверждено более высокими значениями межволоконных сил связи, чем для листовой целлюлозы I (образцы 4, 8).

Повышение температуры КЩО при обработке листовой целлюлозы до 115 °С (образцы 4, 5) привело к снижению числа Каппа, вязкости целлюлозы и нулевой разрывной длины. При этом возросла плотность отливки и межволоконные силы связи. Эти факты свидетельствуют об усилении процессов окисления волокна и деструкции целлюлозы. В то же время, как это было показано ранее [2], увеличение температуры КЩО повышает белимость листовой целлюлозы.

Увеличение расхода щелочи (образцы 4, 6) снижает плотность отливки и межволоконные силы связи по сравнению с контрольной пробой (образец 4) при сохранении на уровне контрольной пробы числа Каппа, вязкости и некотором повышении нулевой разрывной длины. Следовательно, увеличение расхода щелочи сопровождается усилением процесса растворения низкомолекулярных фракций целлюлозы, в результате возрастает нулевая разрывная длина.

Добавка на ступень КЩО диспергатора D3 (образец 9) привела к снижению числа Каппа при одновременном повышении вязкости целлюлозы и плотности отливки. В этом случае отмечен также максимальный прирост межволоконных сил связи, что хорошо согласуется с изменением плотности и толщины отливки. Положительное влияние добавки диспергатора может быть обусловлено повышением гидрофильности и гибкости волокон при дополнительном снижении содержания экстрактивных веществ, более интенсивном набухании волокна и лучшей доступности его для химических реагентов.

Изменение стандартных характеристик целлюлозы приведено в табл. 2. Как следует из представленных данных, кислородно-щелочная обработка хвойной целлюлозы заметно снижает разрывную длину и, соответственно, удельное сопротивление разрыву и индекс прочности при растяжении. Такие характеристики, как сопротивление раздиранию и сопротивление излому, остаются на прежнем уровне.

Подобный характер изменения стандартных показателей согласуется с данными табл. 1: снижение вязкости коррелирует со снижением разрывной длины, незначительное уменьшение плотности – с сохранением величины сопротивления раздиранию, сопротивление излому – с сохранением нулевой разрывной длины, т.е. прочности волокна.

Для образцов лиственной целлюлозы имеет место только снижение сопротивления раздиранию, причем оно составляет более 50 % (образцы 3, 4 и 7, 8). В целом такая вариация показателей также согласуется с данными табл. 1, а именно с изменением плотности отливки и нулевой разрывной длины.

Повышение как температуры КЩО, так и расхода щелочи не оказывает влияния на сопротивление раздиранию и индекс раздирания. Однако увеличение расхода щелочи приводит к повышению сопротивления излому, что совпадает с характером изменения нулевой разрывной длины. Следует также отметить, что после КЩО лиственной целлюлозы наблюдается некоторое увеличение разрывной длины и индекса прочности при растяжении, что согласуется с ростом межволоконных сил связи.

При проведении КЩО с добавкой диспергатора (образец 9) происходит увеличение сопротивления излому. Наиболее вероятное объяснение – повышение гибкости и способности к набуханию волокна с ростом его гидрофильности, как уже отмечалось выше. Снижение числа Каппа в этом случае обеспечивает уменьшение расхода белящих реагентов при сохранении белимости целлюлозы на уровне контрольной пробы (образец 7) [2].

Таким образом, одноступенчатая кислородно-щелочная обработка хвойной и лиственной целлюлозы приводит к развитию процессов окисления и деструкции волокна, что выражается в увеличении межволоконных сил связи и снижении вязкости.

Для хвойной целлюлозы развитие процессов деструкции снижает разрывную длину (индекс прочности при растяжении) при соответствующем уменьшении вязкости без изменения сопротивления раздиранию (индекс раздирания) и сопротивления излому.

Для лиственной целлюлозы развитие процессов деструкции способствует снижению сопротивления раздиранию (индекс раздирания) при соответствующем повышении плотности образцов без заметного уменьшения разрывной длины (индекс прочности при растяжении) и сопротивления излому.

Повышение температуры кислородно-щелочной обработки лиственной целлюлозы обеспечивает максимальное снижение числа Каппа (эффективность 41 %), не оказывая отрицательного влияния на остальные характеристики целлюлозы.

Таблица 2

Стандартные характеристики технической целлюлозы

Номер образца	Характеристика образца целлюлозы	Толщина отливки δ , мкм	Сопротивление раздиранию R , мН		Индекс раздиранья, мН/г	Разрывная длина L , м	Удельное сопротивление разрыву, Н/мм	Индекс прочности при растяжении, Н/м ²	Сопротивление излому N , ч.д.п.
			абсолютное	относительное					
Хвойная целлюлоза									
1	Небеленая	95,0	1 200	1 500	15,8	11 200	8,52	113,7	700
2	После КЩО	96,6	1 200	1 500	15,7	9 800	7,25	96,7	680
Лиственная целлюлоза I									
3	Небеленая	94,4	1 235	1 600	16,4	9 100	6,93	92,4	410
4	После КЩО	95,6	500	650	6,7	8 900	7,20	96,0	400
5	« «	84,6	530	707	7,0	10 000	7,51	100,1	440
6	« «	92,2	500	650	6,7	9 400	7,24	96,5	560
Лиственная целлюлоза II									
7	Небеленая	85,5	1 212	1 576	16,2	9 000	6,55	87,3	400
8	После КЩО	89,4	760	982	10,1	9 900	7,33	97,7	400
9	После КЩО с добавкой D3	88,4	530	690	7,1	9 800	7,37	98,3	520

Добавка диспергатора на стадию КЩО при обработках лиственной целлюлозы дает максимальный прирост межволоконных сил связи и повышение плотности при соответствующем снижении индекса раздиранья, она также повышает набухание и гибкость волокна, что сопровождается увеличением сопротивления излому.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Влияние условий кислородно-щелочных обработок на показатели лиственной и хвойной целлюлозы [Текст] / У.О. Цибульский [и др.] // Целлюлоза, бумага, картон. – 2009. – № 9. – С.44–46.

2. Использование диспергаторов при кислородно-щелочной обработке лиственной и хвойной целлюлозы [Текст] / У.О. Цибульский [и др.] // Целлюлоза, бумага, картон. – 2009. – № 10. – С. 48–50.

Поступила 17.03.10

U. Cibulski, V.I. Komarov, L.A. Milovidova, T.A. Koroleva
Arkhangelsk State Technical University

Influence of Conditions of Oxygen Delignification on Deformation and Strength Properties of Sulphate Pulp

The influence of the conditions of oxygen-alkali treatment on pulp strength properties is investigated. It is established that toughening of oxygen-alkali treatment conditions of softwood sulphate pulp has no negative impact on the breaking length value and strength index under tension but results in considerable reduction of tear resistance; addition of disperser at the stage of oxygen-alkali treatment increases the breaking strength.

Keywords: hardwood and softwood pulp, oxygen-alkali treatment, strength properties.

УДК 674.815-41

А.А. Леонович, А.А. Рабыш

С.-Петербургская государственная лесотехническая академия

Леонович Адольф Ануфриевич родился в 1937 г., окончил в 1960 г. Ленинградскую государственную лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы, заслуженный деятель науки РФ, заведующий кафедрой технологии древесных композиционных материалов С.-Петербургской государственной лесотехнической академии. Имеет более 450 статей в области древесноплитного производства, механизмов образования древесных плит, снижения горючести целлюлозосодержащих материалов.
E-mail: wood-plast@mail.ru



Рабыш Александр Александрович родился в 1985 г., окончил в 2008 г. С.-Петербургскую государственную лесотехническую академию, аспирант кафедры технологии древесных композиционных материалов СПбГЛТА. Имеет 4 печатные работы в области древесноплитного производства.
E-mail: scienceman@bk.ru, aw01@bk.ru

ПРИЧИНЫ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ВЛИЯНИЯ ХРОМОМЕДНОГО АНТИСЕПТИКА НА СВОЙСТВА ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

Изучены поверхностные и кислотно-основные свойства антисептированных древесных частиц; предложен аналитический расчет необходимого количества отвердителя карбамидоформальдегидного связующего в присутствии антисептика и определены соответствующие эмпирические коэффициенты.

Ключевые слова: антисептик, древесностружечные плиты, адгезия, карбамидоформальдегидное связующее, кислотно-основные свойства, смачиваемость.

Группировка хром–медь (ХМ) входит в рецептуру многих антисептиков для биозащиты лесо- и пиломатериалов [2]. Специфика изготовления биостойких древесностружечных плит (ДСП-б) состоит в том, что антисептик вводится в измельченные древесные частицы и участвует в образовании плиты при горячем прессовании, отрицательно влияя на условия склеивания ее структурных элементов. Попытки биозащиты ДСП осуществлены авторами ряда работ; систематические исследования опубликованы в работе [4], где дополнительно использовали борную кислоту и тетраборат натрия. Соединения бора, будучи не закрепленными в структуре древесины химически, могут вымываться в условиях эксплуатации, обуславливая расконсервирование материала.

В качестве антисептика был выбран ХМ-11, представляющий собой дихромат калия $K_2Cr_2O_7$ (ДХК) и сульфат меди $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (СМ) в соотношении 1:1 по массе, который вводили в древесные частицы в количестве 4 мас. % от абс. сух. частиц. Для раскрытия возможных причин, снижающих качество плит, вначале рассматривали превращения компонентов антисептика в условиях изготовления плиты. В частности, изучено поведение ХМ-11 при сушке (конечная температура 105 °С) и в процессе горячего пресс-

сования при двух температурах: 140 °С – среднеинтегральная температура массы всего наружного слоя трехслойных плит при температуре греющих плит пресса 200 °С; 105 °С – температура внутреннего слоя. Изучали поверхностные свойства древесных частиц для оценки адгезии к ним карбамидоформальдегидного связующего (КФС), а также кислотно-основные свойства древесных частиц, изменяющиеся под воздействием антисептика и влияющие на прочность при когезионном разрушении отвержденного полимера.

Краевой угол смачивания (θ , град) определяли по размерам капли на поверхности фанерных образцов из древесины березы с помощью микроскопа МБС-2 и катетометра Гартнера. На три вида образцов был нанесен антисептик ХМ-11 (расход 1,5 мг/см²), а также СМ и ДХК (по 0,75 мг/см²). Работу адгезии находили по формуле

$$W/S = \sigma_{ж}(1 + \cos \theta). \quad (1)$$

Здесь поверхностное натяжение ($\sigma_{ж}$, мН/м) 55 %-й КФС определяли по высоте подъема в стеклянном капилляре диаметром 0,56 мм.

Буферность древесных частиц при двух режимах термообработки определяли в дистиллированной воде при гидромодуле 20:1, суспензию перемешивали в течение 15 мин при частоте вращения мешалки $n = 300 \text{ мин}^{-1}$. Затем потенциометрическим титрованием определяли зависимость величины рН от объема (V , см³) раствора НСl (концентрация 0,1 н). В программе «Statistica 6.1» квазинытоновским методом [1] рассчитывали эмпирическую зависимость

$$pH = A_0 + A_1 e^{BV}, \quad (2)$$

где A_0 – характеризует асимптоту, к которой приближается кривая титрования;

$A_0 + A_1$ – исходная величина рН водной суспензии;

B – показатель буферности, см⁻³.

КФС отверждали в пробирке при температуре 90 °С в течение 45 мин, образец карбамидоформальдегидного полимера (КФП) извлекали и определяли прочность при сжатии на машине УМ-5 по ГОСТ 4651–82.

Разрушающее напряжение при изгибе ($\sigma_{изг}$, МПа) и растяжении перпендикулярно пласти (σ_{\perp} , МПа) определяли по ГОСТ 10635–88 и ГОСТ 10636–90, а показатели разбухания (ΔS , %) и водопоглощения (ΔW , %) – по ГОСТ 10634–88 на образцах уменьшенного размера (50 × 50 мм). Показатели нормировали к плотности 700 кг/м³ [5].

При нагревании ДХК взаимодействует с древесинным веществом по следующему уравнению:



Для определения степени α превращения $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ в хромат калия K_2CrO_4 (ХК) получали кривую титрования в виде зависимости рН от объема раствора КОН. Для этого готовили 200 см³ раствора ДХК (концентрация $c = 0,095$ %), отвечающего его концентрации в водной суспензии древесных частиц, содержащих ДХК. Концентрацию КОН ($c = 0,071$ %) выбирали та-

ким образом, чтобы его объем был достаточен для перехода ДХК в ХК по уравнению (3), в соответствии с заданной α . Значение $\alpha = 100\%$ отвечает объему титранта 103 см^3 , который находили из соотношения молекулярных масс реагентов с учетом объема исследуемого раствора.

Как известно, прочность склеивания древесных частиц между собой (прочность дискретных клеевых швов) в ДСП зависит от адгезии и когезионной прочности отвержденного КФС. Адгезия определяется физико-химическими свойствами поверхности древесных частиц и полярностью КФС. Количественной характеристикой смачивания служит краевой угол смачивания θ , по которому определяют адгезию [3]. В таблице приведены значения краевого угла смачивания и работы адгезии без отработки и при трех режимах термообработки частиц.

В физико-химическом аспекте ХМ-11 изменяет растекание КФС на поверхности частиц, работа адгезии снижается и это служит одной из причин ухудшения прочности склеивания.

Таблица 1

Условия термообработки		Компоненты						Контроль	
T, °C	τ, мин	ХМ-11		СМ		ДХК		θ, град	W/S, мДж/м ²
		θ, град	W/S, мДж/м ²	θ, град	W/S, мДж/м ²	θ, град	W/S, мДж/м ²		
Без обработки		$\frac{85 \pm 3}{96 \pm 3}$	$\frac{75 \pm 3}{62 \pm 4}$	$\frac{61 \pm 4}{72 \pm 2}$	$\frac{103 \pm 4}{83 \pm 3}$	$\frac{105 \pm 1}{107 \pm 1}$	$\frac{51 \pm 1}{49 \pm 2}$	$\frac{54 \pm 1}{76 \pm 2}$	$\frac{109 \pm 1}{85 \pm 3}$
		$\frac{101 \pm 2}{109 \pm 2}$	$\frac{57 \pm 3}{47 \pm 3}$	$\frac{63 \pm 4}{82 \pm 3}$	$\frac{100 \pm 3}{79 \pm 3}$	$\frac{109 \pm 1}{110 \pm 1}$	$\frac{47 \pm 2}{46 \pm 1}$	$\frac{57 \pm 3}{78 \pm 3}$	$\frac{107 \pm 3}{85 \pm 3}$
105	30	$\frac{90 \pm 2}{101 \pm 2}$	$\frac{70 \pm 3}{56 \pm 3}$	$\frac{69 \pm 3}{88 \pm 3}$	$\frac{94 \pm 2}{72 \pm 3}$	$\frac{109 \pm 2}{109 \pm 1}$	$\frac{47 \pm 3}{46 \pm 2}$	$\frac{60 \pm 2}{80 \pm 2}$	$\frac{104 \pm 2}{82 \pm 2}$
		$\frac{88 \pm 3}{98 \pm 3}$	$\frac{72 \pm 3}{60 \pm 4}$	$\frac{80 \pm 3}{97 \pm 3}$	$\frac{81 \pm 2}{61 \pm 3}$	$\frac{104 \pm 2}{109 \pm 2}$	$\frac{52 \pm 2}{46 \pm 3}$	$\frac{79 \pm 2}{95 \pm 2}$	$\frac{83 \pm 2}{63 \pm 3}$

Примечание. В числителе приведены данные вдоль волокон, в знаменателе – поперек.

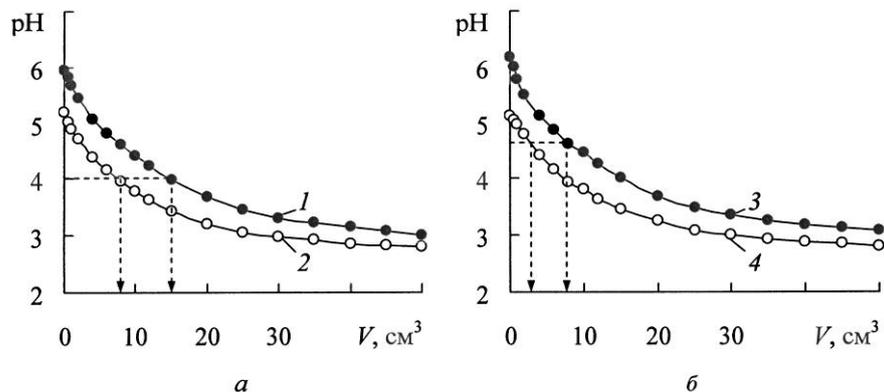


Рис. 1. Кривые титрования водной суспензии древесных частиц раствором HCl ($c = 0,01$ н), содержащих 4 мас. % ХМ-11 (1, 3) и контрольных частиц (2, 4) при двух режимах термообработки: а – $T = 105$ °С; б – 140 °С

При нанесении антисептика ХМ-11 данные испытаний несколько варьируют с изменением режима термообработки из-за превращений ДХК по уравнению (3), СМ в меньшей степени влияет на адгезию. В целом суммарный вклад компонентов антисептика в изменение поверхностных свойств древесных частиц аддитивен вкладу ХМ-11 и во всех случаях является отрицательным. Термообработка частиц не исправляет его негативного влияния.

Второй причиной снижения качества ДСП-б является уменьшение собственной прочности отвержденного КФС. Внешними условиями отверждения служат кислотность среды и тепловое воздействие. В присутствии антисептика с переменным окислительно-восстановительным потенциалом, изменение которого происходит под влиянием ароматической части древесины, условия отверждения КФС варьируют и должны быть учтены в режиме прессования ДСП-б.

Если оптимальным условием отверждения КФ-олигомера является рН 3,8...4,6, то среда древесных частиц в присутствии антисептика изменяется от слабокислой в момент нанесения до нейтральной после их сушки. В этих условиях количество образующейся из NH_4Cl соляной кислоты может оказаться недостаточным для качественного отверждения. Оценить это можно по буферности системы древесина – антисептик и на этом основании определить потребный расход NH_4Cl .

На рис. 1 приведены результаты титрования водной суспензии предварительно подвергнутых термообработке антисептированных и контрольных (без антисептирования) древесных частиц. Из сравнения кривых 1, 2 с кривыми 3, 4 следует, что термообработка древесных частиц оказывает меньшее влияние на буферность суспензии по сравнению с присутствием на частицах ХМ-11. Термообработка антисептированных частиц приводит к некоторому их подщелачиванию. Различие температурных режимов по глубине плиты требует корректировки норм расхода отвердителя NH_4Cl , которые по существующему регламенту для наружного и внутреннего слоев составляют соответственно 0,6 и 2,0 мас. %.

Необходимый расход NH_4Cl можно установить по HCl графически (на рис. 1 обозначено пунктирными линиями) и из уравнений регрессии: для температуры $T = 105^\circ\text{C}$

$$\begin{aligned} \text{pH}_1 &= 2,97 + 2,91e^{-0,0719V}; \\ \text{pH}_2 &= 2,80 + 2,32e^{-0,0873V}; \end{aligned}$$

для температуры $T = 140^\circ\text{C}$

$$\begin{aligned} \text{pH}_3 &= 3,06 + 2,98e^{-0,0798V}; \\ \text{pH}_4 &= 2,81 + 2,32e^{-0,0866V}. \end{aligned}$$

Расход NH_4Cl (в процентах) рассчитывали по формуле

$$q_{\text{NH}_4\text{Cl}} = \frac{V_{\text{HCl}} N_{\text{HCl}} \cdot 53,5}{m_{\text{а.с.д}} q_{\text{КФС}}} 10,$$

где V_{HCl} – объем HCl , пошедшей на доведение pH суспензии (по данным рис. 1), см;

N_{HCl} – нормальность HCl , г-экв/дм³;

53,5 – молярная масса NH_4Cl , г/моль;

$m_{\text{а.с.д}}$ – масса абс. сух. древесных частиц, г;

$q_{\text{КФС}}$ – норма расхода связующего, для наружного слоя принято 14 %, для внутреннего – 10 %.

Для отверждения КФС на необработанных древесных частицах наружного и внутреннего слоев соответственно требуется 0,6 и 2,0 мас. % NH_4Cl , в то время как на антисептированных частицах расход NH_4Cl следует увеличить соответственно до 1,6 и 3,9 мас. %. Необходимость перехода на установленные расходные нормы NH_4Cl вытекает из прямого эксперимента, так как принятый в технологических регламентах расход NH_4Cl не обеспечивает требуемого уровня качества. Результаты испытания плит, изготовленных при температуре греющих плит пресса 200°C и $\tau_{\text{уд}} = 0,35$ мин/мм толщины, показали, что ДСП-б оказались недостаточно прочными по сравнению с контрольными плитами (табл. 2) из древесных частиц без обработки антисептиком.

Таблица 2

Показатель	Значение показателя для плит	
	ДСП-б	ДСП
$\sigma_{\text{изг}}$, МПа	12,00±1,00	14,00±1,00
σ_{\perp} , МПа	0,31±0,02	0,40±0,03

Ухудшается также и водостойкость ДСП-б (рис. 2). Пониженные значения ΔS и ΔW для ДСП-б, имеющие место только в начальный период испытания, определяются закупоркой открытых пор во внешней капиллярно-пористой структуре плит. Со временем барьер разрушается и водостойкость в присутствии ХМ-11 становится хуже.

Антисептик приводит к изменению времени желатинизации КФС (τ_{100} , с) и прочности отвержденного полимера ($\sigma_{\text{сж}}$, МПа). Конечно, условия отверждения КФС в блоке не адекватны условиям в дискретных клеевых швах ДСП, однако полученные таким образом модельные образцы вполне пригодны для установления влияния ХМ-11 на прочность КФ-полимера.

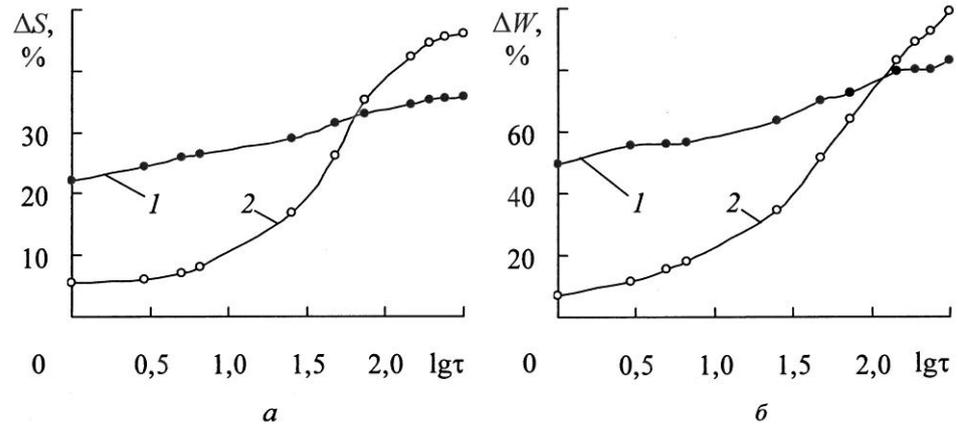


Рис. 2. Кривые кинетики разбухания ΔS (а) и водопоглощения ΔW (б): 1 – ДСП, 2 – ДСП-6

Для эксперимента были изготовлены образцы полимера. В присутствии древесины с ДХК происходит окислительно-восстановительная реакция по уравнению (3) с соответствующим изменением рН среды от 7 (после сушки частиц) до 8 (после прессования плит). Для определения состава измененного антисептика проведено титрование раствора ДХК щелочью (рис. 3): нейтральной среде соответствует степень превращения ДХК $\alpha = 75\%$ (точка 1), а при рН 8 и полном превращении в ХК $\alpha = 100\%$ (точка 2).

Следовательно, измененный антисептик представляет собой систему: СМ, ДХК и ХК в соотношении 4 : 1 : 2. Ее использовали для оценки влияния антисептика на прочность при когезионном разрушении полимера. Оказалось, что эта система замедляет отверждение связующего и ухудшает прочность КФП по причине отсутствия латентности ХХМ (табл. 3).

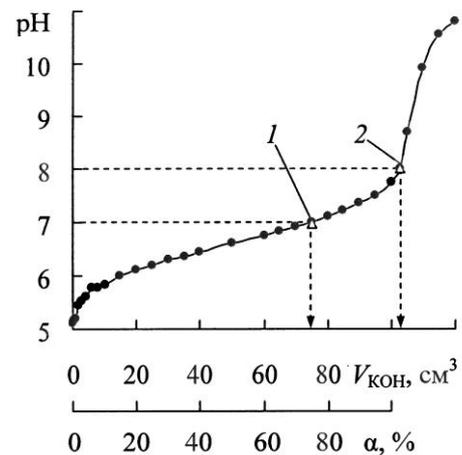


Рис. 3. Кривая титрования раствора $K_2Cr_2O_7$ раствором КОН (обозначение точек приведено в тексте)

Таблица 3

Показатель	Значение показателя для связующего	
	КФС и ХХМ	КФС (контроль)
τ_{100} , с	$84,8 \pm 0,7$	$67,8 \pm 0,7$
$\sigma_{сж}$, МПа	$9,6 \pm 1,4$	$11,5 \pm 1,4$

Устранение выявленных причин (что требует специальных исследований) открывает возможность повышения качества ДСП-б. Наиболее доступно увеличение расхода отвердителя.

Выводы

1. Антисептик хром–медь снижает качество ДСП-б за счет ухудшения поверхностных свойств антисептированных древесных частиц и адгезию связующего к ним.
2. Антисептирование древесных частиц изменяет кислотно-основные свойства в сторону увеличения щелочности, затрудняет конверсию карбамидоформальдегидного олигомера в полимер с ухудшением его когезионной прочности, что обуславливает необходимость преодоления буферности за счет повышения расхода отвердителя NH_4Cl : для наружных слоев – до 1,6, а для внутренних – до 3,9 мас. %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вуколов, Э. А. Основы статистического анализа. Практикум по статистическим методам и исследованию операций с использованием пакетов STATISTICA и EXCEL [Текст]: учеб. пособие / Э.А. Вуколов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Форум, 2008. – 464 с.
2. Горшин, С.Н. Консервирование древесины [Текст] / С.Н. Горшин. – М.: Лесн. пром-сть, 1977. – 336 с.
3. Леонович, А.А. Физико-химические основы образования древесных плит [Текст] / А.А. Леонович. – СПб.: Химиздат, 2003. – 192 с.
4. Разиньков, Е.М. Получение малотоксичных древесностружечных плит [Текст] / Е.М. Разиньков, В.И. Словецкий // Вестник Центрально-Черноземного отделения наук о лесе Академии естественных наук ВГЛТУ. – 1998. – Вып. 1. – С. 135–142.
5. Шварцман, Г.М. Производство древесностружечных плит [Текст] / Г.М. Шварцман, Д.А. Щедро. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Лесн. пром-сть, 1987. – 320 с.

Поступила 01.03.10

A.A. Leonovich, A.A. Rabysh
Saint-Petersburg State Forest Technical Academy

Reasons of Negative Effect of Copper-chrome Wood Preservative on Properties of Wood Particle Boards

Surface and acid-base properties of impregnated wood particles are studied. The analytical calculation is offered for the required quantity of urea-formaldehyde adhesive hardener in the presence of wood preservative, the corresponding empirical coefficients are found.

Keywords: wood preservative, wood particle boards, adhesion, urea-formaldehyde adhesive, acid-base properties, wettability.

УДК 577.152; 630.865.2

Т.Б. Мошкова¹, Т.А. Бойцова², Н.А. Макаревич²

¹Архангельский государственный технический университет

²Институт экологических проблем Севера УрО РАН

Мошкова Татьяна Борисовна родилась в 1947 г., окончила в 1971 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры общей и аналитической химии. Имеет более 50 научных трудов в области переработки лигнинсодержащих материалов.

Тел.: (8182) 28-75-83



Бойцова Татьяна Александровна родилась в 1962 г., окончила в 1985 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории химии растительных биополимеров ИЭПС УрО РАН. Имеет более 50 научных трудов в области переработки лигнинсодержащих материалов.

E-mail: tboitsova@yandex.ru



Макаревич Николай Анатольевич родился в 1942 г., окончил в 1964 г. Пермский государственный педагогический университет, доктор химических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории химии растительных биополимеров ИЭПС УрО РАН. Имеет более 200 научных трудов в области теории ассоциированных растворов и теории ассоциативной адсорбции неионных и ионных поверхностно-активных веществ из растворов в различных модельных приближениях.

E-mail: tboitsova@yandex.ru



УТИЛИЗАЦИЯ ЛИГНОСУЛЬФОНАТОВ В ПРОЦЕССЕ БИОКОНВЕРСИИ

Определены оптимальные условия биоконверсии технических и фракционированных лигносульфонатов (ЛС) микромицетом *Coriolus hirsutus* в водных растворах; выбран способ ферментации ЛС с применением жидкофазного культивирования на твердом мезопористом носителе из керамики; проанализирована связь функционального состава биоконвертированных ЛС с их молярными массами.

Ключевые слова: лигносульфонаты, биоконверсия, базидиальный микромицет, молекулярная масса.

Утилизация технических лигнинов – один из важных вопросов при решении проблем использования растительного сырья. Водорастворимой формой технических лигнинов являются лигносульфонаты (ЛС) – отходы сульфитной варки древесины в процессе получения целлюлозы [12]. Биоконверсию ЛС можно рассматривать как один из возможных способов не только утилизации, но и модификации, позволяющей изменять структуру лигнинов с получением ряда ценных для промышленности и сельского хозяйства продуктов, например удобрений или стимуляторов роста растений.

При создании новых направлений в биотехнологии переработки лигноцеллюлозных материалов большое внимание уделяется дереворазрушающим базидиальным грибам [6–8, 15]. Известно, что эти грибы обладают мощной ферментной системой, с помощью которой разлагают полисахаридные и лигнинные компоненты субстрата. Базидиальные грибы, вызывающие белую гниль древесины и использующие углерод лигнина в качестве единственного источника питания, наиболее перспективны для промышленного использования [4, 9, 11]. Ранее выполненные исследования по биодеградации лигнина выявили основные закономерности процесса. Установлено [8], что при атаке лигносульфонатов грибами белой гнили (*Lentinus tigrinus*) уменьшается число метоксильных групп, фенольных и алифатических гидроксильных; расщепляются ароматические ядра с образованием алифатических карбоксилсодержащих остатков; дополнительно появляются карбонильные и карбоксильные группы; образуются алкокси- и феноксиуксусные кислоты и другие кислородсодержащие соединения, вплоть до конечного продукта окислительных реакций – CO₂, с максимальным выходом мицелия (24,4 % по отношению к взятому субстрату). Однако исследования по выбору условий биоконвертирования лигносульфонатов другими базидиальными микромицетами, например *Coriolus hirsutus*, также представляют большой интерес.

Целью данной работы является изучение биоконверсии водорастворимого лигнина (технических лигносульфонатов) в условиях жидкофазной ферментации базидиальным микромицетом *Coriolus hirsutus*.

Объектом исследования служили технические лигносульфонаты Архангельского ЦБК от кислой сульфитной варки хвойной древесины (ТУ 13-0281036-029–94), характеристика которых приведена в табл. 1.

Содержание зольности и РВ определяли в соответствии с [12], функциональных групп – по методике [5], общей и органически связанной серы – по [2].

Среднюю молекулярную массу (M_w) ЛС рассчитывали по данным гель-проникающей хроматографии на сефадексе G-75 [10]. Также были изучены отдельные фракции ЛС, полученные методами ультрафильтрации, в которых содержание РВ составляло менее 0,2 % к абс. сухому веществу (а.с.в.).

Таблица 1

Показатель	Значение показателя
Зольность, % а.с.в.	17,5
Редуцирующие вещества, % а.с.в	4,4
Средняя молекулярная масса M_w , а.е.м.	42 000
Доля функциональных групп, % а.с.в.:	
-OCH ₃	10,3
-SO ₃ H	15,3
Органическая связанная сера, %	6,5
Общая сера, %	7,5

Для приготовления образцов ЛС, имеющих различную молярную массу, проводили фракционирование с помощью полупроницаемых мембран на лабораторной установке ФМО2-1000 с перемешиванием (объем ячейки 1000 см³, площадь мембраны 113 см², температура 20 °С). В работе применяли полисульфонамидные мембраны ПСУ-70 (НПО «Пластмассы», г. Москва) [1].

Для исследований биоконверсии была выбрана чистая культура базидиомицета *Coriolus hirsutus*. Использовали известные способы культивирования: поверхностное жидкофазное (ЖФ), глубинное жидкофазное с перемешиванием (ЖФГ), поверхностное жидкофазное в присутствии твердого инертного носителя (ЖФТ). ЖФ – процесс, при котором мицелий чистой культуры *Coriolus hirsutus*, предварительно выращенный на питательном растворе с агар-агаром, развивается на поверхности раствора; ЖФГ – процесс с перемешиванием, при котором предварительно выращенный мицелий чистой культуры вносят в объемную фазу раствора ЛС; ЖФТ – процесс, при котором мицелий гриба предварительно наращивают на твердом инертном субстрате с использованием питательных растворов, а процесс биоконверсии ЛС происходит на поверхности субстрата и в капиллярах пористого материала.

В качестве твердого носителя использовали измельченную керамику с определенным по методу термической десорбции азота (Sorptometer KELVIN 1042) распределением пор [13] (микропоры (ЖФТ-1, $d \approx 1$ мкм), мезопоры (ЖФТ-2, $d \approx 1 \dots 100$ мкм) и макропоры (ЖФТ-3, $d \approx 100 \dots 1000$ мкм). Различная активность микромицета на твердых носителях объясняется различием их пористой структуры. При погружении в раствор образца ЖФТ-3 в качестве носителя субстрата нарастание мицелия наблюдалось только на его внешней поверхности, при этом материал практически полностью заполнялся раствором. На субстратах образцов ЖФТ-1 и ЖФТ-2 отмечалось более активное нарастание мицелия. Однако образец ЖФТ-1 содержал микропоры, слабо доступные для микромицета. Размер пор образца ЖФТ-2, видимо, в наибольшей степени соответствовал биологическим особенностям микромицета и имел максимально доступную для него поверхность, обеспечивающую снабжение мицелия кислородом. Для дальнейших исследований при поверхностном жидкофазном культивировании микромицета в присутствии твердого инертного носителя был выбран образец ЖФТ-2.

Эксперимент проводили в плоскодонных конических колбах вместимостью 250 мл, в которые помещали слой пористого субстрата толщиной 3...4 см, 100 мл водного раствора ЛС концентрацией 5,0 г/л и предварительно выращенную чистую культуру гриба *Coriolus hirsutus*. Ферментацию вели при различных значениях рН и температуры. Продолжительность ферментации в каждом опыте составляла 10 сут. Концентрацию ЛС в растворе определяли по [14]. Активность деятельности микромицета оценивали по степени биоконверсии γ , т.е. по относительной убыли к исходной концентрации ЛС в растворе $C_{исх.}$, выраженной в процентах: $\gamma = (\Delta C \cdot 100) / C_{исх.}$

Динамика действия микромицета *Coriolus hirsutus* в различных условиях культивирования приведена на рис. 1.

При глубинном культивировании (ЖФГ) за 10 сут степень биоконверсии составила 19,6 %, в поверхностной культуре (ЖФ) – 21,8 %, на твердом носителе (ЖФТ) – 32,5 %. В последнем варианте развитие гриба происходило на твердом инертном субстрате, при этом мицелий гриба хорошо закреплялся, значительно увеличивалась его поверхность. В процессе роста базидиальных грибов происходило нарастание мицелия, его нарушение (при перемешивании раствора или принудительной аэрации) приводило к ослаблению жизнедеятельности мицелиальной культуры, что подтверждают результаты эксперимента. Для культивирования таких микроорганизмов более подходят условия, при которых нарастающий мицелий не повреждается.

Для выбора оптимальной концентрации ЛС при культивировании микромицета в жидкой фазе с твердым носителем исследовали растворы концентрацией от 1,0 до 200,0 г/л. Установлено, что микромицетом *Coriolus hirsutus* утилизирует ЛС при всех исследуемых концентрациях, однако концентрация выше 50,0 г/л ингибирующе действует на жизнедеятельность микромицета. В растворах концентрацией 5,0 г/л степень биоконверсии составляла около 35 %, в диапазоне 50...200 г/л мицелий гриба развивался очень слабо, а иногда даже погибал ($\gamma = 2,4...1,7$ %). Длительными экспериментами (до 50 сут) биоконверсии ЛС было показано, что активное действие микромицета на ЛС наблюдается лишь первые 10...15 сут процесса.

В эксперименте по определению оптимальных условий биоконверсии микромицетом *Coriolus hirsutus* использовали растворы ЛС с различными значениями рН (2,0...9,0) и температуры (4...40 °С). В кислой среде (рН 2,0) мицелий гриба развивался очень слабо и быстро погибал; при рН 4,0...7,0 в температурном интервале 4...30 °С степень биоконверсии повышалась, а при 40 °С наблюдалось некоторое ее снижение. Переход из слабокислой к слабощелочной среде приводит к уменьшению степени биоконверсии при всех исследуемых значениях температуры (табл. 2).

Оптимальными условиями биоконверсии можно считать поверхностное жидкофазное культивирование микромицета в присутствии твердого инертного носителя при температуре около 30 °С и концентрации раствора 5,0 г/л в слабокислой среде (рН~4).

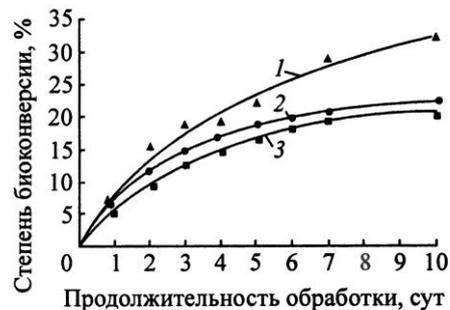


Рис. 1. Динамика степени биоконверсии в зависимости от условий культивирования микромицета: 1 – ЖФТ; 2 – ЖФ; 3 – ЖФГ

Таблица 2

Условия культивирования*		Степень биоконверсии ЛС, %	
рН	Температура, °С	ЖФ	ЖФТ
2	4...40	0	0
4	4	13,5	14,7
	20	18,0	23,5
	30	20,2	32,5
	40	17,0	29,6
7	4	10,0	15,1
	20	13,6	23,0
	30	15,8	25,7
	40	12,0	20,9
9	4	8,0	13,2
	20	9,5	15,6
	30	11,0	15,8
	40	9,0	14,6

* Концентрация раствора ЛС – 5,0 г/л.

Так как процесс биоконверсии сопровождается значительным окислением компонентов ЛС, с увеличением степени биоконверсии содержание кислородсодержащих функциональных групп закономерно возрастает. Наиболее заметно увеличивалось содержание ОН-групп при высоких степенях биоконверсии ЛС (рис. 2).

Для качественной характеристики молекулярно-массового распределения ЛС использовали метод гель-хроматографии [10]. На гель-хроматограммах (рис. 3) исходных (до биоконверсии) ЛС наблюдались два выраженных максимума в высоко- и низкомолекулярной областях, после биоконверсии максимум в области низкомолекулярной фракции ЛС исчезал, при этом увеличивалась доля высокомолекулярной фракции, т.е. в процессе биоконверсии микромицет *Coriolus hirsutus* преимущественно утилизировал низкомолекулярную фракцию ЛС.

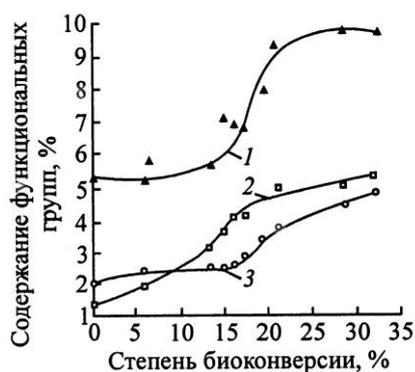


Рис. 2. Зависимость содержания функциональных групп в ЛС от степени биоконверсии микромицетом *Coriolus hirsutus*: 1 – ОН, 2 – >C=O, 3 – COOH

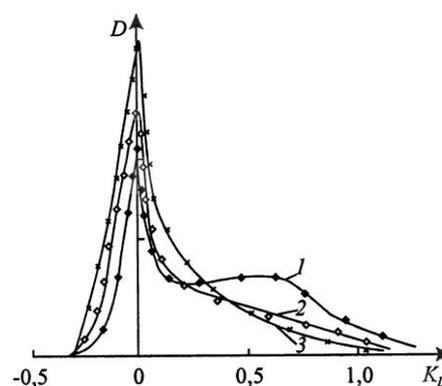


Рис. 3. Гель-хроматограммы ЛС до (1) и после (2, 3) биоконверсии при различных значениях γ : 2 – 20,2 %; 3 – 32,5 %

Таблица 3

Фракция	Способ ферментации	Степень биоконверсии, %	M_w , а.е.м.	Содержание функциональных групп, % а.с.в.		
				-ОН	>C=O	-COOH
НМФ	–	–	22 000	1,6	1,4	1,4
	ЖФ	22,5	48 000	2,8	2,2	2,8
	ЖФТ	34,5	60 000	3,2	2,5	3,4
ВМФ	–	–	116 000	5,8	1,8	2,2
	ЖФ	15,9	145 000	6,8	3,1	4,5
	ЖФТ	26,7	160 000	7,3	3,9	4,8

Это подтверждают данные биоконверсии фракционированных ЛС с $M_w = 22\ 000$ (низкомолекулярная фракция (НМФ) со степенью полидисперсности $\sim 5,0$) и $M_w = 116\ 000$ (высокомолекулярная фракция (ВМФ) со степенью полидисперсности $\sim 14,0$). В эксперименте использовали растворы ЛС концентрацией 5,0 г/л. Культивирование микромицета проводили в условиях поверхностной культуры (ЖФ) и с применением пористого носителя (ЖФТ) при температуре 30 °С, рН 4 в течение 15 сут. Характеристики процесса биоконверсии фракционированных ЛС приведены в табл. 3.

Исследования показали, что обе фракции ЛС достаточно активно подвергались утилизации микромицетом *Coriolus hirsutus*. Однако в большей степени утилизируются ЛС в условиях поверхностного жидкофазного культивирования в присутствии твердого носителя ЖФТ (для НМФ и ВМФ степень биоконверсии составляет соответственно 34,5 и 26,7 %). В процессе биоконверсии содержание карбоксильных, карбонильных и гидроксильных групп возрастает по сравнению с исходным соответствующим значением в 1,6–2,0 раза. Во всех случаях наблюдалось увеличение молекулярных масс ЛС.

По данным исследований можно представить направление химических превращений ЛС в процессе биоконверсии микромицетом. Действие гриба направлено на низкомолекулярные компоненты ЛС. При этом происходит их значительное окисление, в большей степени до конечных продуктов CO_2 и H_2O , оставшаяся часть ЛС преобразуется в окисленные продукты с высоким содержанием кислородсодержащих групп. Процесс окисления сопровождается возрастанием доли ВМФ компонентов ЛС. Предполагается, что на данной стадии, наряду с деструкцией компонентов ЛС, протекают конденсационные процессы.

Проведенные исследования показали, что полная утилизация ЛС микромицетом *Coriolus hirsutus* значительно снижается после 20...30 %-й биоконверсии, независимо от времени воздействия гриба и условий процесса. В экспериментах, проводившихся другими авторами [3, 4, 6, 11], отмечается нерегулярность действия микроорганизмов на растительные субстраты. Не объясняется и тот факт, что процесс биоконверсии, протекающий вначале активно, далее замедляется или заканчивается задолго до полного исчерпания субстрата. Отмечают несколько причин, в том числе: старение мицелия, присутствие труднодоступных компонентов в субстрате или накопление ингибиторов.

Для выяснения этих причин был поставлен эксперимент повторного действия микромицета *Coriolus hirsutus* на растворы ЛС. Биоконвертированные ЛС были выделены из растворов, высушены и из них вновь приготовлены растворы с концентрацией 5,0 г/л. В этом случае, кроме нефракционированных ЛС ($M_w = 42\ 000$), использовали фракционированные ЛС с молекулярной массой 22 000 и 116 000. Повторное действие микромицета определяли в условиях ферментации с твердым пористым носителем для субстрата в течение 15 сут биоконверсии, использовали свежий мицелий гриба.

При первичной обработке степень биоконверсии ЛС для нефракционированных ЛС составляла 32,5 %, для фракционированных ВМФ и НМФ – соответственно 26,7 и 34,5 %. При вторичной биоконверсии утилизация была значительно ниже и доходила до 4,6...4,9 для НМФ и 7,3 % для ВМФ.

Таким образом, старение мицелия не является основной причиной уменьшения активности утилизации ЛС микромицетом при его длительном действии. При вторичной биоконверсии ЛС наблюдалось некоторое снижение доли кислородсодержащих функциональных групп. Вероятно, в этот период глубокому окислению подвергаются частично окисленные компоненты ЛС. В данном эксперименте наблюдалось уменьшение молекулярных масс ЛС, что указывает на их возможную деструкцию.

По результатам исследований можно предположить, что биоконверсию ЛС микромицетом *Coriolus hirsutus* во времени можно условно разделить на две стадии:

первая – активная утилизация, связанная с глубоким окислением ЛС до CO_2 и H_2O ; в этот период в большей степени утилизируется низкомолекулярная фракция ЛС;

вторая – неполное окисление компонентов ЛС с возможными процессами поликонденсации и заметным уменьшением скорости утилизации ЛС микромицетом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бойцова, Т.А. Биоконверсия технических лигнинов базидиальными микромицетами [Текст]: дис. ... канд. хим. наук / Т.А. Бойцова. – Архангельск, 2006. – 164 с.
2. Гельман, И.Э. Методы количественного органического микроанализа [Текст] / И.Э. Гельман. – Москва: Химия, 1988. – 276 с.
3. Головлева, Л.А. Разложение лигнина грибными культурами [Текст] / Л.А. Головлева, Г.К. Скрябин, Х.Г. Ганбаров // Микробиология. – 1982. – Т. 51, № 3. – С. 543–547.
4. Емельянова, Е.В. Эффективность роста дереворазрушающего базидиомицета *Coriolus hirsutus* [Текст] / Е.В. Емельянова // Микробиология. – 1996. – Т. 65, № 3. – С. 313–317.
5. Закус, Г.Ф. Функциональный анализ лигнинов и их производных [Текст] / Г.Ф. Закус. – Рига: Зинатне, 1987. – 230 с.

6. *Медведева, С.А.* Перспективы и трудности использования микроорганизмов в целлюлозно-бумажной промышленности [Текст] / С.А. Медведева, Г.П. Александрова, В.А. Бабкин // *Химия древесины*. – 1991. – №1. – С. 3–7.

7. *Медведева, С.А.* Экологическое преобразование производства целлюлозы на основе биотехнологий [Текст] / С.А. Медведева, Г.П. Александрова, В.А. Бабкин // *Химия в интересах устойчивого развития*. – 1996. – № 4. – С. 313–320.

8. *Озолия, Н.Р.* Биотрансформация технических лигносульфонатов грибом белой гнили *Lentinus tigrinus* 82-4 [Текст] / Н.Р. Озолия, Ц.Л. Абрамович, А.В. Новиков // *Химия древесины*. – 1991. – № 6. – С. 51–56.

9. *Сергеева, В.Н.* Возможности использования отходов химической переработки древесины – лигносульфонатов и гидролизного лигнина. Перспективы использования древесины в качестве органического сырья [Текст] / В.Н. Сергеева. – Рига, 1982. – С. 105–125.

10. *Соколов, О.М.* Определение молекулярных масс лигнинов на ультрацентрифуге и методом гель-фильтрации. [Текст]: учеб. пособие / О.М. Соколов. – Л.: ЛТА, 1987. – 76 с.

11. Структурные изменения компонентов древесины при воздействии грибов белой гнили [Текст] / М.Я. Иолович [и др.] // *Химия древесины*. – 1989. – № 3. – С. 96–100.

12. ТУ 13-0281036-029–94. Лигносульфонаты технические [Текст] – М., 1994.

13. *Фенелонов, В.Б.* Введение в физическую химию формирования супрамолекулярной структуры адсорбентов и катализаторов [Текст] / В.Б. Фенелонов. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. – 442 с.

14. *Хабаров, Ю.Г.* Аналитическая химия лигнина [Текст] / Ю.Г. Хабаров, Л.А. Песьякова. – Архангельск, 2008. – 171 с.

15. *Шлегель, Г.* Общая биология [Текст] / Г. Шлегель. – Москва: Мир, 1987. – 560 с.

Поступила 26.08.09

T. B. Moshkova¹, T.A. Boitsova², N.A. Makarevich²

¹Arkhangelsk State Technical University

²Institute of Ecological Problems of the North, Ural Branch, Russian Academy of Sciences

Utilization of Lignosulphonates in Bioconversion

The optimal bioconversion conditions of technical and fractional lignosulphonates by micromycete *Coriolus hirsutus* in water solutions are determined. The fermentation method of lignosulphonates is chosen by using liquid-phase cultivation on solid mesoporous carrier made of ceramics. The relation between the functional composition of bioconvertible lignosulphonates with their molar mass is analyzed.

Keywords: lignosulphonates, bioconversion, basidial micromycete, molecular weight.



КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

УДК 061.3:630*81

Б.Н. Уголев

Московский государственный университет леса

КОНФЕРЕНЦИЯ ИАВС И СЕССИЯ РКСД

Международная академия наук о древесине (ИАВС) ежегодно проводит пленарные заседания и приуроченные к ним конференции в разных странах. В 2009 г. впервые в нашей стране такое важное для развития научных исследований событие произошло с 15 по 21 июня. Конференция «Лес как возобновляемый источник жизненных ценностей в изменяющемся мире», начавшая свою работу в СПбГЛТА, продолжилась в МГУЛ. Кроме этих вузов, в организации конференции приняли участие Международный союз лесных исследовательских организаций (ИЮФРО), Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН и ряд других организаций. Значительная нагрузка при подготовке и проведении конференции легла на Региональный координационный совет по древесиноведению (РКСД), входящий в состав УМО по образованию в области лесного дела. Этот совет функционирует при МГУЛ под эгидой ИАВС. В Программный комитет конференции вошли ректоры СПбГЛТА, МГУЛ, СПбГУРП и ряд видных ученых. Большую помощь в подготовке форума оказал экс-президент ИАВС К. Деглиз (Франция), специально приехавший на заседание Программного комитета.

На конференцию было представлено 129 докладов из 21 страны Европы, Азии, Америки и Африки. Рефераты докладов опубликованы в сборнике, выпущенном перед ее началом. Более 50 из них – доклады российских ученых из АГТУ, МГСУ, МГУЛ, ПГУ, СГТУ, СПбГЛТА, СФУ и др. вузов, многих академических институтов. На 10 сессиях в С.-Петербурге и Москве было заслушано около трех десятков устных докладов. Значительная часть докладов была выставлена в виде постеров. Общее количество участников и гостей конференции составило более 120 чел.

Ректор СПбГЛТА проф. А.В. Селиховкин рассказал об истории и современном состоянии старейшего вуза России. По поручению президента ИАВС Ф. Билла с приветствием выступил вице-президент Л. Салмен, подчеркнувший международное признание достижений российских древесиноведов. Приветствие Китайской академии лесного хозяйства передала Д. Зеху* (здесь и далее * – акад. ИАВС).

А.С. Алексеев* (С.-Петербург) посвятил свое выступление состоянию использования лесных ресурсов нашей страны; А.Н. Чубинский (С.-Петербург) доложил о рентгеновском методе контроля качества склеивания древесины; Ч. Ксу* (Китай) сообщил о домах из бамбуковых панелей для уменьшения последствий катастроф. В докладе Д. Сугияма* (Япония) был освещен опыт применения синхротронного излучения для идентификации объектов деревянного культурного наследия. У. Шмитт* от имени группы германских и шведских ученых доложил о результатах комплексного топохимического и ультраструктурного исследования тяговой древесины клена, бука и дуба. Б. Холмбом* (Финляндия) рассказал об использовании затрудняющих целлюлозно-бумажное производство сучков в качестве сырья для получения ценных лечебных средств; о результатах новейших исследований связей между структурой и некоторыми физико-механическими свойствами древесины доложил П. Ниемц* (Швейцария). С докладом о роли лесов и древесины в будущем человечества выступил К. Деглиз*. Обзор химических технологий по переработке лесного сырья, применяемых в России, сделал И.П. Дейнека*. Об исследованиях старения древесины хиноки памятников культурного наследия, проведенных совместно с группой японских ученых, среди которых С. Каваи* и др., сообщил Й. Грил* (Франция). Э.И. Евстигнеев (С.-Петербург) рассмотрел процесс функционализации лигнина при варке целлюлозы. В.А. Соловьев (С.-Петербург) изложил важную для экологии концепцию стационарного состояния запасов углерода в лесных продуктах и отходах.

На деловом совещании ИАВС был обсужден ряд вопросов. В частности, было принято к сведению, что следующее Пленарное заседание ИАВС будет проведено совместно с Международной ассоциацией анатомов древесины (ИАВА) в Медисоне (Висконсинский университет, США) с 23 по 26 июня 2010 г.

Открывая московскую часть конференции, проходившую в гостиничном комплексе «Измайлово», ректор МГУЛ проф. В.Г. Санаев рассказал о многогранной деятельности университета. Особо была подчеркнута роль РКСД как научно-информационного центра, способствующего улучшению древесиноведческой подготовки специалистов.

Д. Гитар* (Франция) сообщил о результатах работ, проведенных совместно с группой африканских ученых из Бенина и Камеруна, по повышению ценности отходов лесопиления и использованной пластиковой тары путем создания на их основе нового композитного материала для стен. С.Р. Лоскутов* (Красноярск) посвятил свой доклад теории заполнения объемов микропор, использованной для анализа изотерм сорбции натуральной и химически модифицированной древесины.

С. Мизуно (Япония) от имени группы ученых, среди которых Д. Сугияма* и др., доложила о результатах исследований ширины годичных слоев и содержания радиоактивного углерода в древесине хиноки на протяжении прошедшего столетия. М.В. Скомаркова (Красноярск) сообщила о результатах выполненного совместно с акад. РАН Е.А. Вагановым и Э. Шульцем (Германия) исследования по изменению изотопного состава и плотности в годичных слоях древесины явора, бука и ясеня под влиянием климатических факторов. А. Саленикович (Канада) посвятил свой доклад точности измерения модуля упругости при изгибе современных строительных композитов из шпона (LVL) и древесных частиц (PSL) и (LSL). Ю.М. Евдокимов (Москва) рассказал о методах оценки адгезионной прочности древесных материалов на микро- и нануровнях.

В конце дня состоялась экскурсия в Главный ботанический сад РАН, где директор проф. А.С. Демидов рассказал о его истории и перспективах развития.

Следующий день, который участники конференции провели в МГУЛ, начался с Академической лекции. Такие лекции читаются на Пленарных собраниях ИАВС с целью популяризации и пропаганды современных достижений наук о древесине. Экс-президент ИАВС К. Деглиз представил автора этих строк в качестве лектора. Лекция была посвящена древесине как природному интеллектуальному материалу. Этот образный термин используют для материалов, полезно реагирующих на изменение окружающей среды. Основное внимание было уделено доминантному признаку интеллектуальных материалов – «эффекту памяти формы», т.е. их способности после принудительного изменения формы восстанавливать ее в результате возвращения исходного физического состояния. Причинами обнаруженной автором и его учениками силовой и деформационной памяти у древесины в исследованиях, проводимых с начала 80-х годов прошлого века, являются замороженные деформации. Была показана роль этих деформаций в расчетах, способах контроля и устранения сушильных напряжений в пиломатериалах, исправлении дефектов сушки шпона, при гигроусталости элементов деревянных конструкций.

В докладе И.В. Сапожникова (Москва) были изложены результаты проведенных совместно с А.Н. Обливиным работ по физическому обоснованию расчетных моделей технологических циклов древесно-полимерных композитов. Н.В. Классен (Черноголовка) от имени группы ученых ИФТТ РАН рассказал о разработке ряда нанотехнологических приемов изготовления карбидокремниевой керамики непосредственно из древесных заготовок с заданной геометрией или из пористых заготовок на основе углерода, полученного пиролизом древесных отходов. М.Г. Ермоченков (Москва) сообщил о разработанном совместно с Ю.П. Семеновым и другими сотрудниками МГУЛ методе прогнозирования цвета древесины, подвергавшейся термической обработке; Г.Ф. Антонова (Красноярск) – о структурной организации полимеров клеточной стенки во время формирования ранней и поздней древесины у лиственницы; Л.Л. Новицкая (Петрозаводск) – о механизме формирования и наследования структурных аномалий древесины на примере карельской березы; С.Н. Рыкунин (Москва) – о культуре использования древесины в современной технологии деревообработки и разработанной совместно с Е. Владимировой в МГУЛ математической модели метода раскроя «бревно–пиломатериал–деталь».

Среди авторов представленных докладов академики ИАВС К.Г. Боголицын, М.Я. Зарубин, А.П. Карманов (Россия), Т. Окано (Япония), известные ученые и эксперты (Я. Долацис (Латвия); А.К. Курицын, А.А. Леонович, Е.Н. Покровская (Россия), Р. Эрикссон (США) и др.).

Ряд докладов посвящен *влиянию условий роста и лесохозяйственных мероприятий на качество древесины*. Рассматриваются изменчивость микроструктурных характеристик древесины; характеристика флоэмы и ксилемы в стволах деревьев с различной скоростью роста; особенности фотосинтеза основных хвойных пород в климатических условиях юга Восточной Сибири; свойства древесины сосны в географических культурах Северо-Запада России; строение древесины пихты, интродуцированной в Московской области; комплексное влияние осушения, удобрения, прореживания на качество древесины; особенности выращивания карельской березы в условиях Карелии; свойства древесины как критерий отбора древесных пород для плантационного лесного хозяйства Уганды и др. Вопросы *дендрохронологии* отражены в докладах: «Возрастные изменения ширины годичных слоев лиственницы и ели, произрастающих у северных границ ареала»; «Стабильные изотопы углерода и кислорода годичных слоев деревьев при дендроклиматических исследованиях в Центральной Сибири»; «Многопараметрический анализ годичных слоев древесины хвойных пород»; «Долговременная дендрохронология для реконструкции климата Алтая-Саянского региона»; «Климатические изменения радиального прироста березы в лесах северного Ирана»; «Радиальный прирост сосны на территории Восточного Забайкалья» и др. Проблемы *экологии* освещены в докладах: «Экологические характеристики древесины железного дерева в каспийских лесах»; «Реакция тканей ствола сосны и березы на техногенные и рекреационные нагрузки»; «Эффект разложения древесины, вызванный лигнин-разрушающими грибами»; «Потеря массы пней и бревен в результате их разложения в бореальных лесах»; «Создание российской платформы для производства плит из отработанной древесины, расширяющей эко-цикл древесины».

Строение древесины освещается в докладах: «Исследование строения клеток древесины черного тополя и сосны»; «Термодинамика самоорганизации лигнин-углеводного матрикса»; «Отношение диаметра люмена к толщине клеточной стенки в трахеидах»; «Процесс ядрообразования в связи с возрастными изменениями свойств древесины»; «Морфофизиологическая реакция молодых березовых деревьев

на азотную подкормку». К области *химии древесины и химической технологии* относятся доклады: «Концепция топологической структуры лигнина»; «Новый подход к описанию надмолекулярной структуры целлюлозы»; «Синтез лигнин-моделльных компаундов и их трансформация в Брюмстед-суперкислотах»; «Комплексная химическая переработка коры осины»; «Реакции Гробовской фрагментации в лигнинных структурах»; «Делигнификация древесины как процесс функционализации лигнина» и др.

В следующих докладах рассматриваются *свойства древесины*: «Развитие и области применения неразрушающих методов испытаний древесины (электрический импеданс, акустическая эмиссия, а также их комбинации, ультразвуковой метод с воздушной связью, гамма-лучевой метод)»; «Применение ИК-спектроскопии для прогнозирования срока службы деревянной обшивки»; «Исследование влияния условий горячего прессования на свойства древесины граба»; «Влияние содержания экстрактивных веществ на газопроницаемость вдоль волокон ювенильной и зрелой древесины тополей»; «Результаты исследования физико-механических свойств древесины пород, произрастающих в Индии, Иране, Латвии и др. странах».

Значительное внимание уделено вопросам *сушки древесины*. Рассматриваются физические аспекты перспективной микроволновой сушки древесины; сообщается об экономичном пневмоимпульсном способе сушки измельченной древесины, разработке метода выбора рационального режима сушки, обеспечивающего ее заданное качество; механических свойствах еловой древесины, подвергавшейся высокотемпературной сушке; надрезании конструкционных пиломатериалов для ускорения сушки. Несколько докладов посвящено теории сушки: влиянию микроструктуры поверхности древесины на внешний массоперенос, моделированию влажностного и напряженно-деформированного состояния древесины при сушке.

Ряд докладов относится к *поракам и защите древесины*: «Результаты поляризационной микроскопии деструктивных изменений, вызванных дереворазрушающими грибами»; «Применение неразрушающих испытаний для установления изменений свойств загнившей древесины»; «Влияние коричневой гнили на гигроскопичность и химический состав ядра древесины сосны»; «Оценка огнезащитной способности борсодержащих препаратов при использовании методов погружения и распыления»; «Древесина памятников архитектуры как информационный ресурс для отбора строительного материала и защиты современных сооружений». В тематике докладов нашли отражение также вопросы *стандартизации лесоматериалов и технологии лесопиления*: «Новый подход к международной и национальной стандартизации лесоматериалов»; «Способ моделирования формы ствола»; «Определение норм выхода радиальных пиломатериалов при развальном-секторном раскрое пиловочника».

Много докладов посвящено *древесным композиционным материалам*: «Физические и механические свойства фанеры из уплотненного березового и ольхового шпона»; «Свойства огнезащитной вибропоглощающей фанеры»; «Влияние породы и направления нагружения на физико-механические свойства ЛВЛ»; «Способ уменьшения токсичности древесных плит на карбамидоформальдегидных смолах»; «Влияние содержания коры на механические свойства древесно-пластикового композита»; «Влияние органо-модифицированных слоистых силикатов на воспламеняемость древесных полимерных композитов»; «Производство древесностружечных плит с наружными слоями из тростника» и др.

По проблеме *использования древесины в строительстве* были представлены доклады, описывающие результаты сравнительных исследований температуры и влажности воздуха в домах из древесины криптомерии японской и бетона в условиях Шанхая, а также исследования сейсмостойкости легких каркасных конструкций из древесины осины в Иране. Актуальные проблемы экономики *лесного хозяйства, промышленности и биоэнергетики* нашли отражение в докладах: «Российский сектор участия в проекте Глобальной службы лесной информации»; «Топливные ресурсы лесной биоэнергетики России»; «Роль лесного сектора в экономическом развитии Польши»; «Социальная ответственность в румынском лесном секторе как реакция на нелегальную лесную практику»; «Устойчивое производство и использование смол в Филиппинах».

В рамках конференции была проведена очередная сессия РКСД. Был рассмотрен вопрос о своевременном поступлении материалов для опубликования в «Информациях РКСД», состоянии Реестра экспертов и решены некоторые организационные вопросы. Участники конференции посетили ряд кафедр и лабораторий МГУЛ. Полезным дополнением к научной программе явилась поездка в Институт физики твердого тела (ИФТТ) РАН (Черноголовка). В презентации Н.В. Классена была освещена деятельность ИФТТ в области нанотехнологий. При посещении лабораторий были продемонстрированы изделия из нанокompозитов на основе древесины.

Б.Н. Уголев

Московский государственный университет леса

B.N. Ugolev
Moscow State Forest University

Conference of International Academy of Wood Science and Session of Regional Coordination Council of Wood



ЮБИЛЕИ

ЮБИЛЕЙ Б.Н. УГОЛЕВА

В июле 2010 г. исполняется 85 лет со дня рождения Бориса Наумовича Уголева, профессора Московского государственного университета леса, доктора технических наук, заслуженного деятеля науки РФ, академика Международной академии наук о древесине (ИАВС), почетного члена РАЕН, почетного доктора Западно-Венгерского университета.

В 1943 г. он поступил в возрожденный Московский лесотехнический институт (МЛТИ). Выпускник первого приема, Б.Н. Уголев сначала работал в ЦНИИМОДе и обучался в аспирантуре, в 1957 г. возвратился в альма-матер. Один из основоположников отечественного древесиноведения проф. Л.М. Перельгин пригласил молодого кандидата наук на должность доцента возглавляемого им курса. После кончины своего учителя в 1959 г. Б.Н. Уголев достойно продолжил его дело и в течение 40 лет руководил этим курсом.

Ведущий отечественный древесиновед проф. Б.Н. Уголев внес крупный вклад в развитие науки о древесине. Исследования в области физических и механических свойств древесины, заложившие основы таких научных направлений, как реология, внутренние напряжения, неразрушающие методы контроля состояния древесины, были развиты его учениками и последователями. Хорошо известны работы Б.Н. Уголева и его школы в области сушительных напряжений и деформационных превращений древесины. Он состоит членом рабочей группы по сушке древесины ИЮФРО и технического комитета РИЛЕМ по конструкционным материалам, входил в состав программных комитетов международных форумов, выступал с докладами и читал лекции во многих европейских странах, в США и Канаде. В 2005 г. опубликован доклад «Сушительные деформации древесины» на 9-й конференции ИЮФРО по сушке древесины (Китай).

В последние годы был выполнен цикл исследований в области деформативности древесины и влияния на нее изменений наноструктуры, редуцированной усушки, замороженных деформаций. Эти исследования памяти древесины на температурно-влажностные воздействия легли в основу академической лекции «Древесина как природный интеллектуальный материал», прочитанной Б.Н. Уголевым на конференции ИАВС в 2009 г., проходившей сначала в СПбГЛТА, а затем в МГУЛ. Этот акт международного признания научных достижений юбиляра, а также то, что ежегодное пленарное заседание ИАВС впервые было проведено в России, подтвердило высокий авторитет возглавляемого Б.Н. Уголевым межгосударственного Регионального координационного совета по современным проблемам древесиноведения (РКСД). Среди организаторов этой представительной конференции был РКСД, входящий в состав УМО по образованию в области лесного дела. Совет, функционирующий при МГУЛ под эгидой ИАВС, принял участие в организации ряда лесных форумов в системе РАН (Красноярск, 2007; Москва, 2008; С.-Петербург, 2009), ежегодных сессий и семинаров, ведет Реестр экспертов.

Более полувека продолжается педагогическая деятельность Б.Н. Уголева в стенах МЛТИ-МГУЛ. Перу Б.Н. Уголева принадлежит более 320 работ, среди них монографии, учебные пособия, программы, методические руководства и др. Вышли в свет 4- и 5-е издания его учебника по древесиноведению и лесному товароведению для вузов (2005 г. и 2007 г.), 2- и 3-е издания учебника для техникумов (2006 г. и 2010 г.).

Продолжается его деятельность в области стандартизации в качестве члена ТК «Лесоматериалы»; разработана русская версия проекта международного стандарта ISO «Словарь терминов для лесоматериалов». Крепнет сотрудничество с Российской академией архитектуры и строительных наук, Научным советом по деревянным конструкциям.

Б.Н. Уголев – научный консультант «Большой российской энциклопедии» и автор многих статей в других энциклопедических изданиях, член редколлегии журналов «Древарски вискум» (Словакия), «Деревообрабатывающая промышленность» (Россия). Много лет он сотрудничает с «Лесным журналом», систематически информируя читателей о древесиноведческих форумах у нас и за рубежом.

Сердечно поздравляем Бориса Наумовича с юбилеем, желаем ему здоровья, дальнейших успехов в науке и высшем лесном образовании.

В.Г. Санаев, А.Н. Обливин

Московский государственный университет леса

V.G. Sanaev, A.N. Oblivin
Moscow State Forest University

Jubilee of B.N. Ugolev



НЕКРОЛОГИ

ПАМЯТИ СТАНИСЛАВА ИВАНОВИЧА МОРОЗОВА

30 мая 2010 г. на 81-м году ушел из жизни известный ученый, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, почетный работник высшего профессионального образования РФ, член-корреспондент РИА, лауреат премии Ломоносовского фонда Станислав Иванович Морозов, который более 40 лет возглавлял кафедру теоретической механики АЛТИ–АГТУ и более 30 лет являлся членом редколлегии и заместителем главного редактора «Известий высших учебных заведений. Лесного журнала».

С.И. Морозов родился 9 сентября 1929 г. в г. Борисоглебске Воронежской области. В 1952 г. окончил с отличием лесоинженерный факультет Ленинградской лесотехнической академии. После окончания вуза работал техноруком и начальником лесопункта Винницкого леспромхоза треста «Ленлес», учился в аспирантуре ЛТА (1956–1958 гг.). Затем работал начальником лаборатории лесотранспорта СевНИИПа и после успешной защиты кандидатской диссертации на тему «Угон пути лесовозных узкоколейных железных дорог и мероприятия по борьбе с ним» заместителем директора по научной работе (1959–1965 гг.).

Вся дальнейшая деятельность Станислава Ивановича была связана с АЛТИ–АГТУ, кафедрой теоретической механики, где в полной мере проявился его педагогический дар. Лекции С.И. Морозова отличались глубиной изложения материала, четкостью формулировок. Он разработал методику решения задач статики матричным методом с помощью ЭВМ, внедрил в учебный процесс новую теорию соударения двух плоских тел.

В 1984 г. С.И. Морозов защитил докторскую диссертацию на тему «Устойчивость температурно-напряженного железнодорожного пути», в 1987 г. ему присвоено звание профессора.

Научные исследования были направлены на разработку: теории и технологии закрепления пути от угона рельсов; технологии строительства зимних лесовозных дорог, которая внедрена в производство, составлены инструкции и технологические карты под грифом Минлеспрома СССР; основ применения сварного пути на лесовозных УЖД; теории и математической модели расчета устойчивости температурно-напряженной рельсо-шпальной решетки, технологии укладки рельсовых плетей.

Профессор С.И. Морозов создал научную школу по конструированию и методам расчета железнодорожного пути, под его руководством подготовлено пять кандидатских и одна докторская диссертации. Был активным членом специализированных советов по защите докторских и кандидатских диссертаций. По результатам научных исследований опубликовано около 200 работ, в том числе монографии, учебные пособия и др.

На посту заместителя главного редактора «Лесного журнала» С.И. Морозов многое сделал для повышения научного уровня этого авторитетного издания. Широта его научных интересов, фундаментальные знания, конструктивный подход к обсуждаемым в статьях проблемам обеспечивали возможность научного редактирования статей по различным научным направлениям. Его школу прошли начинающие ученые всех вузов лесного профиля в России и ближнем зарубежье.

Высочайший профессионализм, огромное трудолюбие, требовательность и человечность, истинная интеллигентность – эти качества отличали Станислава Ивановича. Память о талантливом ученом, замечательном педагоге сохранится в наших сердцах, а его дело продолжат коллеги и ученики.

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

In memory of Stanislav I. Morozov

University administration staff of Arkhangelsk State Technical University,
editorial board and editorial staff of "Lesnoi Zhurnal"

