

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

6

2009

ИЗДАТЕЛЬ – АРХАНГЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Главный редактор – д-р техн. наук, проф. **А.Л. Невзоров**

Заместители главного редактора:

д-р хим. наук, проф. **О.М. Соколов**, 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. Мозолева**, д-р техн. наук, проф. **Д.Г. Мясищев**, д-р с.-х. наук, проф. **Е.Н. Наквасина**, канд. с.-х. наук, доц. **О.А. Неволин**, 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 техн. наук, проф. **В.Я. Харитонов**, 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» № 6

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

Сдан в набор 01.10.2009. Подписан в печать 11.11.2009. Заказ № 263
Форм. бум. 70×108 1/16. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 13,83. Усл. кр.-отг. 13,83.
Уч.-изд. л. 17,714. 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

- В.А. Козлов, М.В. Кистерная, Я.А. Неронова.* Влияние лесохозяйственных мероприятий на плотность и химический состав древесины сосны обыкновенной..... 7
- А.К. Габделхаков, А.А. Арсланов.* Структура и продуктивность фитомассы лесных культур липы Башкирского Предуралья..... 13
- В.В. Чмелев.* О новой технологии и комбинированном орудии для создания культур хвойных пород семенным путем..... 20
- О.М. Корчагин, В.Ю. Заплетин.* Анатомическое строение листовых пластинок всходов дуба черешчатого в условиях различного затенения посевов..... 24
- В.А. Славский, Е.А. Николаев.* Сравнительная характеристика орехов рода *Juglans* в Центральном Черноземье и перспективы введения их в культуру. 29
- Д.Н. Торбик, П.А. Феклистов, О.Д. Кононов.* Естественное возобновление в ельниках черничных, пройденных рубками обновления..... 34
- Р.В. Сергеев, А.И. Шургин.* Размножение *in vitro* генотипов ивы с повышенным содержанием биологически активных веществ для плантационного выращивания на салицин..... 40
- С.Н. Сенькина.* Транспирация и устьичное сопротивление сосны обыкновенной в разных условиях произрастания..... 45
- В.П. Шелуха, В.А. Сидоров.* Диагностика и распространение бактериоза березы в Брянской области..... 53

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

- Ю.А. Ширнин, В.И. Чернякевич.* Исследование напряжений дорожных плит поляриционно-оптическим методом..... 60
- П.Н. Перфильев, В.А. Барабанов, А.А. Митрофанов.* Методика расчета параметров линеек из плоских сплочных единиц для условий лесосплава на криволинейных участках рек..... 67
- В.С. Морозов, Е.Г. Фомин.* Исследование реологических свойств мерзлого торфа..... 72
- А.М. Кочнев.* Математическая модель циркуляции мощности в трансмиссии колесного трелевочного трактора..... 80

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

- Е.Н. Покровская, Г.Н. Кононов, И.Н. Чистов, Н.В. Великанова.* Химические превращения древесины при длительном контакте с грунтами..... 88
- П.Ю. Бунаков.* Теория технологического сопутствия как основа интеграции конструкторской, технологической и экономической информации в комплексной САПР корпусной мебели..... 94
- А.В. Артемов, В.Г. Буриндин, В.В. Глухих, В.Г. Дедюхин.* Исследование физико-механических свойств древесных пластиков, полученных методом экструзии..... 101
- А.Е. Алексеев, С.В. Бутаков.* Экспериментальная оценка определения объемов древесных материалов газодинамическим способом..... 106

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- А.А. Комиссаренков, Л.Л. Парамонова, Г.Ф. Пругло.* Синтез и применение цинк-каолинита в композиции бумажной массы..... 114
- А.А. Комиссаренков, В.Г. Хорьков.* Модифицирование мела НПАВ для использования в качестве добавки в процессе облагораживания макулатуры при роспуске..... 119
- А.И. Безлаковский, В.К. Дубовый.* Связеобразование в минерально-волоконистых композитах повышенной прочности..... 125
- В.И. Комаров, Л.А. Блинова, В.А. Спиридонов.* Возможность определения величины силы трения в структуре волоконистых целлюлозно-бумажных материалов..... 131
- П.В. Кауров, Н.Н. Кокушин.* Сопоставление расчетных и экспериментальных данных при обезвоживании бумажной массы на гидропланках..... 135

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

- Д.Е. Чалых, А.В. Оводов, Е.Д. Гельфанд.* О цикличности формирования годичного слоя древесины культур сосны..... 139
- Л.В. Алексеева, А.Н. Деснев.* К оценке ресурсов древесных отходов лесопиления. 141
- А.В. Коптина, А.И. Шургин, А.В. Канарский, З.А. Канарская, Е.Ю. Тарасова, М.Я. Трemasов.* Эффективность адсорбции Т-2 микотоксина корой ивы *Salix acutifolia* L. 145

ЮБИЛЕИ

- Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, Архангельский государственный технический университет, коллеги, друзья.*
Славный юбилей академика Н.А. Моисеева..... 149
- М.П. Чернышов, А.Н. Смольянов.* Юбилей В.А. Бугаева..... 150



CONTENTS

FORESTRY

- V.A. *Kozlov, M.V. Kisternaya, Ya.A. Neronova.* Influence of Forestry Measures on Density and Chemical Wood Composition of Scotch Pine..... 7
- A.K. *Gabdelkhakov, A.A. Arslanov.* Structure and Productivity of Cultivated Lime Phytomass in Bashkirian Pre-Ural Region..... 13
- V.V. *Chmelev.* On New Technology and Combined Tool for Creating Cultivated Coniferous Species by Seeding..... 20
- O.M. *Korchagin, V.Yu. Zapletin.* Anatomical Structure of Sprouts Laminas of English Oak under Different Crops Shading..... 24
- V.A. *Slavsky, E.A. Nikolaev.* Comparative Characteristic of Black Walnuts in the Central Chernozem Area and Prospects of their Cultivating..... 29
- D.N. *Torbik, P.A. Feklistov, O.D. Kononov.* Natural Reforestation in Spruce Bilberry Forests after Regeneration Felling..... 34
- R.V. *Sergeev, A.I. Shurgin.* Reproduction in Vitro of Willow Genotypes with High Content of Bioactive Substances for Plantation Growing for Salicin..... 40
- S.N. *Senkina.* Transpiration and Stomatal Resistance of Scotch Pine in Different Growing Conditions..... 45
- V.P. *Shelukho, V.A. Sidorov.* Diagnostics and Spread of Birch Bacteriosis in Bryansk Region..... 53

WOODEXPLOITATION

- Yu.A. *Shirnin, V.I. Chernyakevich.* Study of Pavement Plates Stress by Photoelasticity Method..... 60
- P.N. *Perfiljev, V.A. Barabanov, A.A. Mitrofanov.* Design Technique of Lines' Characteristics Made of Flat Raft Sections for Timber Rafting in Curve River Reaches..... 67
- V.S. *Morozov, E.G. Fomin.* Investigation of Rheological Characteristics of Frozen Peat..... 72
- A.M. *Kochnev.* Mathematical Model of Power Circulation in Wheeled Skidder Transmission..... 80

MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOODSCIENCE

- E.N. *Pokrovskaya, G.N. Kononov, I.N. Chistov, N.V. Velikanova.* Chemical Transformations of Wood under Long Contact with Soil..... 88
- P.Yu. *Bunakov.* Theory of Technological Accompanying as Integration Basis for Design, Technological and Economic Information in Complex CAD of Cabinet Furniture..... 94
- A.V. *Artemov, V.G. Buryndin, V.V. Glukhikh, V.G. Dedyukhin.* Study of Physical-mechanical Properties of Wood Plastics Got by Extrusion..... 101
- A.E. *Alekseev, S.V. Butakov.* Experimental Assessment of Determining Wood Materials Volumes by Gas-dynamic Method..... 106

CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD

- A.A. *Komissarenkov, L.L. Paramonova, G.F. Pruglo.* Synthesis and Application of Zink-kaolinite in Pulp Composition..... 114
- A.A. *Komissarenkov, V.G. Khorkov.* Modification of Chalk by Nonionic Surfactant to be Used as Additive for Wastepaper Recovery under Disintegration..... 119
- A.I. *Bezlakovskiy, V.K. Dubovyyj.* Bond-formation in Mineral-fiber Composites of High Strength..... 125
- V.I. *Komarov, L.A. Blinova, V.A. Spiridonov.* Possibility of Determining Magnitude of Friction Force in Structure of Fiber Pulp-and-Paper Materials..... 131
- P.V. *Kaurov, N.N. Kokushin.* Comparison of Calculation and Experimental Data at Paper Stock Dewatering by Hidrofoils..... 135

SUMMARIES AND EXCHANGE OF TEACHING

- D.E. *Chalykh, A.V. Ovodov, E.D. Gelfand.* On Cyclicity of Annual Ring Formation for Cultivated Pine..... 139
- L.V. *Alekseeva, A.N. Desnev.* To Assessment of Resources of Sawmilling Waste Wood..... 141
- A.V. *Koptina, A.I. Shurgin, A.V. Kanarsky, Z.A. Kanarskaya, E.Yu. Tarasova, M. Ya. Tremasov.* Efficiency of T-2 Mycotoxin Adsorption by Bark of Willow *Salix Acutifolia* L..... 144

JUBILEES

- Northern Scientific-research Institute of Forestry, Arkhangelsk State Technical University, colleagues, friends.* Glorious Jubilee of Academician N.A. Moiseev. 149
- M.P. *Chernyshov, A.N. Smoljanov.* Jubilee of V.A. Bugaev..... 150
-



УДК 582.475:630*181.65:630*237(470.22)

В.А. Козлов¹, М.В. Кистерная², Я.А. Неронова¹¹Институт леса Карельского НЦ РАН²ФГУК «Государственный историко-архитектурный и этнографический музей-заповедник «Кижы»

Козлов Валерий Александрович родился в 1941 г., окончил в 1963 г. Петрозаводский государственный университет, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории лесоведения и лесоводства Института леса Карельского НЦ РАН. Имеет более 160 печатных работ в области древесиноведения.
E-mail: forest@krc.karelia.ru



Кистерная Маргарита Васильевна родилась в 1967 г., окончила в 1990 г. Ленинградский государственный университет, кандидат технических наук, старший научный сотрудник ФГУК «Государственный историко-архитектурный и этнографический музей-заповедник «Кижы». Имеет более 50 печатных работ в области древесиноведения.
E-mail: wood2000@krc.karelia.ru



Неронова Яна Анатольевна родилась в 1980 г., окончила в 2002 г. Петрозаводский государственный университет, сотрудник лаборатории лесоведения и лесоводства Института леса Карельского НЦ РАН. Имеет 4 печатные работы в области древесиноведения.
E-mail: neronovaya@mail.ru



ВЛИЯНИЕ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ПЛОТНОСТЬ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

Приведены данные долговременных наблюдений за плотностью и химическим составом древесины сосны обыкновенной в сосняках травяно-сфагновых на осушенной мезоевтрофной торфяной почве после рубок ухода и внесения удобрений.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, плотность древесины, химический состав, минеральные удобрения, осушение, рубки ухода.

Сочетание высокой биологической продуктивности и качества древесины хвойных пород остается нерешенной проблемой. Лесохозяйственные мероприятия (рубки ухода, мелиорация, внесение удобрений) способствуют повышению прироста сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), однако их влияние на качество древесины не столь однозначно. Благодаря более интенсивному росту деревьев на мелиорированных площадях во второй половине вегетации увеличивается доля поздней древесины в годичном слое [3]. Плотность как интегральный показатель качества древесины может

изменяться по-разному [4, 6]. Проведение комплекса лесохозяйственных мероприятий вызывает синергетическое воздействие на биомассу древесных фракций и рост дерева, при этом уменьшается отрицательное влияние на качество древесины.

Внесение дополнительных питательных веществ на минеральных почвах в целом приводит к снижению плотности, так как изменяется соотношение ранней и поздней древесины и уменьшается толщина клеточных оболочек [10]. В насаждениях на торфяно-болотных почвах, которые до гидромелиорации отличались замедленным ростом, это мероприятие способствует более полному использованию элементов питания на формирование прироста древостоя [2]. При этом плотность повышается за счет увеличения толщины клеточных оболочек, а соотношение поздней и ранней древесины сохраняется [1].

Разреживание древостоев на осушенных землях активизирует камбиальную деятельность дерева, однако не приводит к существенному снижению плотности древесины. Отмечается увеличение плотности поздней древесины на 25...30 %, однако ее доля несколько снижается [4].

Ранее нами были описаны изменения в годичном кольце, происходящие под влиянием рубок ухода и внесения удобрений в осушенных сосняках [3]. В данной работе мы приводим результаты долговременного влияния комплекса лесохозяйственных мероприятий на плотность и химический состав древесины.

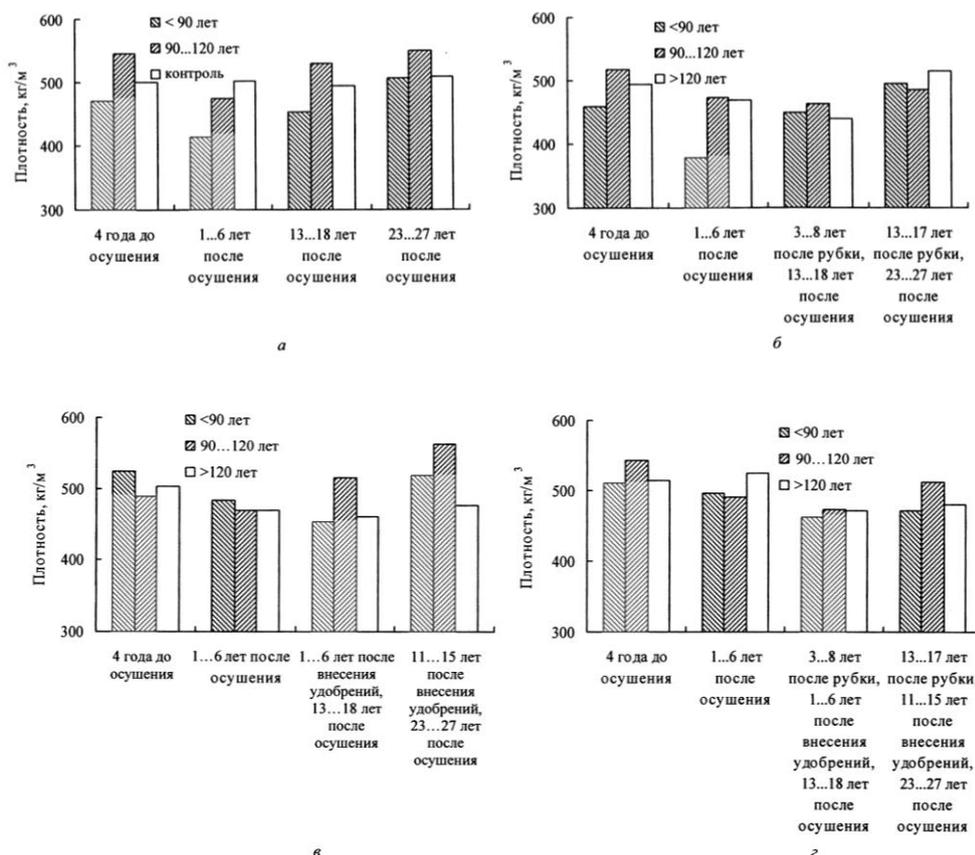
Исследования проводили на опытных участках Института леса Карельского НЦ РАН, заложенных на территории стационара «Киндасово» (Пряжинский район Республики Карелия), в одном из наиболее распространенных типов осушенных лесов – сосняке травяно-сфагновом на мезоевтрофной торфяной почве. Изучали пять вариантов древостоев: I – осушенный; II – осушенный, пройденный проходной рубкой; III – осушенный, удобрённый; IV – осушенный, пройденный проходной рубкой, удобрённый; V – контроль – неосушенный 90–120-летний. Осушение выполнено в 1972 г., проходные рубки с полной выборкой березы на варианте II – в 1982 г., на IV – в 1984 г., минеральные удобрения ($N_{75}P_{125}K_{75}$) вносили в 1984 г. Подробное описание опытных участков приведено в работе [9].

Физико-химические свойства древесины сосны изучали на кернях, отобранных с модельных деревьев на высоте 1,3 м возрастным буравом Пресслера, и на спилах. Диаметр и высота моделей близки к средним значениям диаметра (18,7 см) и высоты (15,8 м) конкретного древостоя, т. е. их можно отнести к средней по толщине категории деревьев.

Плотность древесины образцов до и после лесохозяйственных мероприятий определяли по выталкивающей силе [7]. Для изучения годичной динамики внутрикольцевой плотности использовали рентгеновский плотномер [5]. В статье приведены данные о базисной плотности. Статистическую достоверность полученных результатов рассчитывали по коэффициенту корреляции Пирсона (p – вероятность ошибки).

Элементный состав древесины исследовали методом классического термического сжигания и последующего анализа продуктов разложения на CHNS-анализаторе Perkin-Elmer в аналитической лаборатории Института биологии Коми НЦ РАН. После сухого озоления образцов находили зольность, содержание общего азота – по Кьельдалю, фосфора – по Труоргу, калия – пламеннофотометрическим методом. Смолистые вещества определяли гравиметрическим методом после экстракции этиловым спиртом [8]. Анализы выполнены в аналитической лаборатории Института леса КарНЦ РАН.

До проведения лесохозяйственных мероприятий плотность древесины на всех участках была примерно одинаковой: для деревьев возраста до 90 лет – 497 ± 6 ; 90...120 лет – 523 ± 3 ; более 120 лет – 503 ± 5 кг·м⁻³. Изменение плотности древесины под влиянием осушения, внесения удобрений и рубок представлено на рисунке.



Влияние осушения (а), рубок ухода (б), внесения минеральных удобрений (в), рубок ухода и внесения удобрений (г) на плотность древесины сосны в сосняках травяно-сфагновых на мезоевтрофной почве

Наиболее резко плотность древесины снизилась в первое пятилетие после мелиорации: у деревьев моложе 120 лет в среднем на 20 % ($p = 0,003$), старше 120 лет – на 8 % ($p = 0,002$). Однако через 13...18 лет плотность древесины на осушенной торфяной почве превысила контроль (вариант I). Эта тенденция сохранялась в течение всего периода наблюдений.

Полученные данные о снижении плотности древесины в первое пятилетие после гидrolесомелиорации за счет образования менее толстостенных трахеид [3] согласуются с результатами С.П. Ефремова [1] для хорошо осушенного мелкозалежного болота и В.А. Ипатьева [2], изучавшего сосняки осоково-сфагновые на торфяно-болотных почвах. Некоторое снижение плотности древесины молодых деревьев сосны, когда осушение сопровождается значительным увеличением прироста, отмечал и О.И. Полубояринов [6].

После гидrolесомелиорации возрастает биомасса ассимиляционного аппарата [9], что способствует лучшему снабжению зон роста ассимилянтами, интенсивной работе камбия, активным процессам роста клеток и синтеза их вторичных стенок. Плотность древесины после адаптационного периода повышается благодаря увеличению доли поздней и плотности ранней древесины [3].

Изреживание осушенного древостоя (вариант II) практически не влияет на плотность древесины 90–120-летних деревьев, через 3...8 лет после рубки она снижается на 2 % ($p = 0,25$), а через 14...18 лет увеличивается на 4 % ($p = 0,19$). В возрасте до 90 лет в первые 8 лет плотность повышается на 16 % ($p < 0,005$), в последующие годы еще на 7 % ($p = 0,10$). Реакция деревьев старше 120 лет на изменение светового режима проявляется значительно позже, через 14...18 лет плотность возросла на 16 % ($p = 0,08$).

Комплекс лесохозяйственных мероприятий (проходная рубка + удобрение) вызвал наиболее значительное увеличение прироста (в 2 раза), в результате плотность древесины уменьшилась на 12 %.

По данным О.И. Полубояринова [8], для сохранения выработки волокнистых полуфабрикатов при снижении плотности древесины необходимо приблизительно в той же мере увеличить объем ее заготовки и переработки. Наши исследования показали, что в результате проведения комплекса лесохозяйственных мероприятий уменьшается плотность древесины, но поскольку при этом существенно повышается прирост (в 2 раза), то общий запас также возрастает, что особенно важно для химической переработки древесины (использование такого сырья в ЦБП).

При интенсивном росте деревьев изменяются не только анатомическое строение и плотность, но и химический состав древесины, что влияет на качество изготавливаемой из нее продукции. Результаты анализа химического состава древесины сосны, сформировавшейся под влиянием различных лесохозяйственных мероприятий, приведены в таблице.

Как видим, лесохозяйственные мероприятия не привели к изменению количества основных структурообразующих элементов древесины — водорода и углерода. Возрос процент азота и незначительно снизилось содержание фосфора, сохранившееся на весь период исследований (до 2003 г.).

При внесении удобрений содержание зольных элементов увеличивается за счет уменьшения толщины клеточных стенок поздних трахеид и более интенсивного образования ранней древесины, в которой больше золы, лигнина, пентозанов и экстрактивных веществ [3]. Дополнительное минеральное питание направлено в первую очередь на создание ассимиляционного аппарата [9], что приводит к снижению содержания азота в древесине (см. таблицу), особенно заметному в первые 5 лет после внесения удобрений, и влияет на размеры формирующихся трахеид [3]. В образцах, отобранных на участке комплексного ухода, количество азота остается постоянным с некоторым повышением через 15 лет после проведения мероприятий, а фосфора становится больше.

Достоверное влияние на содержание смолистых компонентов оказывает лишь осушение ($p < 0,05$). Последующие рубка и внесение удобрений приводят к некоторому увеличению смолопродуктивности древостоев, однако на участке комплексного ухода (вариант IV) оно наблюдается только в течение 5 лет после проведения мероприятий.

Выводы

1. Лесомелиорация в долговременной перспективе положительно влияет на плотность древесины сосны, произрастающей в сосняках травяно-сфагновых на мезоевтрофной торфяной почве.

2. При изреживании (проходной рубке), а также внесении минеральных удобрений в осушенных древостоях не происходит достоверного снижения плотности древесины.

3. Комплексный уход на мелиорированных почвах (проходная рубка в сочетании с дополнительным минеральным питанием) негативно влияет на плотность древесины.

4. В целях формирования древесины с высокой плотностью более эффективны лесохозяйственные мероприятия на осушенных землях в древостоях III–IV классов возраста.

5. Лесохозяйственные мероприятия не вызывают заметного изменения химического состава древесины, что является положительным фактором при использовании ее в качестве сырья для химической переработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ефремов, С.П.* Пионерные древостои осушенных болот [Текст] / С.П. Ефремов. – Новосибирск, 1987. – 249 с.
2. *Ипатьев, В.А.* Гидролесомелиорация и качество древесины [Текст] / В.А. Ипатьев // Современные проблемы гидролесомелиорации: тез. докл. Третьего советско-финского симпозиума, г. Псков, 9–10 сент. 1982. – Л., 1982. – С. 116–119.
3. *Кистерная, М.В.* Изменение анатомического строения древесины сосны под влиянием лесохозяйственных мероприятий [Текст] / М.В. Кистерная, Я.А. Аксененкова // Лесн. журн. – 2007. – № 4. – С. 19–24. – (Изв. высш. учеб. заведений).

4. *Козлов, В.А.* Изменение свойств древесины при внесении удобрений на осушенных землях [Текст] / В.А. Козлов, В.А. Матюшкин // Информ. матер. – СПб, 1992. – С. 55–56.
5. *Козлов, В.А.* Информационный листок № 218-79 [Текст] / В.А. Козлов, М.М. Филлипов. – Петрозаводск: ЦНТИ, 1979. – 2 с.
6. *Оболенская, А.В.* Практические работы по химии древесины и целлюлозы [Текст] / А.В. Оболенская [и др.]. – М., 1965. – 412 с.
7. *Полубояринов, О.И.* Исследование качества болотных и осушенных хвойных насаждений [Текст] / О.И. Полубояринов // Влияние условий произрастания и лесохозяйственных мероприятий на свойства древесины и целлюлозы: сб. – Петрозаводск, 1980. – С. 33–55.
8. *Полубояринов, О.И.* Плотность древесины [Текст] / О.И. Полубояринов. – М., 1976. – 160 с.
9. *Саковец, В.И.* Экологические аспекты гидролесомелиорации в Карелии [Текст] / В.И. Саковец, Н.И. Германова, В.А. Матюшкин. – Петрозаводск, 2000. – 155 с.
10. *Mörling, T.* Effects of fertilization and thinning on heartwood area, sapwood area, and growth in Scots pine [Text] / T. Mörling . – Scand. J. For. Res. – 1999. – Vol. 14. – P. 279.

Поступила 29.05.08

V.A. Kozlov¹, M.V. Kisternaya², Ya.A. Neronova¹

¹ Forest Institute of Karelian Research Centre, RAS

² FSUK State Historical-architectural and Ethnographic Culture Preserve «Kizhi»

Influence of Forestry Measures on Density and Chemical Wood Composition of Scotch Pine

The data of long-term observations over wood density and chemical composition of Scotch pine are provided for grass-sphagnum pine stands on drained meso-eutrophic peat soil after thinning and fertilization.

Keywords: Scotch Pine, wood, density, chemical composition, mineral fertilizers, drainage, thinning.

УДК 630*5: 630*17 + 582.795

А.К. Габделхаков, А.А. Арсланов

Башкирский государственный аграрный университет

Габделхаков Айдар Кавилович родился в 1965 г., окончил в 1987 г. Башкирский сельскохозяйственный институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства Башкирского государственного аграрного университета. Имеет более 20 печатных работ по проблемам продуктивности и структуры фитомассы насаждений липы мелколистной.

E-mail: aliya201199@mail.ru; duvanles@mail.ru



Арсланов Айрат Альфитович родился в 1983 г., окончил в 2005 г. Башкирский государственный аграрный университет, аспирант кафедры лесных культур БГАУ. Имеет 4 печатные работы по проблемам продуктивности и структуры фитомассы культур липы мелколистной.

Тел.: 8-927-23-26-940



СТРУКТУРА И ПРОДУКТИВНОСТЬ ФИТОМАССЫ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР ЛИПЫ БАШКИРСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

Изучены запасы надземной фитомассы и годичной продукции по фракциям лесных культур липы мелколистной. Полученные данные дополнены сведениями о запасах фитомассы подлеска, травяного покрова и лесной подстилки.

Ключевые слова: лесные культуры, липа мелколистая, надземная фитомасса, годичная продукция, фракции.

Липовые леса – доминирующий тип лесной растительности Башкортостана (21,5 % площади лесного фонда республики). Большой частью они сформировались под антропогенным воздействием, являются вторичными и характеризуются средней и низкой производительностью (III–IV классы бонитета), в то время как искусственные насаждения липы мелколистной (или со значительной долей ее участия) представляют собой продуктивные фитоценозы (I–II классы бонитета). Сравнительная оценка естественных и искусственных фитоценозов, образованных липой мелколистной, антропогенного воздействия, их рекреационных и санитарно-гигиенических функций наиболее полно может осуществляться на основе параметров первичной биологической продуктивности, являющейся интегральным показателем состояния биогеоценоза.

Исследования по определению фитомассы и годичной продукции отдельных деревьев и древостоев липы мелколистной малочисленны. Наиболее известны работы [3, 4, 9–13 и др.], посвященные изучению естественных липняков. Публикаций о биологической продуктивности искусственных древостоев мало [16].

Цель данной работы – оценить продуктивность искусственных липняков в условиях Башкирского Предуралья. Объектом нашего исследования служили лесные культуры липы мелколистной, расположенные в черте г. Уфы и относящиеся к зоне широколиственных лесов лесной и лесостепной подзон Русской равнины. Климат резко континентальный (среднегодовая температура +2,5 °С, разница между абсолютными максимумом и минимумом 83 °; среднее годовое количество осадков 487 мм с колебаниями от 308 до 818 мм, из них 62...303 мм выпадает за вегетационный период со среднесуточной температурой более +5 °С).

Закладка пробных площадей (ПП), описание лесных культур, определение таксационных показателей, рубка модельных деревьев, статистическая обработка материалов осуществлены общепринятыми методами [1, 5, 7, 8].

Рельеф расположения ПП ровный, почвы темно-серые лесные тяжело- и среднесуглинистые. Лесные культуры созданы 2+3-летними саженцами на землях, выведенных из-под сельскохозяйственного пользования, подготовка почвы сплошная. Культуры состоят из шести рядов липы (на ПП 4 – пяти), чередующихся с двумя рядами следующих пород: на ПП 1 клена ясенелистного (*Acer negundo* L.); на ПП 2 яблони лесной (*Malus sylvestris* Mill.), березы пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.), клена ясенелистного, ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.); на ПП 3 березы пушистой, яблони лесной, клена ясенелистного; на ПП 4 через 3 м с восточной и западной сторон примыкают по пять рядов культуры лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) и сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Шаг посадки на ПП 1–3 равен 0,75 м, ширина междурядий 2,4 м, а на ПП 4 соответственно 0,5 и 2,0 м. Сохранность и состояние культур различно: остались единичные экземпляры ели сибирской и березы пушистой; стволы клена ясенелистного везде искривленные, кроны часто суховершинные. Деревья липы имеют прямые, малосбежистые, на 6...8 м очищенные от сучьев стволы, высоко поднятые и компактные кроны. Некоторые деревья образовали порослевые гнезда с 2...5 стволами разного возраста. Подроста нет, подлесок редкий, в основном представлен кленом остролистным (*Acer platanoides* L.), ясенелистным (*A. negundo* L.), рябиной обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.) и черемухой обыкновенной (*Padus racemosa* G.). Состояние насаждений удовлетворительное, их интенсивно посещают отдыхающие.

Тип условий местопроизрастания D₂, (на ПП 4 – C₂). Таксационная характеристика древостоев (учтены только ряды с липой мелколистной) приведена в табл. 1. Исследованные культуры липы IV класса возраста оказались в 1,2–1,5 раза продуктивнее чистых естественных липняков Предуралья и развиваются по I–II классам бонитета шкалы М.М. Орлова.

Таблица 1

Таксационные показатели культур липы мелколистной

Показатели	ПП 1	ПП 2	ПП 3	ПП 4
Возраст, лет	39	39	34	36
Средние:				
высота, м	15,2	15,8	11,6	14,9
диаметр, см	12,6	13,7	9,5	11,3
Класс бонитета	I	I	II	I

Густота, экз.·га ⁻¹	4024	3262	3345	4524
Сумма площадей сечений, м ² ·га ⁻¹	50,53	48,85	23,55	45,14
Запас, м ³ ·га ⁻¹ :				
сырораствующий	381	303	129	362
сухостойный	7	5	9	15
Относительная полнота по таблицам*:				
стандартным [6]	$\frac{1,7}{1,8}$	$\frac{1,6}{1,3}$	$\frac{0,9}{0,9}$	$\frac{1,5}{1,7}$
вспомогательным для Предуралья [15]	$\frac{1,5}{1,5}$	$\frac{1,4}{1,2}$	$\frac{0,8}{0,8}$	$\frac{1,4}{1,5}$

* В числителе показатели по сумме площадей сечений; в знаменателе – по запасу.

Таблица 2

Статистические характеристики уравнений регрессии вида $Y = a(d^2h)^b$
для выравнивания биопродукционных показателей деревьев (Y)

Показатели*	Фитомасса, кг				Годичная продукция, кг			Площадь листовой поверхности, м ²
	ствола		кроны		стволов		ветвей	
	Древесина	Кора	Ветви	Листья	Древесина	Кора		
Пробная площадь 1								
<i>a</i>	144,189	30,659	29,697	3,655	10,368	2,205	3,143	66,477
<i>b</i>	0,983	0,842	1,072	1,109	0,757	0,616	1,070	1,108
<i>F</i>	455	380	39	40	50	28	51	40
<i>R</i> ²	98	98	84	85	87	79	88	85
<i>S_e</i>	0,151	0,141	0,561	0,575	0,351	0,381	0,490	0,575
<i>E_m</i>	0,106	0,101	0,412	0,378	0,255	0,259	0,342	0,378
Пробная площадь 2								
<i>a</i>	127,495	34,636	21,093	5,834	12,681	3,488	2,027	75,982
<i>b</i>	0,878	0,941	0,832	0,843	0,950	1,014	0,684	0,843
<i>F</i>	792	1210	25	25	41	39	28	26
<i>R</i> ²	99	99	77	78	85	85	79	78
<i>S_e</i>	0,084	0,074	0,456	0,454	0,403	0,439	0,355	0,454
<i>E_m</i>	0,070	0,058	0,288	0,351	0,287	0,311	0,246	0,351
Пробная площадь 3								
<i>a</i>	143,279	33,684	79,475	13,839	8,960	2,106	7,630	253,391
<i>b</i>	1,001	0,903	1,438	1,432	0,697	0,599	1,194	1,434
<i>F</i>	579	424	117	59	13	9	90	59
<i>R</i> ²	99	98	94	89	63	53	93	89
<i>S_e</i>	0,119	0,126	0,380	0,534	0,560	0,578	0,360	0,534
<i>E_m</i>	0,081	0,088	0,278	0,366	0,375	0,358	0,260	0,366
Пробная площадь 4								
<i>a</i>	138,430	38,700	20,582	2,044	6,104	1,961	1,602	45,670
<i>b</i>	1,076	0,919	0,857	0,712	0,764	0,602	0,658	0,788
<i>F</i>	2206	2735	60	77	66	42	43	87
<i>R</i> ²	99	99	91	93	92	88	88	92
<i>S_e</i>	0,563	0,043	0,272	0,199	0,231	0,227	0,247	0,208

$$E_m \quad | \quad 0,038 \quad | \quad 0,029 \quad | \quad 0,167 \quad | \quad 0,133 \quad | \quad 0,175 \quad | \quad 0,169 \quad | \quad 0,174 \quad | \quad 0,140$$

* a, b – коэффициенты регрессионного уравнения; F – значимость уравнения по критерию Фишера; R^2 – коэффициент детерминации, %; S_e – стандартная ошибка уравнения; E_m – средняя абсолютная ошибка.

Методика определения надземной фитомассы и годичной продукции приведена нами ранее [2, 14]. Запас фитомассы древостоя рассчитан по данным 8 модельных деревьев на каждой пробной площади, отобранных в средних рядах культур методом направленной выборки (по одному дереву на ступень толщины) и случайной в пределах ступени. Фитомасса подлеска и живого напочвенного покрова установлена по данным учетных площадок размером 4 и 1 м² соответственно. Надземная фитомасса по фракциям определена непосредственным взвешиванием, а годичная продукция – расчетным путем, все показатели приведены в абс. сухой массе.

Таблица 3

Биопродукционные показатели древостоев

Показатели	ПП 1	ПП 2	ПП 3	ПП 4
Фитомасса, т·га ⁻¹ :				
Ствол:				
Древесина	<u>147,63</u>	<u>126,96</u>	<u>50,48</u>	<u>109,31</u>
	68,51	67,80	63,46	63,34
Кора	<u>37,20</u>	<u>32,11</u>	<u>14,43</u>	<u>38,26</u>
	17,26	17,14	18,14	22,17
Итого	<u>184,83</u>	<u>159,07</u>	<u>64,91</u>	<u>147,57</u>
	85,77	84,94	81,60	85,51
Крона:				
Ветви	<u>27,42</u>	<u>22,15</u>	<u>12,45</u>	<u>22,27</u>
	12,73	11,83	15,65	12,90
Листва	<u>3,23</u>	<u>6,05</u>	<u>2,19</u>	<u>2,75</u>
	1,50	3,23	2,75	1,59
Итого	<u>30,65</u>	<u>28,20</u>	<u>14,64</u>	<u>25,02</u>
	14,23	15,06	18,40	14,49
Всего	<u>215,48</u>	<u>187,27</u>	<u>79,55</u>	<u>172,59</u>
	100,00	100,00	100,00	100,00
Годичная продукция, т·га ⁻¹ ·год:				
Ствол:				
Древесина	<u>14,01</u>	<u>11,65</u>	<u>5,90</u>	<u>7,61</u>
	59,06	50,17	5,60	49,29
Кора	<u>3,57</u>	<u>2,98</u>	<u>1,71</u>	<u>2,72</u>
	15,05	12,83	14,67	17,62
Итого	<u>17,58</u>	<u>14,63</u>	<u>7,61</u>	<u>10,33</u>
	74,11	63,00	65,27	66,91
Крона:				

Ветви	<u>2,91</u> 12,27	<u>2,54</u> 10,94	<u>1,86</u> 15,95	<u>2,36</u> 15,28
Листва	<u>3,23</u> 13,62	<u>6,05</u> 26,06	<u>2,19</u> 18,78	<u>2,75</u> 17,81
Итого	<u>6,14</u> 25,89	<u>8,59</u> 37,00	<u>4,05</u> 34,73	<u>5,11</u> 33,09
Всего	<u>23,72</u> 100,00	<u>23,22</u> 100,00	<u>11,66</u> 100,00	<u>15,44</u> 100,00
Фитодетрин, т·га ⁻¹	<u>3,68</u> –	<u>3,53</u> –	<u>4,17</u> –	<u>4,76</u> –
Площадь листвы, га	<u>5,89</u> –	<u>7,95</u> –	<u>3,59</u> –	<u>5,45</u> –

Примечание. В числителе – абсолютные показатели, в знаменателе – %.

Результаты регрессионного анализа зависимости фитомассы и годичной продукции отдельного дерева от d^2h (произведение квадрата диаметра ствола на его высоту, м³) в исследуемых липняках представлены в табл. 2, по данным которой можно судить о высокой значимости полученных уравнений (уровень значимости $\alpha < 0,03$, в том числе для фракций годичной продукции коры стволов ПП 3, где $F = 9$ и $R^2 = 53\%$).

Выравненные по уравнениям регрессии значения показателей биопродуктивности и частотное распределение деревьев по ступеням толщины позволили рассчитать фитомассу и годичную продукцию липняков (табл. 3). Фитомасса стволов изменяется от 65 до 185 т·га⁻¹, в том числе коры от 14 до 38 т·га⁻¹. Масса кроны составляет 15...31 т·га⁻¹, в том числе листьев 2...6 т·га⁻¹. Годичная продукция варьирует от 12 до 24 т·га⁻¹. Абсолютные значения фитомассы и годичной продукции по фракциям исследованных культур липы зависят от их полноты, как и близкие соотношения показателей в общей доле.

Таблица 4

Запасы биомассы нижних ярусов и их статистические показатели

№ пробной площади	Средняя масса, кг·га ⁻¹	Стандартное отклонение	Стандартная ошибка среднего	Коэффициент вариации, %	Точность определения средней, %	Годичная продукция, кг·га ⁻¹
Подлесок						
2	<u>36 ± 33</u>	<u>38,2</u>	<u>17,1</u>	<u>105,1</u>	<u>47,0</u>	<u>36</u>
	<u>14 ± 13</u>	<u>14,9</u>	<u>6,7</u>	<u>107,6</u>	<u>48,1</u>	<u>14</u>
3	<u>329 ± 127</u>	<u>145,3</u>	<u>64,9</u>	<u>44,2</u>	<u>19,7</u>	<u>281</u>
	<u>117 ± 69</u>	<u>79,0</u>	<u>35,3</u>	<u>67,8</u>	<u>30,3</u>	<u>117</u>
4	<u>212 ± 31</u>	<u>71,4</u>	<u>16,0</u>	<u>33,7</u>	<u>7,5</u>	<u>102</u>
	<u>31 ± 2</u>	<u>5,7</u>	<u>1,3</u>	<u>18,3</u>	<u>4,1</u>	<u>31</u>
Травяной покров						
1	<u>43 ± 16</u>	<u>35,8</u>	<u>8,0</u>	<u>83,8</u>	<u>18,8</u>	<u>69</u>

2	62 ± 24	53,7	12,0	86,4	19,3	69
3	75 ± 17	38,8	8,7	51,7	11,6	96
4	24 ± 9	23,6	4,6	98,4	19,3	32
Лесная подстилка						
1	$\frac{2272 \pm 466}{860 \pm 162}$	$\frac{651,9}{227,1}$	$\frac{206,2}{71,3}$	$\frac{28,7}{26,4}$	$\frac{9,1}{8,4}$	–
	$\frac{3436 \pm 891}{2721 \pm 890}$	$\frac{1246,9}{1244,9}$	$\frac{394,3}{393,7}$	$\frac{36,3}{45,8}$	$\frac{11,5}{14,5}$	–
3	$\frac{3616 \pm 1019}{500 \pm 212}$	$\frac{1426,1}{296,8}$	$\frac{450,9}{93,9}$	$\frac{32,4}{59,4}$	$\frac{12,5}{18,8}$	–

Примечание. В числителе – данные для общей массы, в знаменателе – для листьев. Доверительные границы массы рассчитаны с вероятностью 95 %. На ПП 4 массу лесной подстилки не определяли.

На ПП 1 подлеска нет, а на остальных ПП он представлен 1–3-летними всходами различных видов, высотой менее 0,5 м, фитомасса и годовая продукция которых невелики (табл. 4) и также зависят от полноты древесного яруса.

В изученных лесных культурах флористический состав травостоя относительно беден (зафиксировано 7...10 видов) в результате сильного средообразующего воздействия тенистого полога липы. Фитомасса травяного покрова колеблется от 24 до 75 кг·га⁻¹ (табл. 4) и сильно варьирует (51...98 %) в пределах пробной площади, а годовая продукция не превышает 96 кг·га⁻¹.

Масса сухостойных стволов и мертвых ветвей в кронах живых деревьев изменяется в пределах 3,5...4,8 т·га⁻¹. Некромасса, заключенная в лесной подстилке, равна 2,3...3,6 т·га⁻¹, из которой на долю листьев приходится от 14 до 79 % (табл. 4). Суммарная площадь листовой поверхности (с одной стороны) составляет 3,6...8,0 га на 1 га древостоев.

Полученные данные о первичной биопродуктивности культур липы мелколистной могут быть использованы для решения задач лесовыращивания, оценки динамики накопления углерода и других целей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ануцин, Н.П. Лесная таксация [Текст]: учеб. для вузов / Н.П. Ануцин. – 5-е изд., доп. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 552 с.
2. Габделхаков, А.К. Первичная продуктивность липняков Башкирского Предуралья [Текст] / А.К. Габделхаков // Лесоведение. – 2001. – № 3. – С. 38–45.
3. Дылис, Н.Д. Фитомасса лесных биогеоценозов Подмосковья [Текст] / Н.Д. Дылис, Л.М. Носова. – М.: Наука, 1977. – 144 с.
4. Карманова, И.В. Пространственная структура сложных сосняков [Текст] / И.В. Карманова, Т.Н. Судницына, Н.А.Ильина. – М.: Наука, 1987. – 201 с.
5. Лакин, Г.Ф. Биометрия [Текст] / Г.Ф. Лакин. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
6. Общесоюзные нормативы для таксации лесов [Текст] / В.В. Загребев

[и др.]. – М.: Колос, 1992. – 495 с.

7. *Огиевский, В.В.* Обследование и исследование лесных культур [Текст] / В.В. Огиевский, А.А. Хиров. – М.: Лесн. пром-сть, 1964. – 51 с.

8. ОСТ 56-69–83. Площади пробные лесостроительные. Метод закладки [Текст]. – М.: ЦБНТИлесхоз, 1984. – 60 с.

9. *Ремезов, Н.П.* Потребление и круговорот азота и зольных элементов в лесах европейской части СССР [Текст] / Н.П. Ремезов, Л.Н. Быкова, К.М. Смирнов. – М.: Изд-во МГУ, 1959. – 284 с.

10. *Ситдииков, Р.Г.* Продуктивность липовых насаждений и научные основы их воспроизводства [Текст] / Р.Г. Ситдииков. – Уфа: Гилем, 1999. – 135 с.

11. *Смирнов, В.В.* Продуктивность древостоев подзоны широколиственно-еловых лесов. Сообщ. 3. Продуктивность 77-летнего древостоя липы [Текст] / В.В. Смирнов, В.Г. Семенова // Растит. ресурсы. – 1970. – Т. 6, № 2. – С. 165–176.

12. *Соколов, П.А.* Состояние и теоретические основы формирования липняков [Текст] / П.А. Соколов. – Йошкар-Ола: Марийск. кн. изд-во, 1978. – 208 с.

13. *Уварова, С.С.* Рост и фитомасса древостоев липы в Свердловской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.02 / С.С. Уварова. – Екатеринбург, 2006. – 23 с.

14. *Хайретдинов, А.Ф.* Распределение надземной фитомассы в снытьевых липняках Башкирского Предуралья [Текст] / А.Ф. Хайретдинов, А.К. Габделхаков, К.М. Габдрахимов // Лесн. журн. – 1994. – № 1. – С. 14–18. – (Изв. высш. учеб. заведений).

15. *Шестаков, А.Ф.* Лесотаксационные таблицы, рекомендуемые для Башкирской АССР [Текст] / А.Ф. Шестаков. – Уфа, 1966. – С. 8.

16. *Tokar, F.* Nadzemna biomasa zmiesaneho porastu oreha cierneho (*Juglans nigra* L.) a lipy malolistej (*Tilia cordata* Mill.) [Text] / F.Tokar // Lesnictvi. – 1986. – R. 32, C. 11. – S. 1011–1020.

Поступила 17.10.08

A.K. Gabdelkhakov, A.A. Arslanov
Bashkiria State Agrarian University

Structure and Productivity of Cultivated Lime Phytomass in Bashkirian Pre-Ural Region

The top phytomass stock and annual products are studied for cultivated tillet fractions. The received information is complemented by the data on undergrowth phytomass stock, grass cover and forest floor.

Keywords: cultivated trees, tillet, top phytomass, annual products, fractions.

УДК 630*232

В.В. Чмелев

Воронежская государственная лесотехническая академия

Чмелев Вячеслав Викторович родился в 1984 г., окончил в 2006 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, аспирант ВГЛТА. Имеет 12 печатных работ в области механизации лесовосстановительных работ.
E-mail: vstt20@rambler.ru



О НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ И КОМБИНИРОВАННОМ ОРУДИИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ КУЛЬТУР ХВОЙНЫХ ПОРОД СЕМЕННЫМ ПУТЕМ

Описаны ресурсосберегающая технология и средства ее реализации для создания и восстановления на лесокультурных площадях культур ценных хвойных пород семенным путем.

Ключевые слова: лесовосстановление, лесные культуры, посев, ресурсосбережение, комбинированное орудие.

В настоящее время лесные культуры создают двумя способами: посевом семян на лесокультурных площадях и посадкой сеянцев и саженцев. Каждый способ имеет ряд преимуществ [3–5 и др.]. Посев больше соответствует природе леса, естественному возобновлению. Лес, созданный посевом семян, обычно более долговечен и биологически устойчив по сравнению с посаженным. При посевах исключаются травмирование и деформация корневых систем, не требуется закладка лесных питомников, ниже трудоемкость работ.

При посадке сеянцы и саженцы на лесокультурной площади в первые годы растут быстрее, чем всходы, так как стадию замедленного роста они прошли в питомнике. Поэтому ухаживать за такими культурами проще. Они меньше страдают от конкуренции сорняков, выжимания, повреждений птицами и грызунами. Легче создавать смешанные лесные культуры, размещать равномерно посадочные места. Однако посадка, начиная от выращивания посадочного материала и заканчивая переводом насаждений в лесные культуры, предполагает большое число технологических операций: вспашку почвы в питомнике, ее культивацию и боронование, посев семян, неоднократный уход за посевами, перешколивание, выкопку саженцев, их высадку на лесокультурную площадку в предварительно подготовленную почву и последующие агротехнические уходы. Для выполнения этих операций требуется значительное число дорогостоящих орудий (12...15 шт.) и тракторов различных марок [2], горюче-смазочные материалы, большие материальные и трудовые затраты. В современных экономических условиях восстановить хвойные леса таким путем практически нереально из-за отсутствия финансовых средств в лесхозах и лесничествах.

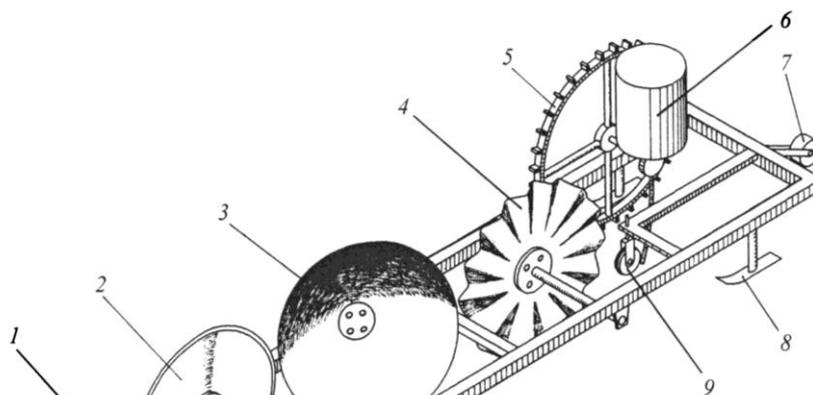
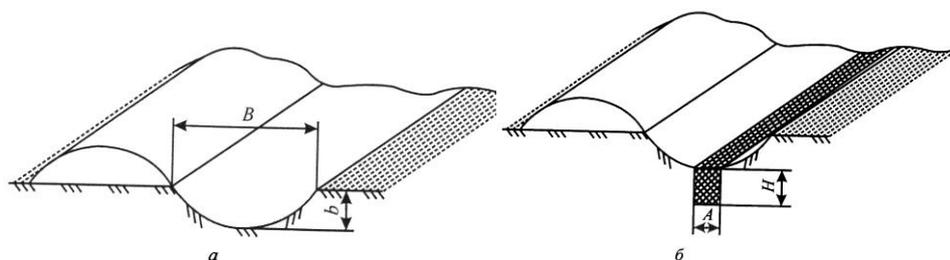


Рис. 1. Общий вид комбинированного устройства

На кафедре механизации лесного хозяйства и проектирования машин ВГЛТА в настоящее время разрабатывается новый ресурсосберегающий способ восстановления хвойных лесов на вырубках [1]. В отличие от существующих данный способ заключается в последовательном выполнении ряда технологических операций: срезании дернины сферическим диском, рыхлении посевной бороздки, высеве семян, дискретном поливе и заделке бороздки.

Для реализации технологии предложено комбинированное устройство для одновременной предпосевной обработки почвы и посева мелких лесных семян (приоритет 2007117458 от 10.05.2007), изображенное на рис. 1. Оно включает: несущую раму 1 с навесным устройством; сферический диск 3 для снятия дернины, установленный под углом к продольной оси рамы с возможностью вращения и регулировки угла наклона в зависимости от типа обрабатываемой почвы; рабочий орган 4 для рыхления посевной бороздки, представляющий собой волновой диск, который может вращаться на оси, поперечно прикрепленной к раме; высевающий аппарат поштучного высева 6 с приводом от колеса 5, снабженный грунтозацепами; прикапывающий каток 7 и каток-бороздообразователь 9. На раме закреплены дисковый нож 2, обеспечивающий курсовую устойчивость, и четыре регулируемые по высоте ползовидные опоры 8, позволяющие задавать нужную глубину посевной борозды.

Предлагаемое комбинированное устройство работает следующим образом. При движении орудия по задернелой почве дисковый нож подрезает кромку будущей сферической посевной борозды для качественного оборота пласта, сферический диск срезает дернину на глубину $b = 80 \dots 100$ мм, перемещая ее в одну сторону с образованием сферической посевной борозды шириной $B \geq 250$ мм (рис. 2, а). Волновой диск при поступательном



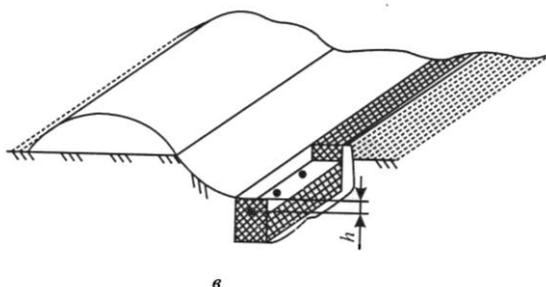


Рис. 2. Схема ресурсосберегающей технологии восстановления хвойных пород на вырубках

движении устройства входит в зацепление с почвой и совершает вращательное движение. При этом рыхлится посевная борозда и формируется посевная бороздка рациональной ширины $A \leq 30$ мм и глубины $H = 30 \dots 50$ мм (рис. 2, б). При помощи высевачающего аппарата точного высева с катком-бороздообразователем в разрыхленную посевную бороздку укладывают семена на глубину $h = 10 \pm 1$ мм (рис. 2, в) с минимальным отклонением от заданной, что способствует лучшей приживаемости. Поштучный посев 1...2 семян в лунку производится строчно-гнездовым способом. Высевачающий аппарат приводится в действие колесом, снабженным грунтозацепами, позволяющими копировать профиль почвы и снижать проскальзывание, а следовательно, и неравномерность высева. Прикатывающий каток установлен в задней части рамы при помощи подпружиненных рычагов, удерживающих его в постоянном контакте с почвой. Этим достигается качественная заделка бороздки и требуемая степень уплотнения почвы. Курсовую устойчивость устройства обеспечивает дисковый нож в передней части рамы.

Для работы устройства требуется небольшое тяговое усилие, поэтому его можно агрегатировать с трактором малой мощности, мотоблоком или использовать ручной вариант.

Предлагаемый способ позволяет снизить расход ценного семенного материала в 30–50 раз, повысить производительность процесса создания лесных культур за счет высвобождения многих технологических операций и используемой техники по сравнению с существующими способами и снизить в 15–20 раз материальные и трудовые затраты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2316926 Российская Федерация, МПК⁷ А01С 5/00, А01С 7/00, А01G 23/00. Способ посева семян хвойных пород на вырубках и лесокультурных площадях [Текст] / Л.Т. Свиридов, В.В. Чмелев, М.С. Хрипченко, Т.Л. Свиридов; заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. лесотехн. акад. – № 2006121335/12; заявл. 15.06.2006; опубл. 20.02.2008, Бюл. № 5. – 3 с.
2. Пошарников, Ф.В. Технология и техника в лесной промышленности [Текст]: учеб. пособие: в 2 ч. Ч. 2. Транспорт леса и лесовосстановительные работы / Ф.В. Пошарников. – Воронеж: ВГЛТА, 1998. – 180 с.
3. Редько, Г.И. Лесные культуры [Текст]: учеб. для вузов / Г.И. Редько [и др.]. – М.: Лесн. пром-сть, 1980. – 368 с.

4. Свиридов, Л.Т. К обоснованию технологии восстановления дубрав семенным путем [Текст] / Л.Т. Свиридов, М.С. Хрипченко // Лесной и химический комплексы: проблемы и решения: сб. статей по материалам Всерос. науч.-практ. конф. 24–25 апр. 2003 г. / СибГТУ. – Красноярск, 2003. – С. 195–200.

5. Тольский, А.П. Лесное семеноводство [Текст] / А.П. Тольский. – М.: Гослесбумиздат, 1950. – 168 с.

Поступила 10.06.08

V.V. Chmelev

Voronezh State Forest Engineering Academy

On New Technology and Combined Tool for Creating Cultivated Coniferous Species by Seeding

Resource-saving technology and its implementation technique are described for creation and regeneration of valuable coniferous species on forest areas by seeding.

Keywords: reforestation, forest cultures, resource-saving, combined tool.

УДК 630*581.82

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



АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ЛИСТОВЫХ ПЛАСТИНОК ВСХОДОВ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО В УСЛОВИЯХ РАЗЛИЧНОГО ЗАТЕНЕНИЯ ПОСЕВОВ

Представлены результаты анатомической структуры листьев всходов дуба черешчатого, выращиваемых при различном затенении посевов.

Ключевые слова: дуб черешчатый, всходы, затенение, анатомия, лист.

Главная задача лесного хозяйства Центральной лесостепи РФ – создание устойчивых и продуктивных семенных дубрав. Ключевым моментом в ее решении является сохранение самосева до возраста благонадежного подроста. Первый год, этап всходов, – наиболее критический в жизни дуба черешчатого (*Quercus robur* L.), когда наблюдается массовая гибель молодых растений. Методы экологической анатомии [4] помогают раскрыть закономерности роста всходов дуба черешчатого в условиях различного затенения, ибо именно недостаток освещения лимитирует выживание самосева под материнским пологом [5, 6].

Таблица 1

**Корреляционная матрица связей между затенением
и толщиной тканей листа**

Показатель	<i>E</i>	<i>ВЭ</i>	<i>НЭ</i>	<i>СМ</i>	<i>ГМ</i>	<i>ТЛ</i>	<i>K_n</i>
<i>E</i>	1,00±0,00	-0,84±0,13	-0,98±0,02	-0,87±0,11	-0,94±0,06	-0,95±0,05	-0,46±0,36
<i>ВЭ</i>	-0,84±0,13	1,00±0,00	0,84±0,13	0,88±0,10	0,65±0,26	0,87±0,11	0,70±0,16
<i>НЭ</i>	-0,98±0,02	0,84±0,13	1,00±0,00	0,83±0,14	0,86±0,11	0,90±0,08	0,47±0,35
<i>СМ</i>	-0,87±0,11	0,88±0,10	0,83±0,14	1,00±0,00	0,83±0,14	0,98±0,02	0,78±0,18
<i>ГМ</i>	-0,93±0,06	0,65±0,26	0,86±0,11	0,83±0,14	1,00±0,00	0,92±0,07	0,30±0,41
<i>ТЛ</i>	-0,95±0,05	0,87±0,11	0,90±0,08	0,98±0,02	0,92±0,07	1,00±0,00	0,64±0,26
<i>K_n</i>	-0,46±0,36	0,80±0,16	0,47±0,35	0,78±0,18	0,30±0,41	0,64±0,26	1,00±0,00

Примечание. *E* – затенение; *ВЭ, НЭ* – толщина верхнего и нижнего эпидермиса; *СМ, ГМ* – толщина столбчатого и губчатого мезофилла; *ТЛ* – толщина листа; $K_{п}$ – коэффициент палисадности.

В 2002 г. в лесном питомнике Правобережного лесничества Учебно-опытного лесхоза ВГЛТА были произведены модельные посевы дуба черешчатого. Для обеспечения различного затенения всходов использовали деревянные решетообразные щиты, которые пропускали атмосферные осадки и не влияли на спектральный состав солнечного света.

Опыт представлял собой четыре варианта затенения и контроль. Разные исследователи утверждают, что для сохранности всходов дуба достаточно 5, 12, 25 и 50 % от полного солнечного освещения [1, 2]. Поэтому в вариантах 1, 2, 3 и 4 было выбрано затенение соответственно 50, 75, 88 и 95 % от полного солнечного освещения. На контрольных участках затеняющие щиты не устанавливали. В каждый вариант опыта и контроль входило по 4 повторности, на каждую из них по 4 повторения площадью 1 м².

Анализ корреляционной матрицы показал, что между затенением и толщиной тканей листа в целом наблюдается обратная зависимость (табл. 1).

Общее снижение размеров тканей листа по мере затенения посевов от 0 до 95 % составило: для верхней эпидермы – 44,0; нижней – 22,5; столбчатого мезофилла – 55,3; губчатого – 29,4; общей толщины листовой пластинки – 40,4 %. Таким образом, наибольшая доля в суммарной толщине листовой пластинки предопределена, в первую очередь, размерами столбчатого мезофилла. Он представлен одним слоем, поэтому изменения длины клеток по мере затенения посевов подчиняются тем же закономерностям, что и для палисадной ткани в целом (табл. 2).

Обращает на себя внимание тот факт, что ширина клеток столбчатого мезофилла с усилением затенения не уменьшается. Напротив, сначала наблюдается тенденция к увеличению ширины клеток столбчатого мезофилла (затенение 88 %), а затем уже существенное ее возрастание (95 %). Это согласуется с данными И.С. Малкиной [3] для клена остролистного, которая указывала, что при затенении клетки палисадной паренхимы начинают расти преимущественно в ширину, а не в высоту, как при сильном освещении.

Доля губчатого мезофилла в четвертом варианте (46 %) существенно выше, чем во всех остальных (34...37 %). По мере затенения посевов не установлено существенного изменения размеров клеток губчатого мезофилла, хотя отмечена устойчивая тенденция увеличения межклетников.

Соотношение столбчатого и губчатого мезофиллов (коэффициент палисадности K_p) при затенении 0...88 % составляло 0,9...1,2. При затенении 95 % K_p существенно уменьшается до 0,67. Еще более показательное соотношение длин клеток столбчатого и губчатого мезофиллов: около 4 в контроле и первом варианте; 2,5 во втором и третьем вариантах; 1,9 при наибольшем затенении посевов.

Усиление затенения посевов в целом ведет к уменьшению толщины листовой пластинки, однако эта зависимость имеет ряд особенностей. Так,

изменение затенения на 13 % (от 75 до 88 %) слабо отразилось на толщине листовой пластинки ($t = 2,5$), а меньшее изменение на 7 % (от 88 до 95 %) существенно повлияло на ее размеры ($t = 7,0$). Самое большое изменение освещенности на 50 % (от 0 до 50 %) вызвало снижение толщины листовой пластинки всего на 8 %, а ослабление на 25 % (от 50 до 75 %) – уменьшение почти в 3 раза большее (на 25 %).

Максимальное уменьшение толщины столбчатого мезофилла (на 28,4 %) произошло при несущественном усилении затенения посевов на 7 % (от 88 до 95 %). Нарастание затенения на 38 % (от 50 до 88 %) практически никак не повлияло на толщину верхней эпидермы, в то время как последующее 7 %-е снижение освещенности привело к резкому (почти на 33 %) уменьшению толщины верхней эпидермы по сравнению с предыдущими вариантами.

Несмотря на различия в изменении размеров отдельных тканей, процентный состав каждой из них по мере уменьшения общей толщины листа в разных вариантах опыта оставался примерно таким же, как в контроле. Лишь в четвертом варианте доля столбчатого мезофилла существенно снизилась от 37 до 28 %, а губчатого возросла от 38 до 46 %.

Соотношение размеров тканей столбчатого и губчатого мезофиллов во всех вариантах опыта и контроле было примерно одинаковым (около 1,0), при затенении же 95 % составило $0,650 \pm 0,025$.

К концу первого вегетационного периода особи четвертого варианта отличались низким уровнем жизнеспособности и полностью погибли к началу второго вегетационного периода. Одной из причин такого исхода является, на наш взгляд, уменьшение толщины верхнего эпидермиса почти на 33 % по сравнению с другими вариантами опыта. Это вызвало существенное ослабление функций первичной покровной ткани листа, что неизбежно привело к снижению его устойчивости к неблагоприятным факторам внешней среды.

Выводы

1. С усилением затенения всходов дуба черешчатого меньший градиент потери освещенности ведет в целом к более существенному изменению анатомической структуры листьев.

2. Уменьшение толщины листовой пластинки всходов при затенении посевов определяется изменением размеров столбчатого мезофилла и верхней эпидермы.

3. Толщина столбчатого мезофилла и верхней эпидермы в наибольшей степени зависит от степени затенения.

4. При затенении 95 % к концу вегетационного периода наблюдалась полная гибель особей четвертого варианта. При уровнях затенения 88 и 75 % всходы в перспективе могут сохраняться к началу второго вегетационного периода.

5. В связи с полной гибелью всходов, произраставших при затенении 95 %, с большой долей вероятности можно предположить, что анатомиче-

ские характеристики их листьев, на наш взгляд, могут быть использованы как критерии нежизнеспособности всходов дуба черешчатого.

6. Анатомические критерии нежизнеспособности всходов дуба черешчатого к концу первого вегетационного периода по причине критического для выживания уровня затенения следующие: коэффициент палисадности $\leq 0,65$ отн. ед.; отношение длин клеток столбчатого и губчатого мезофиллов $\leq 1,9$; доля столбчатого мезофилла ≤ 28 , губчатого ≥ 46 % общей толщины листовой пластинки; отношение размеров верхней и нижней эпидерм $\leq 1,0$; толщина нижней эпидермы ≤ 15 мкм; общая толщина листовой пластинки ≤ 107 мкм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Касимов, Д.В. Особенности подпологовых культур дуба [Текст] / Д.В. Касимов // Лесн. хоз-во. – 2000. – № 5. – С. 18–20.
2. Лосицкий, К.Б. Дуб [Текст] / К.Б. Лосицкий. – М.: Лесн. пром-сть, 1981. – 101 с.
3. Малкина, И.С. Влияние света на растяжение клеток мезофилла клена остролистного [Текст] / И.С. Малкина, А.Г. Ковалев // Бюл. Моск. о-ва испыт. природы. Отд. биол. – 1974. – Т. 79, вып. 5. – С. 17–24.
4. Фурст, Г.Г. Методы анатомо-гистохимического исследования растительных тканей [Текст] / Г.Г. Фурст. – М.: Наука, 1979. – 155 с.
5. Цельникер, Ю.Л. Влияние интенсивности света на оптические свойства хлоропластов и тканей листьев древесных пород [Текст] / Ю.Л. Цельникер // Физиология растений. – 1975. – № 4. – С. 695–701.
6. Ashton, P.M.S. A comparison of leaf physiology and anatomy of *Quercus* (section *Erythrobalanus*-Fagaceae) species in different light environments [Text] / P.M.S. Ashton, G.P. Berlyn // Amer. J. Bot. – 1994. – N 5. – P. 589–597.

Поступила 10.06.08

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

Anatomical Structure of Sprouts Laminas of English Oak under Different Crops Shading

The anatomical structure results of sprout leaves of English oak grown under different crops shading are provided.

Keywords: English oak, sprouts, shading, anatomy, leaf.

Таблица 2

Анатомическое строение листа всходов *Quercus robur* L. при различном затенении посевов (июль 2002 г.), мкм

Показатель	Контроль	Вари- ант 1, 50 %	$t_{к-1}$	Вари- ант 2, 75 %	$t_{к-2}$	t_{1-2}	Вари- ант 3, 88 %	$t_{к-3}$	t_{1-3}	t_{2-3}	Вари- ант 4, 95 %	$t_{к-4}$	t_{1-4}	t_{2-4}	t_{3-4}
Верхняя эпидерма:	27,0 ± 0,8	23,3 ± 0,7	3,6	19,9 ± 0,6	7,0	3,9	22,3 ± 0,7	4,5	1,0	2,7	15,0 ± 0,5	13,0	10,0	7,0	9,0
Длина клеток	22,9 ± 0,4	24,0 ± 0,6	1,5	19,8 ± 0,5	5,0	5,0	22,6 ± 0,9	0,3	1,3	2,9	18,6 ± 0,5	7,0	7,0	1,8	4,0
Ширина клеток	16,2 ± 0,3	17,6 ± 0,4	2,6	15,5 ± 0,2	1,8	4,3	17,8 ± 0,6	2,3	0,3	3,5	13,8 ± 0,4	5,0	7,0	4,0	6,0
Нижняя эпидерма:	18,2 ± 0,3	16,0 ± 0,8	2,5	15,8 ± 0,4	4,6	0,2	14,6 ± 0,4	6,0	1,5	2,0	14,1 ± 0,6	6,0	1,9	2,4	0,7
Длина клеток	15,7 ± 0,3	15,5 ± 0,3	0,4	15,7 ± 0,3	0,0	0,4	14,4 ± 0,4	2,7	2,2	2,7	17,1 ± 0,6	2,1	2,4	2,1	4,0
Ширина клеток	12,7 ± 0,3	10,8 ± 0,2	6,0	11,6 ± 0,2	3,4	2,6	11,5 ± 0,3	3,1	1,9	0,3	10,9 ± 0,3	4,9	0,3	2,1	1,5
Столбчатый мезофилл:	66,6 ± 1,0	67,0 ± 1,2	0,3	42,0 ± 1,1	17,0	15,0	41,6 ± 0,5	22,0	19,0	0,3	29,8 ± 0,3	35,0	29,0	11,0	20,0
Длина клеток	66,6 ± 1,0	67,0 ± 1,2	0,3	42,0 ± 1,1	17,0	15,0	41,6 ± 0,5	22,0	19,0	0,3	29,8 ± 0,3	35,0	29,0	11,0	20,0
Ширина клеток	10,3 ± 0,2	10,9 ± 0,2	2,3	10,4 ± 0,1	0,4	2,3	11,1 ± 0,2	3,0	0,8	3,2	12,1 ± 0,3	6,0	4,0	6,0	3,3
Губчатый мезофилл:	68,0 ± 0,7	58,7 ± 1,7	5,0	46,0 ± 0,8	20,0	7,0	40,7 ± 0,7	28,0	10,0	4,8	48,0 ± 1,3	14,0	5,0	1,3	5,0
Длина клеток	17,1 ± 0,6	16,5 ± 0,4	0,9	17,0 ± 0,4	0,1	0,9	16,7 ± 0,5	0,5	0,3	0,5	15,7 ± 0,4	2,1	1,5	2,5	1,7
Ширина клеток	12,2 ± 0,3	12,0 ± 0,4	0,4	12,3 ± 0,3	0,2	0,6	12,4 ± 0,3	0,4	0,8	0,2	12,9 ± 0,3	1,5	1,9	1,4	1,1
Длина межклетников	12,4 ± 1,0	11,6 ± 0,5	0,7	13,7 ± 0,6	1,1	2,5	15,7 ± 0,8	2,6	4,3	2,0	13,9 ± 0,5	1,3	3,1	0,2	1,9
Ширина межклетников	8,4 ± 0,6	8,8 ± 0,4	0,5	9,8 ± 0,4	1,9	1,7	10,5 ± 0,4	2,8	2,8	1,2	10,9 ± 0,5	3,3	3,3	1,8	0,6
Общая толщина листа	179,8 ± 0,9	165,0 ± 1,6	8,0	123,7 ± 1,6	32,0	19,0	119,2 ± 0,9	50,0	25,0	2,5	107,1 ± 1,5	41,0	26,0	8,0	7,0
Соотношение столбчатого и губчатого мезофиллов	0,98 ± 0,02	1,19 ± 0,04	4,7	0,93 ± 0,03	1,4	5,0	1,05 ± 0,03	1,9	2,8	2,8	0,65 ± 0,02	12,0	12,0	8,0	11,0

УДК 630*232

В.А. Славский¹, Е.А. Николаев²¹Воронежская государственная лесотехническая академия²Ботанический сад Воронежского государственного университета

Славский Василий Александрович родился в 1980 г., окончил в 2002 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, кандидат сельскохозяйственных наук, ассистент кафедры лесной таксации и лесоустройства, заведующий лабораторией АСУ и ГИС-технологий ВГЛТА. Имеет 14 печатных работ в области лесной селекции, генетики и семеноводства.

E-mail: vasilij1980@mail.ru



Николаев Евгений Александрович родился в 1942 г., окончил в 1963 г. Воронежский педагогический институт, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник Ботанического сада Воронежского государственного университета. Имеет 156 печатных работ в области селекции, генетики и интродукции древесных растений.

E-mail: vasilij1980@mail.ru



СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОРЕХОВ РОДА *JUGLANS* В ЦЕНТРАЛЬНОМ ЧЕРНОЗЕМЬЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВВЕДЕНИЯ ИХ В КУЛЬТУРУ

Рассмотрены виды орехов рода *Juglans*, культивируемые в Центральном Черноземье в разные годы. Отобраны и подробно изучены семь видов, наиболее перспективных для выращивания в климатических условиях региона.

Ключевые слова: селекция, интродукция, орехи рода *Juglans*, устойчивость, качество плодов, перспективы выращивания.

Род *Juglans*, в основе названия которого лежат латинские «*Jovis*» – Юпитер и «*glans*» – орех, насчитывает от 15...17 [4, 7, 8] до 40 видов [5], распространенных в умеренных широтах Северного полушария.

Известный лесовод-селекционер М.М. Вересин указывал, что без широко поставленной селекционной работы с применением гибридизации орехи рода *Juglans* пока непригодны для массового промышленного культивирования [1]. Опыты показывают, что задача вполне разрешима на основе селекции, и в будущем орехи, несомненно, могут войти в состав лесных и лесосадовых насаждений Центрального Черноземья. Этот вывод нам представляется правильным. Орехи как ценнейшие культуры (в особенности грецкий и черный) ни в коем случае не должны остаться в стороне при расширении ассортимента лесных и лесосадовых пород. Этот вопрос особенно актуален в связи с глобальным потеплением. Кроме того, орехи можно использовать не только в лесоводстве, но и как садовые и парковые культуры. В различной мере это применимо ко всем видам рода *Juglans*.

Орех как одна из ценнейших продовольственных пород, в первую очередь, должен возделываться в тех природно-климатических зонах, где он

не погибает от морозов. Можно ли такую теплолюбивую культуру разводить в более северных районах плодородства, в частности в Центральном Черноземье? Безусловно, но при этом необходимо ясно представлять, что данный регион считается зоной рискованного ореховодства, деревья в период плодоношения занимают значительную земельную площадь и вытесняют некоторые аборигенные растения. Если есть возможность посадить или посеять орех на пустующих землях, то это сделать крайне необходимо, на что неоднократно указывали разные авторы [3, 4, 7]. Но, к сожалению, на черноземных и лугово-аллювиальных почвах, где можно с успехом выращивать высокопродуктивные насаждения ореха, нередко создают малоценные культуры, требующие гораздо меньшего внимания.

Семена орехов необходимо заготавливать с деревьев местных форм, произрастающих в близлежащих районах, и высевать сразу на постоянное место, поскольку посадка саженцев не способствует лучшей адаптации ореха к новым условиям. Для посева отбирают семена с высокоурожайных, поздноцветущих, крупноплодных, устойчивых к морозам, вредителям и болезням деревьев [4, 7].

В разные годы в Центральном Черноземье было интродуцировано 13 видов рода *Juglans*, которые в различной степени пригодны для создания насаждений. Из них цветут и регулярно плодоносят 7 особо перспективных видов, представляющих наибольшую ценность для лесного, лесопаркового и садового хозяйства. Остальные виды находят применение исключительно в декоративном садоводстве. Для любого интродуцента в первую очередь важна устойчивость к внешним природно-климатическим факторам, от которой зависит жизнеспособность и продуктивность насаждений. Все показатели устойчивости растений определяли по стандартным общепринятым шкалам [2, 6].

По мере уменьшения зимостойкости наиболее перспективные виды рода *Juglans* можно расположить в следующем порядке: черный (*J. nigra* L.), Зибольда (*J. sieboldiana* Maxim.), сердцевидный (*J. cordiformis* Maxim.), маньчжурский (*J. manshurica* Maxim.), мелкоплодный (*J. microcarpa*), серый (*J. cinerea* L.), грецкий (*J. regia* L.).

Характер распределения изучаемых растений по мере снижения морозоустойчивости несколько иной: *J. manshurica*, *J. cinerea*, *J. cordiformis*, *J. sieboldiana*, *J. nigra*, *J. microcarpa*, *J. regia*.

Низкие показатели жаро- и засухоустойчивости не являются критическими признаками при интродукции орехов в Центральном Черноземье, тем не менее выявлено следующее распределение по мере их уменьшения: *J. regia*, *J. cinerea*, *J. nigra*, *J. microcarpa*, *J. cordiformis*, *J. sieboldiana*, *J. manshurica*.

Таким образом, из всех изучаемых видов наиболее устойчивы к природно-климатическим условиям исследуемого региона орехи сердцевидный, Зибольда и черный. Среди них встречаются «абсолютно» устойчивые формы (особенно это характерно для орехов черного и сердцевидного), которые ежегодно и обильно плодоносят и поэтому представляют огромный

Таблица 1

Морфологические показатели плодов орехов рода *Juglans*

Вид ореха	Размер плодов		Масса плодов		Толщина скорлупы	
	<i>M</i> , см	<i>C</i> , %	<i>M</i> ± <i>m</i> , г	<i>C</i> , %	<i>M</i> ± <i>m</i> , мм	<i>C</i> , %
Грецкий	3,2×2,8×2,9	12,4	9,05±0,03	19,4	1,20±0,01	14,7
Маньчжурский	3,4×2,2×2,3	7,9	5,72±0,02	11,4	3,20±0,01	12,6
Черный	3,5×2,9×3,4	23,3	9,74±0,03	24,0	2,60±0,01	21,1
Серый	7,4×3,3×4,0	15,2	22,72±0,05	27,5	4,00±0,02	18,0
Сердцевидный	2,5×2,1×2,3	6,3	6,12±0,02	7,8	1,60±0,01	6,8
Зибольда	2,7×2,4×2,5	11,5	7,08±0,02	9,9	3,40±0,01	10,1
Мелкоплодный	2,7×2,3×2,6	13,8	6,45±0,03	12,7	2,30±0,01	12,3

селекционный интерес; средний балл зимостойкости и морозоустойчивости у данных видов очень редко превышает 2,0 (обычно зимостойкость взрослых растений равна 1,4...1,5 балла). Более того, именно эти виды рода *Juglans* демонстрируют наилучшую устойчивость к болезням и вредителям. У местных форм ореха грецкого средний балл упомянутых показателей наилучший (2,2...2,4).

Важной характеристикой любой древесной породы является качество древесины. После проведенного анализа основных физико-механических свойств (плотность, коэффициент объемной усушки, твердость в торцевом направлении, сопротивление сжатию и скалыванию, ударный изгиб и т. д.) и общей эстетической оценки упомянутые виды рода *Juglans* в порядке ухудшения качества древесины можно расположить следующим образом: *J. nigra*, *J. regia*, *J. microcarpa*, *J. cordiformis*, *J. sieboldiana*, *J. manshurica*, *J. cinerea*.

Несмотря на то, что орехи являются растениями самого разнообразного применения, основную ценность представляют его плоды, следовательно, урожайность, качество плодов, стабильность плодоношения и продуктивность имеют большое значение. Морфологические признаки (табл. 1) и хозяйственная ценность плодов существенно зависят от почвенно-климатических факторов и своевременного проведения агротехнических мероприятий. При определении главных признаков было обследовано не менее 1000 плодов местных форм каждого из перечисленных видов, произрастающих в разных районах Центрального Черноземья, что свидетельствует о достаточно высокой достоверности исследований.

Из табл. 1 следует, что размеры и масса плодов данного вида наибольшие и сильно варьируют в пределах одной формы. Достаточно высокий коэффициент изменчивости по размерам, массе и толщине скорлупы имеют плоды ореха черного, что говорит о больших возможностях селекционного улучшения. Наибольшая однородность по всем приведенным критериям характерна для плодов ореха сердцевидного ($C < 8\%$).

Дополнительные морфологические показатели плодов орехов рода *Juglans* определяли глазомерно по установленной пятибалльной шкале [4, 7] (табл. 2).

Таблица 2

Дополнительные морфологические показатели плодов местных форм

Вид ореха	Твердость скорлупы	Наличие лакун	Число плодов в кисти	Извлекаемость ядра	Общая оценка
Грецкий	Нетвердая	Мало	1...4	Отличная	Отлично
Маньчжурский	Твердая	Среднее	3...7	Средняя	Удовлетворительно
Черный	Средняя	Много	1...3	«	«
Серый	Очень твердая	Очень много	1...5	Неудовлетворительная	Неудовлетворительно
Сердцевидный	Твердая	Среднее	7...12	Легкая	Хорошо
Зибольда	«	«	7...14	Средняя	«
Мелкоплодный	Средняя	Много	1...4	Сложная	Удовлетворительно

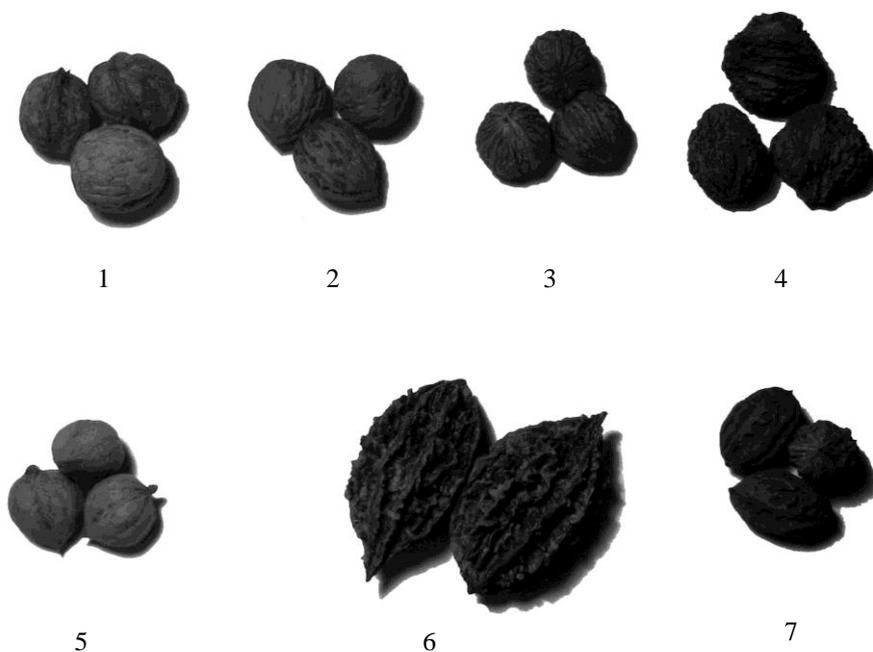
Общая оценка приведена с учетом обобщенных данных, представленных в табл. 1 и 2. Лучшими считаются плоды, имеющие небольшую толщину и твердость скорлупы и содержащие наименьшее количество лакун, от чего напрямую зависит извлекаемость ядра. Не представляют товарной ценности плоды с грубой, сильно разросшейся скорлупой. Положительным моментом является кистевое расположение плодов, что значительно повышает урожайность и декоративность растения.

Основные показатели качества плодов определяли по известным и общепринятым шкалам и методикам [6] (табл. 3).

Таблица 3

Качество плодов местных форм орехов рода *Juglans*

Вид ореха	Выполненность ядра	Выход ядра, %		Жирность, %		Вкус	Общая оценка
		$M \pm m$	C	$M \pm m$	C		
Грецкий	Хорошая	44,20±0,09	14,5	52,00±0,09	26,0	5	Отлично
Маньчжурский	«	18,80±0,07	10,2	49,00±0,08	30,2	4	Удовлетворительно
Черный	Средняя	22,60±0,07	10,8	54,00±0,10	24,8	5	Хорошо
Серый	Удовлетворительная	15,20±0,10	8,0	46,00±0,12	27,2	2	Неудовлетворительно
Сердцевидный	Хорошая	29,00±0,08	11,2	56,00±0,07	18,1	4	Хорошо
Зибольда	Отличная	24,70±0,07	12,4	51,00±0,08	31,2	4	«
Мелкоплодный	Средняя	20,20±0,11	10,6	51,00±0,12	23,9	4	Удовлетворительно



Плоды орехов рода *Juglans*: 1 – грецкого; 2 – Зибольда; 3 – мелкоплодного; 4 – черного; 5 – сердцевидного; 6 – серого; 7 – маньчжурского

Легче всего ядро отделяется у орехов грецкого и сердцевидного. Содержание жиров в плодах всех видов сильно варьирует ($C = 18...32\%$). Лучшими вкусовыми качествами (несмотря на то, что данный критерий является самым субъективным, определенная оценочная шкала все же существует [4, 6]) обладают орехи грецкий и черный. Немного хуже по вкусу орех Зибольда, но толстая скорлупа и, соответственно, низкий выход ядра не позволяют ему полноправно конкурировать с орехом грецким.

Орех сердцевидный, не обладающий десертным вкусом, представляет определенный интерес в связи с высокой и стабильной урожайностью. Учитывая достаточно хорошие вкусовые качества, легкость выделения ядра и очень высокую устойчивость ко всем неблагоприятным климатическим факторам, его необходимо разводить наравне с орехом грецким, а в условиях Центрального Черноземья, возможно, даже отдавать ему предпочтение. Внешний вид плодов изучаемых видов орехов показан на рисунке.

Безусловно, преждевременно говорить об орехе как очень рентабельной породе, подходящей для создания промышленных плантаций в Центральном Черноземье. Пока можно делать лишь предварительные выводы о больших перспективах разведения орехов рода *Juglans* в более северных районах по сравнению с естественным ареалом. Необходима селекционная работа, в том числе методами гибридизации и массового отбора выделяемых форм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вересин, М.М.* Леса воронежские. Происхождение, облик и будущее наших лесных ландшафтов [Текст]: учеб. пособие / М.М. Вересин. – Воронеж: Центр.-Черноз. кн. изд-во, 1971. – 224 с.
2. *Гурский, А.В.* Основные итоги интродукции древесных растений в СССР [Текст] / А.В. Гурский. – М.; Л.: АН СССР, 1957. – 308 с.
3. *Ермаков, Б.С.* Лесные растения в вашем саду [Текст] / Б.С. Ермаков. – М.: Экология, 1992. – С. 23–29.
4. *Николаев, Е.А.* Интродукция и селекция ореха грецкого в Воронежской области [Текст] / Е.А. Николаев, В.А. Славский, В.В. Тищенко. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2007. – 152 с.
5. Орехоплодные древесные породы [Текст] / Ф.Л. Щепотьев [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1985. – 224 с.
6. Программа и методика селекции плодовых и орехоплодовых культур [Текст] / под ред. Г.А. Лобанова. – Мичуринск, 1988. – 180 с.
7. *Славский, В.А.* Интродукция и селекция ореха грецкого в Воронежской области [Текст]: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.01 / В.А. Славский. – Воронеж, 2006. – 24 с.
8. *Сухоруких, Ю.И.* Орех грецкий и черный на юге России [Текст] / Ю.И. Сухоруких, П.И. Алентьев // Майкоп: МГТИ, 1999. – 210 с.

Поступила 10.06.08

V.A. Slavsky¹, E.A. Nikolaev²

¹ Voronezh State Forestry Engineering Academy

² Botanical garden of Voronezh State University

Comparative Characteristic of Black Walnuts in the Central Chernozem Area and Prospects of their Cultivating

The species of black walnuts cultivated in the Central Chernozem Area in different years are considered. Seven species are selected and studied in detail being the most perspective for growing in the climatic conditions of the region.

Keywords: selection, introduction, black walnuts, stability, fruit quality, prospects of growind.

УДК 630*24 : 630*231

Д.Н. Торбик¹, П.А. Феклистов², О.Д. Кононов³

¹Поморский государственный университет им. М.В. Ломоносова

²Архангельский государственный технический университет

³Архангельский НИИ сельского хозяйства РАСХН

Торбик Дарья Николаевна родилась в 1982 г., окончила в 2004 г. Поморский государственный университет им. М.В. Ломоносова, аспирант кафедры ботаники и общей экологии ПГУ. Имеет 7 печатных работ в области исследования влияния рубок ухода на формирование насаждений.

E-mail: dn.torbik@mail.ru

Феклистов Павел Александрович родился в 1950 г., окончил в 1972 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой экологии и защиты леса Архангельского государственного технического университета, член-корреспондент РАЕН. Имеет около 190 печатных работ в области лесоведения и экологии.

E-mail: feklitov@agtu.ru

Кононов Олег Дмитриевич родился в 1942 г., окончил в 1977 г. Всероссийский сельскохозяйственный институт, директор Архангельского НИИ сельского хозяйства РАСХН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесоводства и почвоведения Архангельского государственного технического университета. Имеет около 60 печатных работ по повышению продуктивности мелиорированных угодий.

E-mail: arhniish@atnet.ru



ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ В ЕЛЬНИКАХ ЧЕРНИЧНЫХ, ПРОЙДЕННЫХ РУБКАМИ ОБНОВЛЕНИЯ

Изучены процессы естественного возобновления в насаждениях, пройденных рубками ухода, в таежной зоне Европейского Севера. Отмечено, что для листовенного подроста благоприятные условия создаются как на волоках, так и на пасеке. Еловый подрост лучше развивается на пасеке, на расстоянии 8...12 м от границы с волоком, однако его количество недостаточно для успешного возобновления.

Ключевые слова: ельники черничные, рубки обновления, естественное возобновление.

В таежной зоне Европейского Севера главным способом воспроизводства хвойных лесов является естественное возобновление. По сравнению с закономерностями лесовозобновительных процессов древостоев, формирующихся после рубок главного пользования [3-5, 7, 11, 12], в насаждениях, пройденных рубками ухода [1, 9, 13], эти процессы изучены недостаточно.

Нами были исследованы ельники черничные (8Е1С1Б+Ос) в районе Малых Карел (Архангельское участковое лесничество), в которых в 2002 г. осуществлены рубки обновления. Технологические коридоры (волока) шириной 4...5 м прорубали через каждые 30...40 м в направлении восток – запад.

Для изучения естественного возобновления в связи с рубками ухода на различных расстояниях от границы пасеки с волоком закладывали учет-

ные ленты размером 2×10 м (на пасеке) и 1×20 м (на волоке). На пасеке ленты располагались в центре и параллельно волокам на расстояниях 2, 4, 8 и 12 м от границы; на волоках – в центре и по краям. Эти работы выполнены в двукратной повторности, что позволило проследить «последовательно», как изменяется количество и качество подроста. Всего было заложено 30 учетных лент, на каждой из них проведен пересчет подроста по категориям крупности [10] и состоянию [8].

Исследования показали, что изменение условий среды под пологом леса после рубок обновления существенно отражается на ходе естественного возобновления. Интересные закономерности выявляются при рассмотрении густоты подроста на исследуемых участках лесосеки (см. таблицу).

3* **Распределение подроста по породам на различных участках лесосеки**

Порода	Густота подроста, шт./га						
	Волок		Пасека на расстоянии от волока, м				
	Край	Центр	2	4	8	12	Центр
Ель	750	125	500	750	2250	2875	1250
Осина	2875	2625	2000	1625	1875	2000	1500
Береза	1938	4375	1125	625	1000	1125	1000
Всего	5563	7125	3625	3000	5125	6000	3750

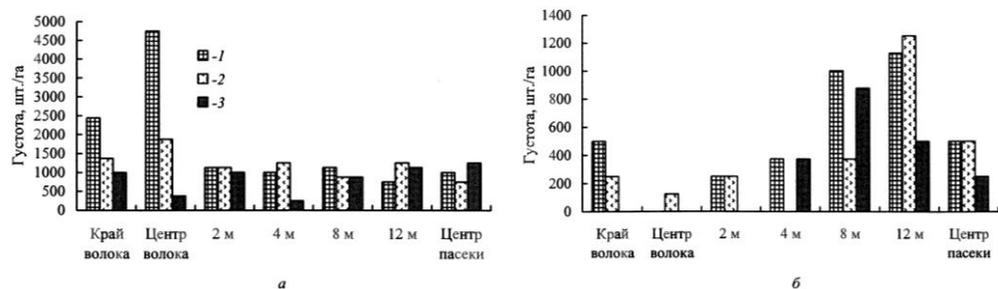
Средняя густота подроста на волоках составляет 6083,3±568,9, на пасеках 4416,7±506,9 шт./га. Естественное возобновление на волоках представлено главным образом лиственным подростом – 92,4 % от общей численности, доля елового подроста не превышает 1,8...13,5 %. Лиственные, особенно береза, улучшают почвенно-гидрологические условия, способствуя разболачиванию, а также благоприятно влияют на формирование органического вещества почвы. Создаются условия, благоприятные для поселения ели под пологом лиственных пород [2, 8]. Средняя густота подроста осины на волоках составила 2750, березы – 3157 шт./га. На разных участках волоков она неодинакова. В центре преобладает подрост березы, осины в 1,7 раза меньше. На краях волоков наблюдается несколько иная картина: густота подроста березы в 1,8 раза меньше, чем осины.

Подрост ели на волоках самый малочисленный, в центре волока в 12,2, на краях в 2 раза меньше, чем в среднем для пасеки.

На большинстве исследуемых участков пасеки естественное возобновление также представлено преимущественно лиственными породами: осинной (67,1 %) и березой (43,9 %). Численность елового подроста невелика (в среднем 32,8 %). На краю пасеки общая густота подроста лиственных пород в 6,3 раза выше елового. С увеличением расстояния от границы с волоком лиственного подроста становится меньше, а елового больше. Так, уже на расстоянии 4 м от волока численность лиственного подроста сокращается по сравнению с краем пасеки в 1,2 раза, а густота подроста ели здесь в 1,5 раза больше. По мере дальнейшего продвижения к середине пасеки кар-

тина возобновления меняется: общая густота подроста на расстояниях 8 и 12 м от волока увеличивается в 1,7–2,0 раза; численность хвойного возрастает соответственно в 4,5 и 5,7 раза. Это, по всей вероятности, объясняется созданием в этой части пасеки наиболее благоприятных условий для естественного возобновления как хвойного, так и лиственного подроста. В центре пасеки его общая густота вновь сокращается в 1,6 раза (хвойного в 2,3 раза) по сравнению с данными на расстоянии 12 м.

Результаты корреляционного анализа показали значительную прямую связь между расстоянием от центра волока и густотой подроста ели ($r = 0,730 \pm 0,148$), для лиственных пород связь обратная ($r = -0,370 \pm 0,273$). Эти зависимости выражаются уравнениями соответственно $y = -989,6 +$



$$+414,1x - 13,7x^2 \text{ и } y = 2461,7 + 8370,7/x.$$

Рис. 1. Густота подроста лиственных пород (а) и ели (б) по категориям крупности: 1 – мелкий; 2 – средний; 3 – крупный

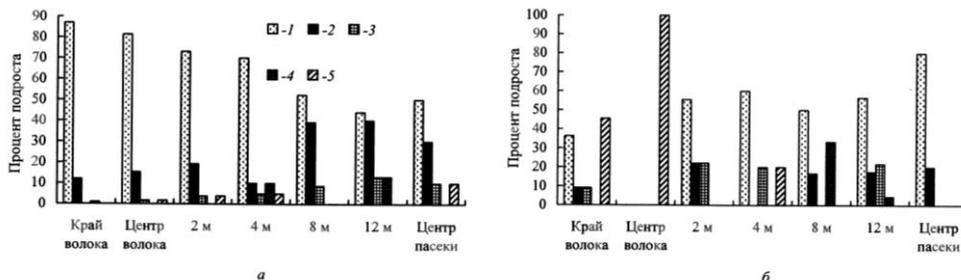
Важным показателем естественного возобновления является также распределение подроста по категориям крупности. На волоках 50,6...67,9 % лиственного подроста (рис. 1, а) приходится на долю мелкого, его численность колеблется от 2438 шт./га на краях до 4750 шт./га в центральной части. Густота среднего подроста на волоках также высока и составляет 1376...1875 шт./га (26,7...28,6 %). Численность крупного подроста в центре волока всего 375 шт./га (5,3%), на краях в 2,7 раза больше.

На пасеке различие по густоте лиственного подроста по категориям крупности меньше. В целом отмечено снижение доли мелкого подроста до 24...40 %, а также увеличение среднего (28,9...50,0 %) и крупного (10,0...41,7 %). По мере продвижения к центральной части густота крупного подроста сначала уменьшается от 1000 (край пасеки) до 250 шт./га (на расстоянии 4 м), а затем вновь постепенно увеличивается и достигает максимального значения в центральной части (1250 шт./га). Численность среднего и мелкого подроста изменяется незначительно и составляет в среднем 1000...1050 шт./га.

Распределение подроста ели по категориям крупности существенно отличается от общего (рис. 1, б). В центре волока нет мелкого и крупного подроста, на краях волока и пасеки – крупного, в 4 м от волока – среднего. По мере продвижения в глубь пасеки густота мелкого подроста закономерно

увеличивается с 250 до 1125 шт./га (на расстоянии 12 м от волока), в центре пасеки составляет 500 шт./га, как на краю волока. Больше всего среднего подроста отмечено в 12 м от границы с волоком, на краю пасеки его густота меньше в 5, на расстоянии 8 м – в 3,3, в центре – в 2,5 раза.

Крупный еловый подрост на пасеке густотой 375 шт./га появляется в 4 м от волока, на расстоянии 8 м его численность повышается до 875, а в 12 м вновь снижается до 500 шт./га. В центральной части пасеки густота крупного подроста минимальна – 250 шт./га. Согласно «Шкале оценки возобновления вырубок с преобладанием хвойных пород» [6], естественное возобновление при такой густоте подроста на большинстве исследованных участков лесосеки (волок, полоса пасеки шириной 4 м вдоль волока, центр пасеки) следует признать плохим или недостаточным (на расстоянии 8 м от волока и в центре пасеки). На расстоянии 8...12 м от волока естественное возобновление неудовлетворительное, поэтому здесь рекомендуются меро-



приятия по содействию естественному лесовозобновлению.

Рис. 2. Распределение подроста лиственных пород (а) и ели (б) по категориям состояния: 1 – безукоризненно благонадежный; 2 – благонадежный дефектный; 3 – сомнительный; 4 – ненадежный; 5 – сухой

Рубки обновления оказывают влияние на жизненное состояние молодого поколения деревьев. В исследуемом ельнике черничном 65,4 % лиственного подроста относится к категории «безукоризненно благонадежный» (рис. 2, а). На волоках с повышенной освещенностью благонадежный подрост достигает 81,4...87,0 %, в основном он представлен быстрорастущей порослью осины и березы, которая появилась здесь после рубки. Соотношение подроста различных категорий на разных участках волоков неодинаково. В центре отмечена максимальная для лесосеки доля безукоризненно благонадежного подроста (87,0 %), здесь же обнаружено небольшое количество благонадежного дефектного и ненадежного. На краях волоков количество безукоризненно благонадежного подроста уменьшается до 81,4 %, возрастает доля благонадежного дефектного, появляется сомнительный и сухой.

На пасеке по мере удаления от границы с волоком количество безукоризненно благонадежного подроста уменьшается и достигает минимальных значений на расстоянии 12 м от волока (44,0 %), на этом участке отмечены также наибольшие доли благонадежного дефектного, сомнительного и ненадежного подроста.

Распределение подроста ели по категориям состояния на различных элементах лесосеки также различно (рис. 2, б). На волоках большая его часть относится к категории «сухой». В центре волоков она достигает 100 %, на краях в 2 раза меньше (45,5 %). На краях отмечено также 36,3 % безукоризненно благонадежного подроста, что в 1,7 раза меньше среднего для пасеки.

На всех исследованных участках пасеки после рубки преобладает безукоризненно благонадежный подрост ели (50...80 %). Наибольшая доля угнетенного подроста (сомнительный, ненадежный) отмечена в 8 м от волока (33,3 %), сухого – на расстоянии 4 м от него (20 %).

Таким образом, изменившиеся после рубок обновления условия фитосреды в ельнике черничном в значительной степени повлияли на ход естественного возобновления. Как на волоках, так и на пасеке создаются благоприятные условия для произрастания и развития лиственного подроста. На волоках его доля в 12 раз, а на пасеке в 2 раза больше елового. На пасеке наилучшие условия для развития елового подроста создаются на расстоянии 8...12 м от границы с волоком, где отмечена наибольшая густота подроста ели всех категорий крупности. Однако количество жизнеспособного подроста ели на лесосеке недостаточно для успешного возобновления насаждения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурова, Н.В. Антропогенная трансформация пригородных лесов [Текст]: монография / Н.В. Бурова, П.А. Феклистов. – Архангельск: Изд-во Арханг. гос. техн. ун-та, 2007. – 264 с.
2. Войнов, Г.С. Хозяйственное использование осинников Севера [Текст] / Г.С. Войнов // Рубки и восстановление леса на Севере. – Архангельск, 1968. – С. 304–312.
3. Вялых, Н.И. Жизнеспособность подроста ели на вырубках Архангельской области [Текст] / Н.И. Вялых // Сб. работ по лесному хозяйству и лесохимии. – Архангельск, 1971. – С. 49–60.
4. Вялых, Н.И. Лесовосстановительные процессы в зависимости от технологии лесосечных работ в еловых лесах [Текст] / Н.И. Вялых // Рубки ухода и главного пользования на Европейском Севере. – Архангельск, 1980. – С. 103–114.
5. Вялых, Н.И. О возобновлении леса путем сохранения подроста в условиях ельников Архангельской области [Текст] / Н.И. Вялых // Рубки и восстановление леса на Севере. – Архангельск, 1968. – С. 67–73.
6. Вялых, Н.И. Руководство по проведению рубок главного пользования и технологии лесосечных работ с применением валочно-сучкорезно-раскряжевых машин системы «Тимберджек» [Текст] / Н.И. Вялых, Г.А. Чибисов. – Архангельск: СевНИИЛХ, 2006. – 36 с.
7. Лесовосстановительные процессы при разных способах рубок и технологиях лесосечных работ [Текст] / Н.И. Вялых, В.А. Аникеева, З.И. Гулая, В.С. Серый // Материалы отчетной сессии по итогам науч.-исслед. работ за 1989 год. – Архангельск, 1990. – С. 37–38.

8. Мелехов, И.С. Лесоведение [Текст] / И.С. Мелехов. – М: МГУЛ, 1999. – 398 с.
9. Минин, Н.С. Естественное лесовозобновление в сосняках, формирующихся под влиянием рубок ухода [Текст] // Растительность и растительные ресурсы Европейского Севера России: материалы X Перфильевских чтений, посвященных 120-летию со дня рождения И.А. Перфильева. – Архангельск, 2003. – С. 123–125.
10. Полевой справочник таксатора (для таежных лесов Европейского Севера) [Текст] / И.И. Гусев и [и др.]. – Вологда: Сев.-зап. кн. изд-во, 1971. – 196 с.
11. Чертовской, В.Г. Еловые леса европейской части СССР [Текст]. – М.: Лесн. пром-сть, 1978. – 176 с.
12. Чертовской, В.Г. О возобновлении леса в связи с рубками на Севере [Текст] / В.Г. Чертовской // Рубки и восстановление леса на Севере. – Архангельск, 1968. – С. 10–45.
13. Чибисов, Г.А. Рубки ухода и фитоклимат [Текст]: монография / Г.А. Чибисов, А.И. Нефедова. – Архангельск, 2007. – 266 с.

Поступила 17.10.08

D.N. Torbik¹, P.A. Feklistov², O.D. Kononov³

¹Pomor State University named after M.V. Lomonosov

²Arkhangelsk State Technical University

³Arkhangelsk Scientific-research Institute of Agriculture of RAAS (Russian Academy of Agricultural Sciences)

Natural Reforestation in Spruce Bilberry Forests after Regeneration Felling

Natural reforestation processes in the stands after regeneration felling are studied for the taiga zone in the European North. It is registered that the favorable conditions for deciduous undergrowth are created both on skid roads and swath. Spruce undergrowth is better developed in the swath at 8-12 m distance from the border with a skid road, however its quantity is not enough for the successful reforestation.

Keywords: spruce bilberry forest, regeneration felling, natural reforestation.

УДК 674.031.623.22:58.083

Р.В. Сергеев, А.И. Шургин

Марийский государственный технический университет

Сергеев Роман Владимирович родился в 1984 г., окончил в 2006 г. Марийский государственный университет, аспирант, работает в Ботаническом саду Марийского государственного технического университета. Имеет 7 печатных работ в области биотехнологии, физиологии растений.
E-mail: sergeyev_rv@mail.ru



Шургин Алексей Иванович родился в 1972 г., окончил в 1995 г. Марийский государственный технический университет, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесной селекции, недревесных ресурсов и биотехнологии, декан факультета лесного хозяйства и экологии МарГТУ. Имеет 42 печатные работы в области оценки биологических ресурсов.
E-mail: ashurgin@pochta.ru



РАЗМНОЖЕНИЕ IN VITRO ГЕНОТИПОВ ИВЫ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ ПЛАНТАЦИОННОГО ВЫРАЩИВАНИЯ НА САЛИЦИН

Выявлены сочетания и концентрации фитогормонов в среде культивирования, направленные на разработку технологии микрклонального размножения высокопродуктивных по салицину генотипов ивы для создания промышленных плантаций.

Ключевые слова: ива, микроразмножение, in vitro, 6-бензиламинопурин, α -нафтилуксусная кислота.

В листьях, коре или почках большинства видов ивы (сем. *Salicaceae*, р. *Salix*) содержатся салицилаты, использующиеся сотни лет в качестве обезболивающих, противовоспалительных и жаропонижающих средств. Наиболее распространенный из них салицин (β -D-глюкопиранозид салицилового спирта) был первым фенольным глюкозидом, выделенным из ивы и найденным в природе. Интерес к натуральным препаратам из ивы повышается, потому что они, в отличие от синтетического аспирина, не дают побочного эффекта (раздражение и повреждение желудка) [5].

Но большинство из источников ивы, в настоящее время доступных для получения лекарственных препаратов, содержат менее 1 % активных компонентов. Поэтому возникает необходимость в исследованиях, направленных на селекцию и культивирование видов с повышенным содержанием салицилатов [7].

В целях получения салицилатов иву следует разводить на промышленных плантациях интенсивного типа с короткой ротацией 1 год, используя в качестве посадочного материала высокопродуктивные (по выходу салицилатов) сорта-клоны, обладающие устойчивостью к неблагоприятным факторам среды, болезням и вредителям.

Одним из преимуществ клонального микроразмножения растений по сравнению с традиционными методами является значительно более высокий коэффициент размножения [1]. Кроме того, эту работу можно проводить круглогодично, что позволяет получить большое число уже сформированных растений к сезону посадки при создании плантаций.

В сравнении с другими видами древесных растений публикаций по микроразмножению ивы немного. Бергманом изучено влияние биологически активных препаратов на микроразмножение клонов *Salix*, а также разработана технология этого метода для некоторых видов альпийских ив (*S. caprea* L.), в том числе для гибридов *S. caprea* × *S. viminalis* L. (= *S.* × *smithiana*) [8]. Ряд авторов указывают на сложности, возникающие при микрочеренковании и укоренении растений рода *Salix*, что связано, по их мнению, с влиянием генотипа [10]. Однако для некоторых видов и клонов ив разработаны высокоэффективные методы микроразмножения [3].

Растительный материал был собран нами в начале февраля с выделенной ранее модельной популяции ивы S-2. Содержание общего салицина в экстракте из коры отобранного генотипа составляло $7,4 \pm 0,2$ %. Обязательным условием клонального микроразмножения является использование объектов, сохраняющих генетическую стабильность на всех этапах процесса – от эксплантата до растений в поле. Этому условию удовлетворяют апексы и почки органов стеблевого происхождения [1]. Исходными эксплантатами служили почки с однолетних побегов модельных деревьев. В культуру *in vitro* были введены сегменты однолетних побегов длиной 5...10 мм.

В ходе предварительных исследований нами были выбраны три стерилизующих агента: гипохлорит Са и гипохлорит Na в составе двух коммерческих отбеливателей «Domestos» и «Белизна». Концентрации гипохлорита Са – 0 (контроль), 0,5; 1,0; 1,5 и 2,0 %; гипохлорита Na в обоих случаях – 0 (контроль), 5, 10, 15 и 20 %. Для каждой концентрации взяты по три экспозиции – 5, 10 и 15 мин.

Эффект влияния комбинации БАП и НУК на мультипликацию побегов и процесс корнеобразования в культуре ткани ивы

Концентрация БАП, мг/л	Концентрация НУК, мг/л	Число побегов на эксплантат	Средняя длина побега, мм	Число корней на эксплантат	Средняя длина корня, мм
0	0	1,00	21,20	0,20	40,00
	0,01	1,20	19,60	0,20	45,00
	0,05	1,00	12,67	0,50	16,00
	0,1	1,33	27,50	3,00	36,89
	0,2	1,00	29,60	3,20	33,63
0,1	0	1,20	18,80	0	–
	0,01	1,50	19,50	0	–
	0,05	1,25	13,75	0	–
	0,1	1,14	17,86	0	–
	0,2	1,00	11,50	0	–
0,5	0	1,50	14,50	0	–
	0,01	1,40	14,60	0	–
	0,05	1,33	14,67	0	–

	0,1	1,00	13,80	0	–
	0,2	1,00	15,30	0	–
1,0	0	1,33	15,67	0,33	35,00
	0,01	1,80	10,80	0	–
	0,05	2,00	9,00	0	–
	0,1	1,80	16,00	0	–
	0,2	1,17	13,30	0	–
2,0	0	1,60	12,00	0	–
	0,01	1,20	13,40	0	–
	0,05	1,20	12,75	0	–
	0,1	1,33	11,67	0	–
	0,2	1,00	11,86	0	–

Отобранные побеги предварительно при помощи щетки промывали мыльным раствором и споласкивали дистиллированной водой, затем помещали на 30 с в 70 %-й этанол. Далее растительный материал переносили в стерилизующий раствор на 5, 10 и 15 мин в зависимости от варианта, отмывали три раза в стерильной дистиллированной воде, скальпелем удаляли концы с убитыми клетками и помещали на питательную среду MS [9]. Концентрация сахарозы в среде составляла 30, агар-агара – 6, активированного угля – 1 г/л. Образцы контроля помещали в стерильную дистиллированную воду на 5, 10 или 15 мин.

Растворы готовили непосредственно перед работой в условиях ламинар-бокса. Гипохлорит Na отмеряли мерным цилиндром и разводили стерильной дистиллированной водой, в ней же растворяли навески гипохлорита Ca (Acros Organics). Всего заложено 45 вариантов по 30 эксплантатов на каждый, повторность трехкратная.

На следующем этапе исследовали влияние различных концентраций бензиламинопурина (БАП) и нафтилуксусной кислоты (НУК) на рост и развитие эксплантатов S-2 (среда MS, сахароза – 30, агар-агар – 6 г/л). Культивирование проводили при 21 °С, освещенности 1800 лк, фотопериоде 16/8. Заложено по 10 эксплантатов на вариант, повторность трехкратная.

В ходе исследований получены следующие результаты.

Стерилизация побегов. Учет опыта проводили через 10 дн. Исследования показали, что при использовании Domestos процент стерильных эксплантатов составлял 67,78...100,00 стерильных морфогенных – 65,56...94,44 (максимальный в варианте 10 %, экспозиция 10 мин). При стерилизации белизной наблюдали 36,67...96,67 % стерильных эксплантатов ивы, 33,33...73,33 % стерильных морфогенных (максимум в варианте 10 %, экспозиция 15 мин). Обработка гипохлоритом Ca в концентрации 2 % в течение 10...15 мин позволила получить 94,44 % стерильных культур, однако их морфогенность снизилась до 28,89...21,11 %. Наилучшие результаты получены при концентрации раствора 1,5 %, экспозиции 10 и 15 мин (77,78 и 78,89 % соответственно).

Пролиферация побегов. На среде MS без регуляторов роста спустя 5 нед культивирования образовался только один побег средней дли-

ной 21,2 мм. Кроме того, у каждого пятого эксплантата появились корни средней длиной 40 мм. Добавление в среду 0,01 мг/л НУК стимулировало лишь интенсивность роста корней, но не увеличение их числа. При добавлении БАП возрастало число побегов на одном эксплантате, но с увеличением концентрации уменьшалась их средняя длина.

Для того чтобы индуцировать пролиферацию побегов из стерильных эксплантатов *in vitro*, был поставлен эксперимент, в котором протестированы по четыре концентрации БАП (0,1; 0,5; 1,0 и 2,0 мг/л) и НУК (0,01; 0,05; 0,1 и 0,2 мг/л) как по отдельности, так и в различных комбинациях. Общая схема эксперимента представлена в таблице. В среде без НУК оптимальная концентрация БАП составляла 2,0 мг/л. В то же время на трех вариантах сред культивирования, где сочетание регуляторов роста было 1,0 мг/л БАП + 0,01 мг/л НУК; 1,0 мг/л БАП + 0,05 мг/л НУК; 1,0 мг/л БАП + 0,1 мг/л НУК, наблюдалось более интенсивное побегообразование. Однако в последнем варианте длина побегов была значительно больше (16,0 мм), чем в двух предыдущих (10,8 и 9,0 мм).

Увеличение концентрации НУК в среде стимулировало образование корней. Так, при добавлении 0,1 и 0,2 мг/л НУК на эксплантатах образовывалось в среднем в 3 с лишним раза больше корней длиной 36,89 и 33,63 мм соответственно. Однако корнеобразование происходило не на всех вариантах сред, где присутствовала НУК, а лишь там, где не был добавлен БАП (кроме варианта БАП 1,0 мг/л без НУК). В варианте 0,2 мг/л НУК без БАП на главном корне образовалось много боковых корней, тогда как на других вариантах их практически не было.

Средняя длина побегов в эксперименте составила 15,65 мм. Но в вариантах, где концентрация БАП была равна нулю, а НУК 0,1 и 0,2 мг/л, она равнялась 27,5 и 29,6 мм соответственно.

На всех вариантах сред наблюдалось незначительное каллусирование базальных частей эксплантатов, за исключением сред 0,1 мг/л БАП без НУК; 0,1 мг/л БАП + 0,01 мг/л НУК и 0,2 мг/л НУК без БАП. Для микроклонального размножения растений нежелательны побеги, возникшие из каллусной ткани, так как в процессе длительного культивирования каллуса клетки в нем становятся генетически нестабильными [6].

Таким образом, споры микроорганизмов, находящиеся в состоянии покоя на поверхности эксплантата, устойчивы к большинству дезинфектантов. Наличие загрязнений свидетельствует о неэффективности применяемого метода поверхностной стерилизации. Выживание микроорганизмов зависит от типа используемого эксплантата, типа дезинфектанта и (или) времени обработки. В эксплантатах и полученных из них культурах могут проявляться инфекционные примеси, находившиеся внутри растения. В некоторых случаях бактерии могут не выявляться в течение нескольких пересадок. При этом значительно снижается частота делений клеток и другие параметры роста культуры [4].

На начальных этапах работы была выявлена высокая обсемененность растений различными микроорганизмами (бактерии и грибы).

В связи с этим возникла необходимость в подборе оптимального режима стерилизации эксплантатов на этапе введения в асептическую культуру ткани, а именно стерилизующего вещества, концентрации и экспозиции, при которых погибали бы патогенные микроорганизмы, а растения сохраняли морфогенную способность. Анализ стерилизации эксплантатов ивы S-2 показал, что наиболее эффективным веществом является коммерческий препарат Domestos (гипохлорит Na). При использовании его раствора в концентрации 10 % с экспозицией 10 мин число стерильных морфогенных эксплантатов достигает 94,44 %.

На каждом этапе развития того или иного органа (ткани) в нем должна поддерживаться определенная концентрация гормонов [2]. На этапе субкультивирования быстрое размножение эксплантата или трансплантата в течение длительного периода времени обеспечивается оптимальным соотношением и концентрацией внесенных в питательную среду стимуляторов роста. Наиболее интенсивное формирование новых побегов у ивы (S-2) наблюдалось на среде MS при добавлении 1,0 мг/л БАП в сочетании с НУК в концентрации 0,01 и 0,1 мг/л. Корнеобразование может быть стимулировано внесением НУК в концентрации 0,1 и 0,2 мг/л.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бутенко, P.Г. Биология клеток высших растений in vitro и биотехнология на их основе [Текст] / P.Г. Бутенко. – М., 1999.
2. Кузнецов, В.В. Физиология растений [Текст] / В.В. Кузнецов, Г.А. Дмитриева. – М., 2005.
3. Agrawal, D.C. Rapid micropropagation of hybrid willow (*Salix*) established by ovary culture [Text] / D.C. Agrawal, K. Gebhardt // Plant Physiology. – 1994. – Vol. 143. – P. 763–765.
4. Anderson, W.C. Proceedings of the Conference on Nursery Production of Fruit Plants through Tissue Culture – Applications and Feasibility [Text] / ed. R.H. Zimmerman, USDA, SEA, AR. – Beltsville, 1980. – P. 1.
5. Chrubasik, S. Treatment of low back pain exacerbations with willow bark extract: a randomized double-blind study [Text] / S. Chrubasik, E. Eisenberg, E. Balan // American Journ. of Medicine. – 2000. – Vol. 109. – P. 9–14.
6. D'Amato, F. Chromosome number variation in cultured cells and regenerated plants [Text] / F. D'Amato // Frontiers of Plant of Plant Tissue Culture 1978 / ed. T.A. Thorpe. – Calgary: The International Association for Plant Tissue Culture, 1978. – P. 287 – 295.
7. Julkunen-Tiitto, R. Variation in growth and secondary phenolics among field cultivated clones of *Salix myrsinifolia* [Text] / R. Julkunen-Tiitto, B. Meier // Planta Medica. – 1992. – Vol. 258. – P. 77–80.
8. Liesebach, M. Approaches on vegetative propagation of difficult-to-root *Salix caprea* [Text] / M. Liesebach, G. Naujoks // Plant Cell, Tissue and Organ Culture. – 2004. – N 79. – P. 239–247.
9. Murashige, T. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures [Text] / T. Murashige, F. Skoog // Physiol. Plant. – 1962. – N 15. – P. 473–497.

10. Neuner, H. In vitro propagation of *Salix caprea* L. by single node explants [Text] / H. Neuner, R. Beiderbeck // *Silvae Genet.* – 1993. – Vol. 42. – P. 308–310.

Поступила 03.02.09

R.V. Sergeev, A.I. Shurgin
Mari State Technical University

Reproduction in Vitro of Willow Genotypes with High Content of Bioactive Substances for Plantation Growing on Salicin

The combinations and concentrations of phytohormones are revealed in the cultivating medium, directed towards the development of microclonal reproduction technology for in-salicin highly-productive willow genotypes to create industrial plantations.

Keywords: willow, microreproduction, in vitro, 6-benzylaminopyrine, α -naphthylacetic acid.

УДК 581.116:674.032.475.442

С.Н. Сенькина

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Сенькина Светлана Николаевна родилась в 1950 г., окончила в 1973 г. Московский лесотехнический институт, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела лесобиологических проблем Севера Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Имеет 60 научных трудов в области экологии и физиологии древесных растений на Севере.
E-mail: senkina@ib.komisc.ru



ТРАНСПИРАЦИЯ И УСТЬИЧНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ ПРОИЗРАСТАНИЯ

Изложены результаты многолетних исследований транспирации и устьичного сопротивления хвои сосны обыкновенной в древостоях разного состава. Охарактеризованы сезонная и дневная динамика параметров, рассмотрены их изменения в хвое разного возраста в зависимости от ее нахождения в кроне дерева.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, интенсивность транспирации, устьичное сопротивление, экологические факторы.

Растение расходует влагу не только по физическим, но и по физиологическим законам. Как физиологический процесс транспирация обусловлена транспортом влаги к устьицам и их работой. Есть мнение, что колебания поступления и отдачи воды не всегда напрямую связаны не только с изменениями сопротивления листа току газа и влаги, но и открытостью устьичной щели [3, 4]. При уменьшении открытости устьичное сопротивление растет, вызывая одновременно уменьшение потоков CO_2 и H_2O [2, 7]. В значительной степени транспирация контролируется транспирационным сопротивлением (r_t), которое имеет важное значение при регуляции потерь воды и включает в себя два компонента: атмосферное сопротивление диффузии воздушного слоя, прилегающего к листу (r_a), и устьичное сопротивление (r_s). При этом r_a даже в полный штиль едва ли достигает 1 с/см, а при скорости ветра около 2 м/с обычно меньше 0,3 с/см. Поэтому мы ограничились изучением устьичного сопротивления [2, 10].

Материалы исследования получены по результатам многолетних (1981–1997 гг.) наблюдений на Чернамском и Ляльском лесозоологических стационарах Института биологии Коми НЦ УрО РАН, расположенных в Усть-Вымском и Княжпогостском районах Республики Коми (62° с.ш. и 50° 20' в.д., 62° 17' с.ш. и 50° 40' в.д.). В табл. 1 представлено таксационное описание участков, в табл. 2 – климатическая характеристика, в основу которой положены средние многолетние данные метеостанции Усть-Вымь,

расположенной в 30...40 км севернее Чернамского и в 20...30 км южнее Ляльского стационаров.

Характеристики водного режима хвой сосны изучали в основном общепринятыми методами полевых исследований. Интенсивность транспирации определяли методом быстрого взвешивания [6], повторность измерений – 20 в час. Полевые исследования водного режима хвой, осуществляемые в кронах деревьев высотой до 20 м, предполагают использование подходов и методов, несколько отличных от многих существующих в экологической физиологии. Так, наблюдения проводили на специальных площадках непосредственно в кронах опытных деревьев, что дало возможность быстро брать образцы из любой части кроны дерева и возвращать их на место экспозиции. Через каждый час фиксировали температуру и влажность воздуха

Таблица 1

Таксационное описание участков

Древо-стой	Возраст, лет	Состав древо-стоя	Класс бонитета	Полнота	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Почва
Чернамский стационар							
Сосновый	60	9С1Б	III	0,82	14	16	Мощный иллювиально-гумусовый подзол песчаный на суглинках
Сосново-еловый	50...90	8С2Б+Е (1 ярус) 6Е2С2Б (2 ярус)	III	0,69	16	15	Мощный иллювиально-гумусово-железистый подзол на песках, подстилаемый суглинками
			IV	0,26	8	9	
Ляльский стационар							
Листо-венно-еловый	90	4Е3С2Ос 1Б, ед. Пх	III	0,9	21	20	Подзол иллювиально-гумусово-железистый на дву-членах: супесь подстилается тяжелым суглинком

с помощью психрометра Ассмана. Интенсивность солнечной радиации хвой измеряли люксметром Ю-116. Устьичное сопротивление вычисляли по формуле

$$r_s = \frac{l_l - l_{\text{атм}}}{T},$$

где l_l – упругость водяного пара листа, мг/см³;

$l_{\text{атм}}$ – упругость водяного пара атмосферы, мг/см³;

T – интенсивность транспирации, мг/(см²·с) [13].

В разных по составу древостоях интенсивность транспирации хвои сосны колебалась по годам от 154 до 242 мг/г сырой массы в 1 ч, устьичное сопротивление от 6 до 15 с/см (табл. 3). Пик интенсивности транспирации хвои в древостоях наблюдается чаще всего в июле (рис. 1) при оптимальных для транспирации условиях: высокой температуре воздуха, прогретой почве, небольшом количестве осадков (в основном дождей ливневого характера). Наибольшее устьичное сопротивление чаще отмечается в июне, что может быть связано с активными метаболическими процессами. В это время формируются хвоя и побеги текущего года, поэтому влага в большей степени

Таблица 2

**Среднемесячные температура воздуха, °С (числитель)
и количество осадков, мм (знаменатель)**

Месяц	1981	1982	1983	1984	1994	1995	1997	Средние много- летние данные [11, 12]
Май	$\frac{3,3}{26}$	$\frac{9,4}{45}$	$\frac{6,9}{86}$	$\frac{12,0}{20}$	$\frac{5,0}{52}$	$\frac{14,0}{20}$	$\frac{6,5}{50}$	$\frac{6,8}{50}$
Июнь	$\frac{16,3}{83}$	$\frac{9,8}{109}$	$\frac{12,4}{80}$	$\frac{14,3}{55}$	$\frac{14,3}{131}$	$\frac{9,5}{60}$	$\frac{14,5}{32}$	$\frac{13,7}{70}$
Июль	$\frac{18,3}{59}$	$\frac{17,4}{87}$	$\frac{17,8}{105}$	$\frac{16,8}{170}$	$\frac{16,0}{78}$	$\frac{16,0}{78}$	$\frac{14,2}{21}$	$\frac{16,3}{71}$
Август	$\frac{15,0}{106}$	$\frac{11,2}{43}$	$\frac{12,8}{59}$	$\frac{11,3}{55}$	$\frac{12,9}{22}$	$\frac{14,5}{101}$	$\frac{12,7}{39}$	$\frac{13,7}{69}$
Сентябрь	$\frac{11,7}{106}$	$\frac{8,2}{54}$	$\frac{8,0}{59}$	$\frac{7,3}{70}$	$\frac{8,3}{79}$	$\frac{9,7}{31}$	$\frac{7,8}{38}$	$\frac{7,6}{72}$
Среднее за вегетаци- онный сезон	$\frac{12,9}{76}$	$\frac{11,2}{68}$	$\frac{11,6}{78}$	$\frac{12,3}{74}$	$\frac{11,1}{61}$	$\frac{12,7}{58}$	$\frac{11,1}{36}$	$\frac{11,6}{66}$

Таблица 3

**Средние за вегетационный сезон интенсивность транспирации
и устьичное сопротивление хвои сосны**

Год	Интенсивность транспирации, мг/(г·ч), в древостое			Устьичное сопротивление, с/см, в древостое		
	сосновом	сосново- еловом	лиственно- еловом	сосновом	сосново- еловом	лиственно- еловом

1981	–	241,9	–	–	12,4	–
1982	192,2	178,1	–	14,6	10,1	–
1983	167,0	184,4	–	12,1	11,2	–
1984	153,5	160,1	–	6,2	10,7	–
1994	–	–	164,4	–	–	7,7
1995	–	–	169,3	–	–	8,7
1997	–	–	197,9	–	–	6,0
Среднее	170,9	191,1	170,9	11,0	11,1	7,5

расходуется самим растением [14]. Как предполагают А.В. Варлагин и Н.Н. Выгодская [3], различия в оценке транспирации не всегда определяются только устьичной регуляцией. В мае, например, интенсивность транспирации больше зависит от прогретости корнеобитаемого слоя почвы, так как даже при небольшом устьичном сопротивлении (6,9 с/см) она невелика (163,6 мг/(г·ч). В августе и сентябре активность физиологических процессов

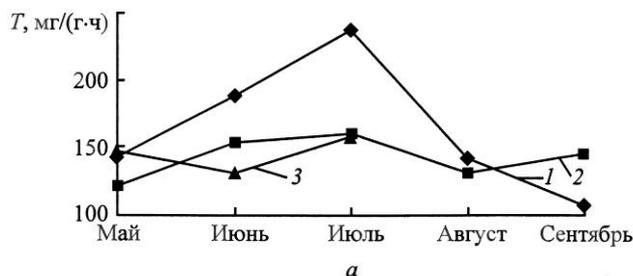
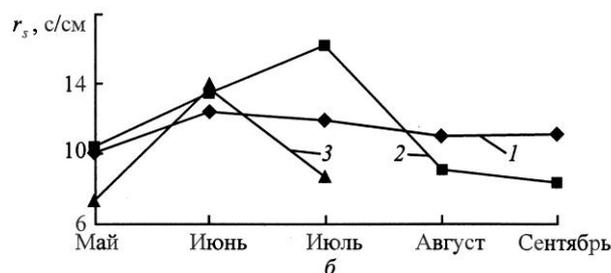


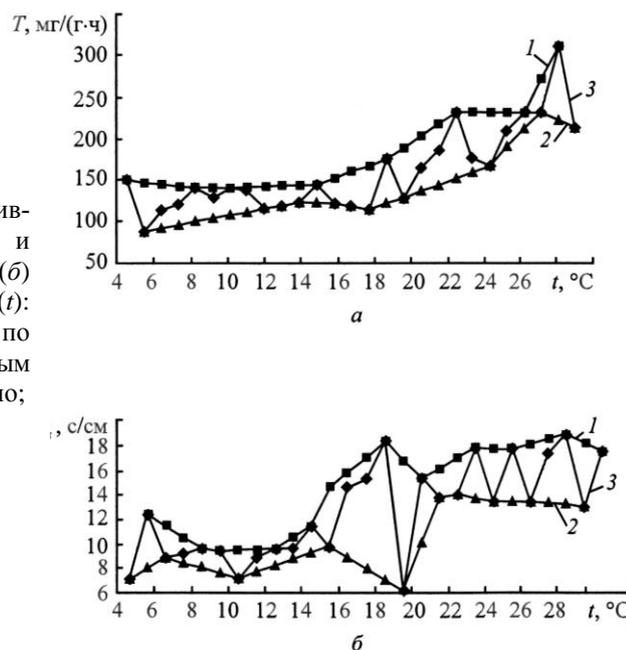
Рис. 1. Сезонная динамика интенсивности транспирации (а) и устьичного сопротивления (б) двухлетней хвой сосны в древостоях: 1 – сосново-еловом; 2 – сосновом; 3 – лиственнично-еловом



постепенно снижается в связи с подготовкой к зиме, в это время зависимость между интенсивностью транспирации и устьичным сопротивлением менее выражена. В разные по погодным условиям вегетационные сезоны варьирование показателей транспирации составляет 2,8 % в лиственнично-еловом древостое, 3,6 % в сосновом и 8,1 % в сосново-еловом независимо от температуры воздуха и количества осадков. Таким образом, возможно, что в средневозрастном двухъярусном сосново-еловом древостое транспирация зависит от совокупности различных экологических факторов. Коэффициенты корреляции показали наиболее тесную связь с температурой воздуха в пределах 21...30 °С ($R = +0,28$) и его влажностью 71...80 %

($R = -0,34$). По мнению П.Д. Крамера и Т.Т. Козловского [7], особое физиологическое значение для каждого вида имеют специфические и генотипически обусловленные размеры и количество устьиц, через которые происходит процесс водоотдачи. По нашим данным, количество устьиц на единице площади хвои сосны в зеленомошных типах леса составляет от 64 до 85 шт./мм², по другим данным – 115...161 и 84...116 шт./мм², длина устьиц $58,0 \pm 1,1$ мкм [5, 10]. Известно, что размеры хвои и число устьиц на ее поверхности у одного и того же вида могут различаться по годам в зависимости от экологических факторов. Кроме этого, на устьичное сопротивление влияет степень открытости устьиц, которая, в свою очередь, контролируется в значительной степени интенсивностью света и температурой воздуха и в меньшей мере влажностью и концентрацией CO₂ [3, 7]. Наблюдения были проведены в основном при освещенности от 1 до 9 тыс. лк. Оказалось, что пары влаги при выходе в атмосферу испытывают максимальное сопротивление при освещенности до 1 тыс. лк. С дальнейшим ее повышением сопротивление колеблется от 7,9 до 14,5 с/см, а коэффициент корреляции между интенсивностью транспирации и устьичным сопротивлением уменьшается от $-0,6$ до $-0,4$ по мере усиления освещенности от 1 до 45 тыс. лк.

Рис. 2. Зависимость интенсивности транспирации (а) и устьичного сопротивления (б) от температуры воздуха (t): 1, 2 – выравненные кривые по максимальным и минимальным значениям соответственно; 3 – реальная кривая



Имеются разные мнения о зависимости транспирационного сопротивления от температуры и влажности воздуха. Так, Виншер и Козловский считают, что у некоторых видов деревьев при повышении температуры в интервале $+ (20...40) ^\circ\text{C}$ увеличивается сопротивление [7]. В то же время А.Г. Молчанов [8] нашел, что при изменении температуры воздуха от 15 до $30 ^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха в пределах 40...80 % сопротивление практически не изменяется. В наших исследованиях более половины

всех данных об устьичном сопротивлении приходится на диапазон температур + (13...23) °С, среднее значение 13 с/см, коэффициент корреляции +0,7. Начиная с температуры +20 °С устьичное сопротивление практически мало изменяется, а интенсивность транспирации сохраняет тенденцию к увеличению (рис. 2). При достаточном влагообеспечении устьичное сопротивление хвои не зависит от влажности воздуха [8]. Исследованиями Smith et al. [15] установлено, что изменения факторов внешней среды в основном не влияют на работу устьиц. Из наших данных следует, что корреляционный коэффициент между устьичным сопротивлением и относительной влажностью воздуха равен -0,3. Наибольшее число наблюдений было проведено при относительной влажности воздуха 57...68 %.

В суточной динамике коэффициент корреляции между интенсивностью транспирации и устьичным сопротивлением $R = -0,7$. Наиболее тесная зависимость выявлена в период с 7 до 19 ч. Диапазон между минимальным и максимальным устьичным сопротивлением в суточной динамике составил 1,5...20,0 с/см. Этот показатель в течение суток очень слабо связан с освещенностью, температурой и относительной влажностью воздуха, тогда как интенсивность транспирации больше зависит от них. В течение дня корреляция интенсивности транспирации с освещенностью составила +0,8, с температурой воздуха +0,7 и относительной влажностью воздуха -0,7.

Устьица сосны обладают наибольшей по сравнению с другими хвойными породами чувствительностью. При старении хвои устьица становятся менее чувствительными, не открываются полностью, и устьичное сопротивление может увеличиваться в несколько раз. Известно, что однолетняя хвоя отличается меньшими размерами и числом устьиц по сравнению с двух- и трехлетней [7, 9]. Мы проследили за изменением интенсивности транспирации и устьичным сопротивлением хвои сосны с первого по восьмой год жизни. Наблюдения проводили в июле, когда хвоя первого года уже практически сформировалась. В сосново-еловом древостое интенсивность транспирации восьмилетней хвои уменьшилась на 36 %, а устьичное сопротивление увеличилось на 43 %. В сосновом древостое при снижении интенсивности транспирации в семилетней хвое на 68 % устьичное сопротивление возросло в 2 раза.

Протяженность живой кроны сосны в сосновом древостое составляет около 9 м, в сосново-еловом 7,5 м, в лиственнично-еловом крона значительно меньше, поэтому мы ее не изучали. Хвоя, собранная в глубине кроны, имеет, как правило, теневое строение, а развивающаяся на внешних побегах – световое [9]. Обычно гуще хвоя в средней части кроны, где слабее освещенность, выше влажность и температура воздуха. Здесь было отмечено большее устьичное сопротивление: в сосново-еловом древостое 9,5 и в сосновом 12,8 с/см, для сравнения 7,9 и 7,5 в верхней и 8,6 и 9,0 с/см в нижней частях кроны соответственно. В то же время интенсивность транспирации имеет ярко выраженную тенденцию к увеличению от нижней части кроны к верхней: от 183,2 до 216,7 мг/(г·ч) в сосново-еловом и от 204,9 до 222,7 мг/(г·ч) в сосновом древостое. Скорее всего, это связано как с большей освещенно-

стью верхней части кроны, так и разностью водных потенциалов на границе выхода влаги из хвои, а также более подвижным потоком свободного воздуха на этой границе. Имеется и другое мнение, что в верхнем слое полога сосны все диффузионные сопротивления значительно больше, чем в нижнем, а значит, с высотой кроны дерева растет сопротивление водному току [1, 8].

Таким образом, многолетние стационарные исследования влагообмена сосны обыкновенной в условиях средней подзоны тайги позволяют познать механизм адаптации растений к условиям таежных экотопов, выявить закономерности протекания физиологических процессов в связи с условиями произрастания, установить и оценить количественные и качественные взаимоотношения между процессами влагообмена и различными экологическими факторами, определяющими рост и развитие лесных сообществ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абражко, В.И.* О некоторых особенностях водного режима еловых древостоев южной тайги [Текст] / В.И. Абражко, М.А. Абражко // Водный обмен в основных типах растительности СССР. – Новосибирск: Наука, 1975. – С. 75–79.
2. *Бихеле, З.Н.* Математическое моделирование транспирации и фотосинтеза растений при недостатке почвенной влаги [Текст] / З.Н. Бихеле, Х.А. Молдау, И.В. Досс. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 224 с.
- 4* 3. *Варлагин, А.В.* Влияние эколого-морфологических факторов на устьичное вление ели европейской [Текст] / А.В. Варлагин, Н.Н. Выгодская // Лесоведение. – 1993. – № 3. – С. 48–61.
4. Водный обмен растений [Текст] / под ред. И.А. Тарчевского, В.Н. Жолкевича. – М., 1989. – 256 с.
5. *Загирова, С.В.* Структура ассимиляционного аппарата и CO₂-газообмен у хвойных [Текст] / С.В. Загирова. – Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 1999. – 108 с.
6. *Иванов, Л.А.* О методе быстрого взвешивания для определения транспирации в естественных условиях [Текст] / Л.А. Иванов, А.А. Силина, Ю.Л. Цельникер // Ботан. журн. – 1950. – Т. 35, № 2. – С. 171–185.
7. *Крамер, П.Д.* Физиология древесных растений [Текст] / П.Д. Крамер, Т.Т. Козловский. – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 462 с.
8. *Молчанов, А.Г.* Соотношение фотосинтеза и транспирации у сосны обыкновенной в условиях южной тайги [Текст] / А.Г. Молчанов // Лесоведение. – 1986. – № 4. – С. 76–82.
9. *Нестерович, Н.Д.* Влияние света на древесные растения [Текст] / Н.Д. Нестерович, Г.И. Моргайлик. – Минск: Наука и техника, 1969. – 176 с.
10. *Нестерович, Н.Д.* Структурные особенности листьев хвойных [Текст] / Н.Д. Нестерович, Т.Ф. Дерюгина, А.И. Лучков. – Минск: Наука и техника, 1986. – 97 с.
11. Справочник по климату СССР. Вып. 1. Ч. 2. Температура воздуха и почвы [Текст]. – Л., 1965. – 380 с.
12. Справочник по климату СССР. Вып. 1. Ч. 4. Влажность воздуха, осадки, снежный покров [Текст]. – Л., 1968. – 342 с.
13. *Цельникер, Ю.Л.* Физиологические основы теневыносливости древесных растений [Текст] / Ю.Л. Цельникер. – М.: Наука, 1978. – 112 с.

14. Эколого-физиологические основы продуктивности сосновых лесов Европейского Северо-Востока [Текст] / под. ред. К.С. Бобковой. – Сыктывкар, 1993. – 174 с.

15. *Smith, M.* The response of photosynthesis and stomatal conductance to relative humidity in Hall's bulrush, a rare plant species [Text]: Abstr. Illinois State Academy of Science 92nd Annual Meeting P., Ammann S. / M. Smith et al. // Trans. III State Acad. Sci. – 2000. – 93p.

Поступила 02.04.08

S.N. Senkina

Institute of Biology, Komi RC Ural Branch of RAS

Transpiration and Stomatal Resistance of Scotch Pine in Different Growing Conditions

The results of long-term investigation of transpiration and stomatal resistance of Scotch pine needles in stands of different composition are given. The seasonal and day-time dynamics of parameters is characterized. Their changes in the needles of different age are analyzed depending on **its** availability in the tree crown.

Keywords: Scotch pine, transpiration intensity, stomatal resistance, ecological factors.

УДК 630*(416.4+416.5)

В.П. Шелухо, В.А. Сидоров

Брянская государственная инженерно-технологическая академия

Шелухо Василий Павлович родился в 1956 г., окончил в 1979 г. Брянский технологический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесозащиты и охотоведения Брянской инженерно-технологической академии. Имеет более 80 печатных работ в области лесопатологии, лесной энтомологии, экологии, промышленного воздействия на лесные экосистемы.

Тел.: (84832) 74-03-97



Сидоров Василий Александрович родился в 1983 г., окончил в 2005 г. Брянскую государственную инженерно-технологическую академию, аспирант кафедры лесозащиты и охотоведения БГИТА. Имеет 2 научные публикации в области лесопатологии, фитопатологии.

E-mail: Vasily038@mail.ru



ДИАГНОСТИКА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ БАКТЕРИОЗА БЕРЕЗЫ В БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

Рассмотрены диагностика и распространение бактериальной водянки березы на территории Брянской области, ее влияние на состояние березовых насаждений и особенности поражения деревьев.

Ключевые слова: береза, бактериозы, бактериальная водянка, распространение водянки, диагностика.

В последние годы на территории Брянской области и сопредельных регионов выявлены активно действующие очаги мало изученного заболевания – бактериальной водянки березы (*Erwinia multivora* Scz.-Parf.). Характер его распространения принял масштабы эпифитотии в этом регионе и панфитотии в целом по России и странам СНГ. Большие участки березовых лесов усыхают, распадаются насаждения, имеющие в составе березу, ухудшаются экологические условия. Ранее для этого заболевания не были разработаны профилактические и истребительные мероприятия, так как на момент описания оно носило единичный характер.

Впервые бактериальную водянку березы обнаружил в лесах Северного Кавказа и описал А.Л. Щербин-Парфененко (1963 г.). Почти все усохшие деревья как порослевой, так и семенной березы имели в нижней части стволов свежую и мокрую древесину. Оказалось, что причиной усыхания березы является бактериоз, свойственный буку и пихте. Возбудителем болезни была определена бактерия *Erwinia multivora* Scz.-Parf.

В настоящее время заболевание отмечается в Башкортостане, где поражены почти все березняки, республиках Татарстан и Адыгея, Прибалтике. Таким образом, охват березняков бактериозом достаточно велик, чтобы говорить о реальной угрозе их исчезновения.

В Брянской области очаги усыхания березняков и прилегающих насаждений в основном были обследованы в сложной группе типов леса с участием березы в составе насаждений в количестве 6...10 ед., полнотой 0,7. Средний возраст обследованных березняков 60 лет, средний класс бонитета I.

Рекогносцировочное обследование проводили по общепринятым в лесоводственно-таксационных работах методам с привлечением приемов лесопатологической таксации. Для подбора насаждений использовали метод послойной выборки [11].

Пробные площади для детального обследования располагали в местах, представляющих интерес с точки зрения получения информации о состоянии насаждений в целом, а также в очагах болезни для изучения ее распространения и роли. Состояние насаждений на пробных площадях определяли согласно методик [4, 8].

Учет ран бактериальной водянки и поселения ксилофагов на деревьях проводили в соответствии с методикой анализа модельных деревьев на гнилевые болезни и заселение вредителями [8, 14], оценку состояния окружающей природной среды – путем анализа флуктуирующей асимметрии листьев березы [2].

Для анализа хода роста деревьев различных категорий санитарного состояния по диаметру и выявления влияния заболевания на их рост производили отбор кернов буравом Пресслера [5]. Для обнаружения особенностей поражения бактериозом изучали формовое разнообразие берез повислой и пушистой по типу коры [1, 3].

Основными типичными признаками болезни являются образование мокнущих ран с потеками рыже-бурого цвета и сильное увлажнение древесины под раной.

Визуально наиболее легко определяются разреживание и усыхание верхней части кроны, массовая суховершинность, наличие сухих ветвей в верхней трети кроны, появление на стволах в районе кроны коротких водяных побегов пучками, мокрых рыже-бурых потеков (особенно заметны во влажную погоду), характерный кислый запах луба. Неоднократно отмечались случаи, когда в конце вегетационного периода дерево по состоянию кроны относилось к категории «сильноослабленное», однако луб в нижней части ствола был полностью мертвым с характерными признаками поражения водянкой. Поэтому в очагах заболевания предложено категорию состояния дерева определять на балл ниже, чем классифицируется [15].

В составе обследованных насаждений преобладает береза бородавчатая (в среднем 55 %), на долю гибрида *Betula pendula* × *Betula pubescens* приходится чуть меньше (около 43 %), а участие березы пушистой составляет 2 %, что согласуется с ранее проводившимися исследованиями [1]. Пораженность гибрида несколько выше, чем березы бородавчатой, береза пушистая не поражена бактериозом, хотя произрастает в тех же условиях, но в более увлажненных, благоприятных для развития бактерий, местах. В составе насаждений наиболее распространена шероховатокорая форма березы

(31 %), немного меньше приходится на ромбовидно- и неяснотрещиноватую формы (соответственно 26 и 21 %). Наиболее поражены бактериозом продольнотрещиноватая (25 %), шероховатокорая (19 %) и грубокорая (17 %) формы березы.

Анализ флуктуирующей асимметрии листьев березы показал, что обследованные насаждения находятся в приблизительно одинаковых экологических условиях, степень флуктуирующей асимметрии листьев соответствует 2 баллам [2].

Большая часть обследованных насаждений характеризуется как сильноослабленные, исключение составляют березняки на юге области, которые квалифицированы как ослабленные и находятся уже в пределах другой лесоклиматической зоны [6, 9, 10]. Пораженность насаждений варьирует от слабой степени в Севском лесхозе до сильной в Брянском (см. таблицу).

Параметры ландшафтов [7], в пределах которых обнаружены очаги бактериоза березы:

Брасовский, Доброводьевский и Севский ландшафты входят в группу лессовых плато и характеризуются возвышенным высотным положением и хорошей дренированностью;

Кочевский ландшафт относится к группе моренных равнин, возвышенный, дренированность хорошая;

Навлинский и Рогнединский ландшафты включены в группу водноледниковых суглинистых равнин, возвышенные, дренированность хорошая;

Дятьковский, Ивотский, Клюковниковский, Кокоревский, Старьский, Унечский и Хинельский ландшафты отнесены к полесьям в группе зандровых равнин, занимают возвышенное высотное положение (кроме Хинельского), дренированность от слабой до умеренной;

Сещинский и Снежетьско-Деснинский ландшафты входят в группу речных долин и занимают соответственно возвышенное и низменное высотное положение, дренированность хорошая и умеренная.

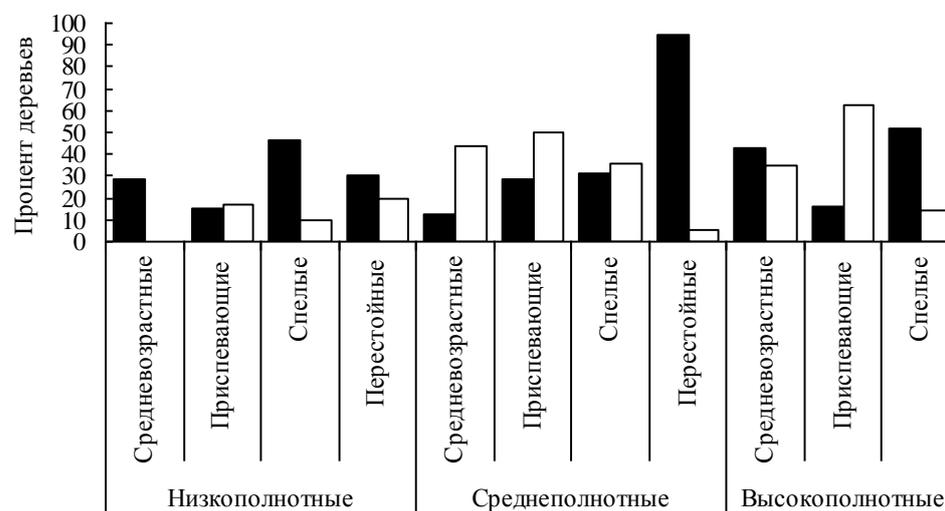
Березовые насаждения во всех ландшафтах произрастают преимущественно на дерново-подзолистых и серых лесных супесчаных и суглинистых почвах разной степени оглеения, подстилаемых суглинками и моренными глинами.

При обследовании насаждений с преобладанием березы повислой выявлены очаги бактериальной водянки сильной степени в группе ландшафтов, характеризующихся слабой дренированностью и супесчаными и суглинистыми почвами, подстилаемыми в основном моренными суглинками, опоками и кварцево-глауконитовыми песками. На территории более дренированных ландшафтов очаги повреждения древостоев водянкой отмечены на пониженных элементах рельефа, но в значительно меньшем количестве, степень их развития – средняя.

Наиболее поражены бактериозом спелые низко- и высокополнотные древостои, а также среднеполнотные перестойные насаждения (см. рисунок). Очаги заболевания отмечены в насаждениях березы IV–VII классов возраста на влажных почвах в достаточно богатых лесорастительных условиях.

Состояние березняков Брянской области

Лесхоз	Преобладающий ландшафт	Средне- невзвешенная категория состояния	Пораженность бактериозом, %				Заселенность стволовыми вредителями, %
			средняя	по категориям очагов			
				слабая	средняя	сильная	
Брянский	Снежетьско-Деснинский	2,75	58	–	43	73	3
Брасовский	Брасовский, Кокоревский	2,82	55	–	46	64	6
Дубровский	Кочевский, Рогнединский, Сецинский	1,60	27	22	33	–	3
Дятьковский	Дятьковский, Ивотский, Старьский	3,20	47	26	48	66	8
Навлинский	Клюковниковский, Навлинский	3,05	56	–	38	74	3
Севский	Доброводьевский, Севский, Хинельский	2,39	30	10	51	–	2
Унечский	Унечский	2,58	34	–	34	–	3



Пораженность обследованных древостоев в пределах групп полноты и возраста
(■ – пораженные бактериозом березы; □ – здоровые)

Очаги слабой степени развития занимают 66 % от общего числа очагов, средней и сильной степени – по 17 %. По площади также преобладают очаги слабой степени (60 %), затем идут очаги сильной (23 %) и средней (17 %) степени развития.

Преобладающая доля очагов болезни сильной степени развития (пораженность деревьев более 75 %) располагается в пониженных местах, в условиях слабой дренированности, что свидетельствует о нарушении устойчивости комлевой части деревьев к изменению условий их водоснабжения и подтверждается расположением ран бактериальной водянки в комле и на корневых лапах.

Наибольшая пораженность отмечается у сильноослабленных деревьев и старого сухостоя, что связано с активным ростом очагов болезни и значительным влиянием бактериоза на состояние древостоя.

Заселенность деревьев стволовыми вредителями низкая (2...8 %). Единственным видом ксилофагов, адаптировавшимся к условиям кислой подкоровой среды модельных деревьев, оказалось сверлило листовенное. Вредитель поселяется на уже зараженных бактериозом деревьях и не является причиной их ослабления, равно как и переносчиком заболевания. Однако вопрос о роли насекомых в распространении болезни остается спорным. В Калужской области отмечено наличие семейноходного древесинника почти на всех пораженных деревьях, и он рассматривается как переносчик возбудителя болезни [13].

Анализ пораженности деревьев в зависимости от их диаметра показал, что в очагах слабой степени развития болезнью поражены в основном тонко- и крупномерные деревья, что, возможно, связано с их меньшей устойчивостью и конкурентоспособностью. Факторами меньшей устойчивости деревьев более крупного диаметра могут быть их возраст и большая доля ранней древесины, которая более благоприятна для развития бактерий. В очагах средней степени развития к ним добавляются деревья средних ступеней толщины.

В очагах сильной степени развития с увеличением пораженности насаждения и ухудшением его общего санитарного состояния возрастает и поражение практически всех деревьев березы. Четкой избирательности здесь уже не наблюдается. Деревья средних ступеней толщины, которые в насаждении численно преобладают, имеют пораженность 55...65 % в зависимости от степени развития очага.

Было отмечено единичное поражение деревьев березы в возрасте 15...20 лет, что вызывает опасность повышения агрессивности патогена, так как ранее считалось, что болезнь поражает только березняки старше 20 лет [12].

Раны водянки располагаются преимущественно в нижней части ствола и тяготеют к восточному сектору. Средняя протяженность участка расположения ран на стволе ($1,00 \pm 0,15$) м. Среднее количество ран, приходящихся на одно дерево, зависит от степени пораженности древостоя и составляет ($2,20 \pm 0,28$) шт. Наибольшая плотность расположения ран на стволе отмечена на высоте 0,6...1,7 м.

Скорость развития болезни зависит от состояния дерева в период заражения. Анализ динамики приростов модельных деревьев показал, что при поселении бактериальной водянки на здоровых деревьях через 4...6 лет они отмирают. На ослабленных к моменту заражения деревьях болезнь протекает интенсивнее, и они могут усохнуть и за 2...3 года.

Таким образом, выявленные особенности и общие закономерности протекания и распространения бактериальной водянки заключаются в следующем:

косвенными признаками заболевания служат разреженность кроны, наличие сухих ветвей и водяных побегов;

наиболее типичные внешние признаки поражения болезнью – пятна ржаво-бурого цвета преимущественно овальной формы, из которых впоследствии вытекает экссудат с характерным кислым запахом масляно-кислого брожения;

древесина под ранами сильно увлажнена и разрушена;

крупные очаги поражения сосредоточены преимущественно в условиях достаточно богатых влажных почв в насаждениях IV–VII классов возраста;

продолжительность заболевания – 2...4 года, после чего дерево отмирает;

при скрытом характере бактериоза дерево по состоянию кроны может быть отнесено к категории «ослабленное» или «сильноослабленное», но луб в нижней части ствола уже разрушен.

Таким образом, в результате болезни – бактериальной водянки – ослабляются и погибают не только насаждения березы, но и снижается устойчивость древостоя с примесью данной породы, так как в процессе гибели березового элемента снижается полнота насаждения, изменяется микроклимат. С отпадом появляется инфекционное начало для заражения соседних насаждений, создаются условия для развития гнилевых болезней и вредителей леса, поселяющихся на ослабленных деревьях, т.е. может сформироваться вторая волна эпифитотии, связанная уже не с самой болезнью, а с ее последствиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гроздова, Н.Б. Формовое разнообразие березы бородавчатой и пушистой в центральной полосе европейской части СССР [Текст]: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук / Н.Б. Гроздова. – ВЛТИ: Воронеж, 1961. – 24 с.
2. Захаров, В.М. Здоровье среды: методика оценки [Текст] / В.М. Захаров [и др.]. – М.: Центр экологической политики России, 2000. – 68 с.
3. Ильин, В.С. Строение и физико-механические свойства древесины разных форм березы, различающихся по коре [Текст]: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук / В.С. Ильин; ЛЛТА, – Л.; 1954. – 14 с.
4. Инструкция по экспедиционному лесопатологическому обследованию лесов СССР [Текст]. – М., 1983. – 112 с.
5. Использование кернов древесины в лесоводственных исследованиях [Текст]: метод. указания. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1988. – 43с.

6. Исследование причин усыхания березовых насаждений в Дятьковском опытном лесхозе и разработка рекомендаций по защите березняков [Текст]: отчет о НИР / БГИТА; отв. исп. В.П. Шелухо. – № 4.30.459. – Брянск, 2004. – 55 с.
7. Карта ландшафтная Брянской области [Карты] / сост. А.К. Пастернак. – 1:300 000. – М.: Изд-во МГУ, 1966.
8. Методические указания по экспедиционному лесопатологическому обследованию лесов СССР [Текст]. – Брянск, 1986. – 155 с.
9. Проведение комплексных исследований причин усыхания березовых насаждений в Брянском лесхозе и разработка рекомендаций по их защите [Текст]: отчет о НИР / БГИТА; отв. исп. Л.М. Соболева. – № 4.30.460. – Брянск, 2004. – 80 с.
10. Проведение комплексных исследований причин усыхания березовых насаждений в Дубровском лесхозе и разработка рекомендаций по их защите [Текст]: отчет о НИР / БГИТА; отв. исп. В.А. Зудилин. – № 4.30.438. – Брянск, 2004. – 40 с.
11. Санитарные правила в лесах РФ [Текст]. – М., 2006. – 22 с.
12. Сидоров, В.А. Ландшафтная приуроченность и пораженность березняков бактериальной водяжкой в Брянской области [Текст] / В.А. Сидоров // Актуал. проблемы лесного комплекса: сб. науч. тр. междунар. науч.-техн. конф.– Брянск: БГИТА, 2006. – Вып. 13. – С. 239–242.
13. Смирнов, С.И. Бактериальная водяжка в березняках Калужской области [Текст] / С.И. Смирнов, А.С. Котов // Лесоведение, экология и биоресурсы: материалы междунар. науч.-производ. конф. «Брянщина – родина отечественного и мирового высшего лесного образования». – Брянск: БГИТА, 2005. – С. 182–183.
14. Смирнов, С.И. Методические основы проведения комплексных полевых исследований причин усыхания березовых насаждений на юго-западе европейской части России [Текст] / С.И. Смирнов. – Брянск: БГИТА, 2004. – 12 с.
15. Шелухо, В.П. Диагностика заражения березовых насаждений бактериальной водяжкой [Текст] / В.П. Шелухо // Лесоведение, экология и биоресурсы: материалы междунар. науч.-производств. конф. «Брянщина – родина отечественного и мирового высшего лесного образования». – Брянск: БГИТА, 2005. – С. 73–75.
16. Щербин-Парфененко, А.Л. Бактериальные заболевания лесных пород [Текст] / А.Л. Щербин-Парфененко. – М.: Гослесбумиздат, 1963. – 149 с.

Поступила 12.11.07

V.P. Shelukho, V.A. Sidorov
Bryansk State Engineering-and-technology Academy

Diagnosics and Spread of Birch Bacteriosis in Bryansk Region

The diagnostics and spread of birch bacteriosis on the territory of the Bryansk region, its influence on the state of birch stands and peculiarities of birch affection are considered.

Keywords: birch, bacteriosis, birch dropsy, spread of dropsy, diagnostics.



УДК 625.874:630*383.4

Ю.А. Ширнин, В.И. Чернякевич

Марийский государственный технический университет

Ширнин Юрий Александрович родился в 1946 г., окончил в 1973 г. Марийский политехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии и оборудования лесопромышленных производств Марийского государственного технического университета. Имеет более 230 печатных работ в области технологии и оборудования лесопромышленных производств.
E-mail: yushirnin@rambler.ru



Чернякевич Виктор Иосифович родился в 1947 г., окончил в 1971 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат технических наук, доцент кафедры сухопутного транспорта леса Марийского государственного технического университета. Имеет более 70 печатных работ в области сухопутного транспорта леса.
E-mail: kirsanov@marstu.mari.ru



ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ ДОРОЖНЫХ ПЛИТ ПОЛЯРИЗАЦИОННО-ОПТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

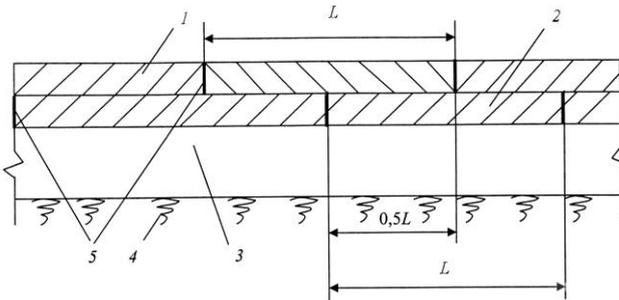
С помощью моделей изучены напряжения в железобетонных плитах лесовозных дорог. Дано сравнение результатов лабораторных экспериментов и теоретических расчетов.

Ключевые слова: железобетонные дорожные плиты, модели, поляризация, напряжения, изгибающие моменты.

Строительство лесных дорог является обязательным элементом технологического процесса лесозаготовок и работ по возобновлению, защите и охране леса. В регионах, где природные каменные материалы дефицитны, можно применять сборные колеиные покрытия из железобетонных плит. Это позволяет быстро нарастить транспортную сеть, обеспечить доступность лесных ресурсов. Однако однослойные конструкции сборных покрытий имеют серьезные недостатки. В частности, до сих пор не решена задача стыкового соединения плит в колесоприводе. Соединение деревянным бруском, работающим во влажной и абразивной среде, не обеспечивает совместной работы плит. В результате повышается давление на грунт основания в стыковой зоне и, как следствие, появляются неравномерные по длине плиты пластические деформации грунта, неполный контакт с основанием, разрушение, потеря устойчивости и эксплуатационных качеств покрытия в целом.

Решение задачи видится в использовании принципа многослойности дорожных одежд. Конструкция двухслойного сборного покрытия из железобетонных плит разработана в МарГТУ (рис. 1). В данной конструкции при

Рис. 1. Конструкция двухслойного дорожного покрытия из железобетонных плит: L – длина плиты, м; 1 – плиты верхнего слоя; 2 – плиты нижнего слоя; 3 – подстилающий слой (основание); 4 – земляное полотно; 5 – стыковые соединения



монтаже покрытия плиты верхнего слоя смещают на половину их длины относительно плит нижнего слоя, соединяют сварным стыком, и нагрузка передается как минимум на две плиты нижнего слоя. Это приводит к существенному снижению давлений на грунтовое (песчаное) основание и в конечном итоге на земляное полотно. Кроме того, в двухслойном покрытии в отличие от однослойного нет сквозных промежутков между плитами в зоне стыков, доходящих до основания, через которые проникает дождевая и снеговая вода, понижая прочность грунтов как основания, так и земляного полотна.

Как подтверждают расчеты, двухслойное сборное покрытие может обеспечить работу всей дорожной конструкции в зоне упругих восстанавливающихся деформаций, существенное снижение расходов на содержание и ремонт пути [9].

Расчеты многослойных дорожных конструкций, имеющих различные прочностные и деформативные показатели материалов слоев, являются сложной инженерной задачей. Цель нашей работы – углубленные экспериментальные исследования напряженного состояния плит с помощью поляризационно-оптического метода (ПОМ) и светочувствительных моделей. Установлено, что ПОМ соответствует предпосылкам и гипотезам теории упругости и широко применяется при исследованиях строительных конструкций из железобетона в отечественной и зарубежной практике [4, 5]. Для изучения напряженного состояния плит лесовозных дорог этот метод ранее не использовался.

Методология моделирования базируется на теории подобия и размерностей [8]. Подобие может быть простое, расширенное, нелинейное, интегральное, основанное на анализе уравнений связей. Подобие натурального объекта и модели заключается в том, что их соответствующие характеристики отличаются только масштабами, которые называются коэффициентами подобия или множителями преобразования. Их определяют двумя основными способами, заключающимися в анализе как уравнений, описывающих явление, так и размерностей изучаемых параметров. В моделировании большое значение имеют безразмерные комплексы величин, называемые критериями подобия (Ньютона, Коши, Фруда и др.), которые должны быть одинаковыми для модели и натурального объекта.

Использование при моделировании полного упругого подобия (равенства коэффициентов Пуассона и масштабов и др.) является довольно жестким условием, которое трудно соблюсти. Поэтому применяем моделирование, основанное на неполном или приближенном подобии [1], где допускается

равенство в сходственных точках модели и природы не всех численно равных критериев, а только тех, относительно которых соблюдается подобие.

Для обеспечения равенства определяющих критериев из условия их однозначности независимо от типа конструкции и ее напряженного состояния должны быть выполнены следующие условия:

натурный прототип и модель геометрически подобны;
нагрузки находятся в одинаковом соотношении в модели и прототипе;
материалы прототипа и модели подчиняются закону Гука, коэффициенты Пуассона для приближенного моделирования могут быть различны;
масштабы размеров, сил и перемещений выбраны произвольно по конструктивным и иным соображениям.

Часто взаимодействие балок и плит с упругим грунтовым основанием рассматривают как работу на упругом винклеровском основании (гипотеза коэффициента постели). Тогда за уравнение связи примем известное уравнение упругой линии балки (плиты), взаимодействующей с упругим основанием:

$$\frac{d^4\omega}{dx^4} + \frac{k\omega}{EJ} = \frac{P}{EJ}, \quad (1)$$

где ω – прогиб балки (плиты);

k – коэффициент постели основания;

x – текущая координата продольной оси балки (плиты);

E – модуль упругости материала;

J – момент инерции поперечного сечения балки (плиты);

P – действующая на балку (плиту) сосредоточенная нагрузка.

Условия по геометрическим параметрам $a \leq 0,5L$ (где a – наибольший размер сечения (ширина) плиты [6]), по прогибам $\omega \leq \frac{1}{150}a$.

Введем соответствующие множители преобразования:

$$\omega_n = C_\omega \omega_m; K_n = C_n K_m; E_n = C_E E_m; J_n = C_J J_m; X_n = C_x X_m; P_n = C_P P_m, \quad (2)$$

где $\omega_n, K_n, E_n, J_n, X_n, P_n$ – прогибы, коэффициенты отпора основания, модули упругости материала, моменты инерции поперечного сечения, текущая координата продольной оси, действующая расчетная нагрузка на натуральную плиту;

$\omega_m, K_m, E_m, J_m, X_m, P_m$ – то же для модели;

$C_\omega, C_k, C_E, C_J, C_x, C_P$ – масштабные множители прогиба, коэффициента отпора, модуля упругости, момента инерции, координаты и нагрузки.

Тогда уравнение (1) после подстановки выражений (2) может быть составлено из масштабных безразмерных множителей:

$$\frac{C_\omega}{C_x^4} + C_k \frac{C_\omega}{C_E C_J} = \frac{C_P}{C_E C_J}. \quad (3)$$

Разделив (3) на $\frac{C_\omega}{C_x^4}$, получим систему индикаторов:

$$\begin{cases} \frac{C_k C_x^4}{C_E C_J} = 1; \\ \frac{C_P C_x^4}{C_\omega C_E C_J} = 1. \end{cases} \quad (4)$$

Таким образом, два уравнения системы (4) связывают шесть масштабных множителей. Четыре из них можно выбрать произвольно (к примеру, C_x, C_P, C_E, C_J), два оставшихся C_k, C_ω равны:

$$C_k = \frac{C_E C_J}{C_x^4}; \quad C_\omega = \frac{C_P C_x^4}{C_E C_J}.$$

Анализ системы индикаторов и ранее выполненные исследования [7] показывают, что модель плиты, взаимодействующей с упругим основанием, может быть изготовлена из светочувствительного органического стекла, например, СО-120К (ГОСТ 10667–90), а в качестве основания модели использована резина толщиной не менее 20 мм. Реологические свойства оргстекла свидетельствуют о том, что в нем, в диапазоне напряжений до $\delta = 12$ МПа, которые в нашем исследовании не превышают расчетных, пластические деформации малоощутимы и во времени не развиваются.

Исходя из технической характеристики поляризационно-проекционной установки ППУ-7, параметров ее рабочего поля, коэффициентов геометрического и силового подобия, определяли линейные размеры модели, нагрузку и диаметр штампа, через который она передается на модель. Указанные параметры составили:

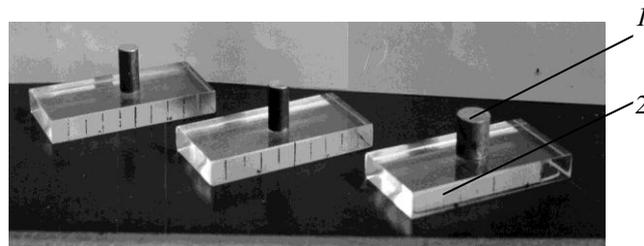
линейные размеры модели плиты: длина – 83,0, ширина – 41,5, высота – 10,0 мм;

нагрузка на модель: при центральном нагружении – 1430, на краю – 1968 Н;

диаметр модельного штампа – 6,7 мм.

Модели дорожных плит из органического стекла и металлические штампы для их нагружения показаны на рис. 2.

Рис. 2. Общий вид моделей дорожных плит и металлического штампа:
1 – металлический штамп; 2 – модель плиты



При нагружении, в зависимости от напряжений, модель приобретает свойство поворачивать плоскость поляризации проходящего сквозь нее светового луча. Пройдя анализатор прибора ППУ-7, он дает на экране систему светлых и темных полос, которые характеризуют напряженное состояние исследуемой модели.

Для определения цены полосы и модуля упругости материала проведены тарировочные испытания балочки из аналогичного оргстекла, что и модель плиты. По результатам тарировочных опытов установлена цена ($\delta^{1,0}$, Н/м²) полосы материала и модуль упругости (E_y , Н/м²) оргстекла. Расчеты выполняли по выражениям

$$\delta^{1,0} = \frac{6PaY_n}{h^3n}; \quad E_y = \frac{3Pal^2}{4th^3f},$$

где P – нагрузка, прикладываемая к балочке, Н;

a – расстояние от точки приложения нагрузки до опоры, $a = 25$ мм;

Y_n – расстояние от нейтральной оси балочки до слоя, где проходит полоса n -го порядка, мм;

h – высота балочки, $h = 12$ мм;

l – расстояние между упорами ППУ-7, $l = 100$ мм;

t – ширина балочки, $t = 10$ мм;

f – прогиб в среднем сечении балочки, мм.

Картины полос при испытаниях показаны на рис. 3. Число опытов для необходимого объема выборки определяли по известной методике [3]. Затем выполняли основную часть экспериментов: определяли напряженное состояние как базовой однослойной конструкции, так и разрабатываемой двухслойной. Первоначально исследовали напряженное состояние модели однослойного покрытия при ее центральном нагружении. Эта схема наиболее изучена в теоретическом плане, рекомендуется в качестве одной из основных методикой [2]. Сравнение результатов экспериментов позволяет судить о достоверности данных, получаемых и при других схемах нагружения моделей плит.

Рис. 3. Картины полос напряженного состояния при испытании моделей: a – при тарировочных испытаниях; b – при центральном нагружении плиты верхнего слоя модели двухслойной конструкции; 1, 2 – плиты соответственно верхнего и нижнего слоев

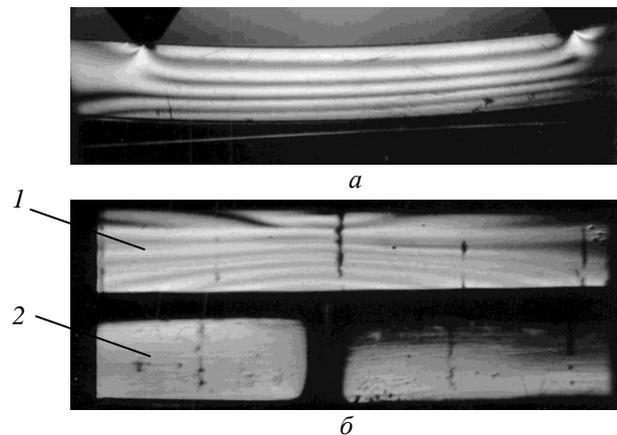
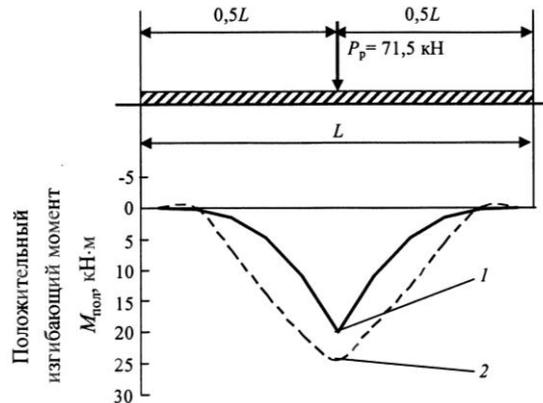


Рис. 4. Эпюры положительных изгибающих моментов в плите верхнего слоя двухслойной конструкции: 1 – теоретические ($M_{\max}^T = 19,95 \text{ кН}\cdot\text{м}$); 2 – экспериментальные ($M_{\max}^Э = 24,61 \text{ кН}\cdot\text{м}$)



По результатам исследований моделей выполнен перерасчет напряжений (σ , МПа) и изгибающих моментов (M , кН·м) в соответствующих поперечных сечениях плиты с моделями на натуре [7]:

$$\sigma_n = \sigma_m \frac{P_n}{P_m} \cdot \left(\frac{t_m}{t_n} \right)^2;$$

$$M_n = \beta \left(M_m + D_m \frac{(\mu_m - \mu_n)}{\rho_m} \right),$$

где $\sigma_n, P_n, t_n, M_n, \mu_n$ – напряжения, усилия, толщины, изгибающие моменты и коэффициенты Пуассона натуре;

$\sigma_m, P_m, t_m, M_m, \mu_m$ – то же для модели;

β – масштаб силового подобия, $\beta = 50$;

ρ_m – радиус инерции поперечного сечения модели, мм,

$$\rho_m = h_m / \sqrt{12};$$

D_m – цилиндрическая жесткость модели,

$\text{Н}\cdot\text{мм}^2$,

$$D_m = \frac{E_m J_m}{1 - \mu_m^2} \quad (E_m - \text{модуль упругости материала модели,}$$

J_m – осевой момент инерции поперечного сечения модели).

Сравнение полученных экспериментальных данных с теоретическими расчетами, выполненными по методу [6], показаны на рис. 4.

Расчетную сосредоточенную нагрузку P_p , приложенную в центре плиты от наиболее нагруженного колеса лесовозного автопоезда, определяли по методике [2]:

$$P_p = P_k k_d k_n,$$

где P_k – нормативная нагрузка на колесо лесовозного автопоезда, $P_k = 50 \text{ кН}$;

k_d – коэффициент динамики, $k_d = 1,1$;

k_n – коэффициент перегрузки, $k_n = 1,3$.

Максимальный положительный изгибающий момент как в однослойном, так и в двухслойном покрытиях получен в центральном попереч-

ном сечении плиты под приложенной нагрузкой. Расхождения экспериментальных и теоретических данных колеблются от 4,8 до 19,0 %. Наибольшее оно при расположении одиночной колесной нагрузки на конце плиты, что согласуется с результатами других исследований. Так, в методике МАДИ (ТУ) по расчету железобетонных плит автомобильных дорог [2] это расхождение при изучении изгибающих моментов составило 10 %, поэтому авторы методики ввели в формулы расчета коэффициент 0,9, сближающий, по их мнению, результаты теоретических и экспериментальных исследований.

Выводы

1. Обоснована целесообразность исследования напряженного состояния дорожных плит с помощью метода ПОМ как обладающего большой наглядностью и высокой достоверностью.

2. При расчете железобетонных дорожных плит двухслойной конструкции подтверждена возможность применения общей методики расчета инженерных конструкций (блоки плит), взаимодействующих с упругим, линейно-деформированным основанием [6].

3. Результаты экспериментов и предварительные теоретические расчеты указывают на уменьшение в плитах двухслойной конструкции действующих положительных и отрицательных изгибающих моментов. Отрицательный изгибающий момент в плитах нижнего слоя близок к нулю, следовательно, снижается расход арматурной стали, одна из основных составляющих стоимости изготовления плит.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геронимус, В.Б. Нелинейное подобие и его применение к моделированию [Текст] / В.Б. Геронимус // Тр. / НИМЖТ. – М., 1961. – Вып. 24. – С. 125 – 151.
2. Коновалов, С.В. Практическая методика расчета дорожных покрытий с учетом повторностей воздействия нагрузок [Текст] / С.В. Коновалов, М.С. Коганзон. – М.: Гостройиздат, 1970. – 218 с.
3. Методика планирования экспериментов и обработки их результатов при исследовании технологических процессов в лесной и деревообрабатывающей промышленности [Текст]: учеб. пособие для ФПКП и аспирантов / под общ. ред. А.А. Пижурин. – М., 1972. – Ч. 1 – 55 с.; ч. 2. – 48 с.; ч. 3 – 74 с.
4. Пригоровский, Н.И. Методы и средства определения полей деформаций и напряжений [Текст]: справочник / Н.И. Пригоровский. – М.: Машиностроение, 1983. – 248 с.
5. Прис, Б.В. Моделирование железобетонных конструкций [Текст] / Б.В. Прис, Д.Д. Дэвис. – Минск.: Высш. шк., 1974. – 222 с.
6. Симвулиди, И.А. Расчет инженерных конструкций на упругом основании [Текст] / И.А. Симвулиди. – М.: Высш. шк., 1987. – 576 с.
7. Смольский, А.Е. Некоторые вопросы исследования моделей железобетонных конструкций [Текст] / А.Е. Смольский // Поляризационно-оптический метод исследования напряжений: тр. 5-й Всесоюз. конф. 23–27 июня 1964 г. – Л.: ЛГУ, 1966. – С. 710–717.

8. Теория подобия и размерностей. Моделирование [Текст] / П.М. Алабужев, В.Б. Геронимус, Л.М. Мишкевич, Б.А. Шеховцов. – М.: Высш. шк., 1968. – 206 с.

9. *Чернякевич, В.И.* Конструирование и расчет многослойного дорожного покрытия из железобетонных плит [Текст]: моногр. / В.И. Чернякевич, Н.Н. Пушкаренко, Л.М. Чернякевич. – Йошкар-Ола: Марийск. гос. техн. ун-т, 2007. – 180 с.

Поступила 03.02.09

Yu.A. Shirnin, V.I. Chernyakevich
Mari State Technical University

Study of Pavement Plates Stress by Photoelasticity Method

Stresses of reinforced concrete plates of wood tracks are studied with the help of models. The results of laboratory experiments and theoretical calculations are compared.

Keywords: reinforced concrete road plates, models, polarization, stresses, bending moments.



УДК 634*378

П.Н. Перфильев, В.А. Барабанов, А.А. Митрофанов

Архангельский государственный технический университет

Перфильев Павел Николаевич родился в 1984 г., окончил в 2006 г. Архангельский государственный технический университет, старший преподаватель кафедры водного транспорта леса и гидравлики АГТУ. Имеет 4 печатные работы по исследованиям гидродинамических характеристик линеек из плоских сплottedных единиц.
E-mail: perfilievua@mail.ru



Барабанов Виктор Александрович родился в 1945 г., окончил в 1967 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор кафедры водного транспорта леса и гидравлики Архангельского государственного технического университета. Имеет более 75 печатных работ в области совершенствования водного транспорта леса и взаимодействия тел с жидкостью.
E-mail: v.barabanov45@bk.ru



Митрофанов Александр Александрович родился в 1941 г., окончил в 1964 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой водного транспорта леса и гидравлики Архангельского государственного технического университета, академик РАЕН. Имеет более 220 печатных работ в области гидродинамики взаимодействия плохобтекаемых тел с жидкостью, механики грунтов, научного обоснования и разработки новых экологически защищенных технологий водного транспорта леса по рекам с недостаточными глубинами.
E-mail: agtusplav@mail.ru



МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ЛИНеек ИЗ ПЛОСКИХ СПЛОТочных ЕДИНИц ДЛя УСЛОВИЙ ЛЕСОСПЛАВА НА КРИВОЛИНЕЙНЫХ УЧАСТКАХ РЕК

Рассмотрены условия транспортировки линеек из плоских сплottedных единиц. Разработана методика расчета интервала между ними в зависимости от радиуса закруглений рек.

Ключевые слова: лесосплав, плоская сплottedная единица, криволинейный участок реки.

В связи с отменой молевого сплава древесина по малым рекам в настоящее время практически не сплавляется. Поэтому в отдаленных лесозаготовочных районах, где нет железнодорожного транспорта, а автомобильный не окупается, лесозаготовки не ведутся. В обществе сохраняется острая социальная проблема занятости населения, заводы не получают сырья. Проблему можно решить, внедряя новые технологии лесосплава по рекам с ограниченными глубинами на базе объемных плоских сплottedных единиц (ПСЕ) малой осадки [3, 4, 6, 7]. Большинство малых рек являются извилистыми, что затрудняет проход линейки из ПСЕ через криволинейные участ-

ки русла. Поэтому очень важно правильно подобрать габариты линейки и особенно интервалы между ПСЕ.

При рассмотрении условий транспортировки леек можно выделить некоторые транспортно-путевые характеристики рек: большая извилистость русла; ограниченная ширина русла и лесосплавного хода; неблагоприятный скоростной режим течения, обусловленный подъемом и спадом уровней воды в половодье; ограниченный период лесосплава и необходимость совмещения его во многих случаях со встречными судовыми перевозками на временно судоходных реках; наличие свальных течений. В связи с этими особенностями линейка из ПСЕ должна быть большегрузной, иметь повышенную гибкость и допускать применение дополнительных средств управления [2].

На криволинейных участках рек русла формируются под воздействием поперечных течений, возникающих вследствие центробежной силы водного потока, прямо пропорциональной квадрату скорости течения и обратно пропорциональной радиусу кривизны. В начале криволинейного берега поверхностные струи потока направляются от выпуклого берега к вогнутому по криволинейным траекториям, сходящимся у фарватера, вблизи вогнутого берега. Здесь струи, участвуя в поперечной циркуляции потока, винтообразно спускаются вниз к дну реки, создавая донное течение, расходящееся и поднимающееся на поверхность на участке перегиба русла в плане.

В результате поступательного и вращательного перемещения речного потока и сложного винтообразного движения воды формируется русло. Соотношение между глубинами на криволинейном и прямолинейном участках потока имеет вид [5]

$$h_{к.с} = h \left(1 + \tau \sqrt{b/r_b} \right), \quad (1)$$

где $h_{к.с}$ – средняя глубина в створе наибольших глубин криволинейного участка, расположенном несколько ниже вершины кривой вогнутого берега (примерно на расстоянии $0,6 l_k$ от вершины кривой, где l_k – длина кривой), м;

h – средняя глубина на прямолинейном участке, м;

b – ширина потока на прямолинейном участке, м;

r_b – радиус кривизны выпуклого берега излучины, м;

τ – коэффициент, зависящий от отношения b/r_b , при b/r_b , равном 6, 5, 4, 3, 2, 1,5, коэффициент τ имеет значения соответственно 0,60; 0,60; 0,65; 0,75; 0,85 и 2,00.

Ширина потока на закруглении – величина переменная, обычно меньшая, чем на прямолинейном участке. Минимальная ширина устойчивого участка на кривой наблюдается в створе, расположенном несколько ниже вершины кривой вогнутого берега. Таким образом, форма устойчивого криволинейного русла в плане часто характеризуется на первом его участке уменьшением ширины b_k от b до $b_{к.с}$, а на втором, нижнем по течению, – увеличением от $b_{к.с}$ до b (рис. 1). Отмеченная особенность очертания криволинейных участков рек на плане имеет существенное значение при проведе-

нии сплава, так как на сужающемся участке русла линейка из ПСЕ может заклиниваться между берегами. Наряду с этим в плане встречаются излучины, в вершине которых ширина русла наибольшая, причем на верхнем по течению участке русло расширяется, а на нижнем сужается. При этом наблюдается сдвиг вершины излучины вниз по течению у выпуклого берега по сравнению с ее положением у вогнутого (рис. 1).

В некоторых случаях сдвиг вершины выпуклого и вогнутого берегов бывает значительным, при этом плавность очертания излучины в плане не соблюдается, а эффект заклинивания линейки из ПСЕ в закруглении проявляется в еще большей мере [5]. На криволинейных относительно широких участках рек сплавляемая линейка прижимается к вогнутому берегу. Здесь ширина сплавной трассы значительно сужается.

Плотность заполнения полосы движения на закруглении возрастает по сравнению с прямолинейным участком реки. При выходе линейки из закругления полоса движения постепенно расширяется, и при значительном протяжении прямолинейного участка между излучинами линейка снова заполняет всю ширину реки. Таким образом, сплавная трасса сужается в закруглениях и расширяется на прямолинейных участках. Наименьшая ширина сплавной трассы b_c устанавливается обычно в конце закругления. На схеме сплавной трассы (рис. 2) видно, что отмели расположены у выпуклых берегов.

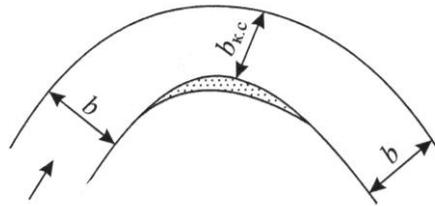


Рис. 1. Изменение ширины реки на

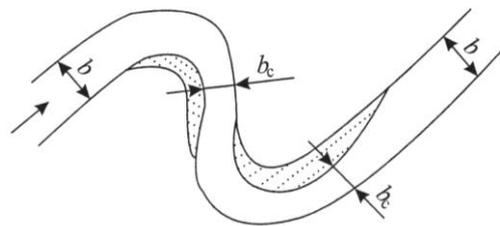


Рис. 2. Схема сплавной трассы на криволинейном участке реки

Размеры линейки из ПСЕ в плане для лесосплава принимают с учетом ширины лесосплавного хода и максимально возможного ее объема при ограниченной ширине реки.

Выбор средств управления линейкой зависит от ее транспортных качеств и путевых условий рек или по результатам опытного проплава по реке, вновь осваиваемой для лесосплава. Число требуемых буксировщиков рассчитывают в зависимости от продолжительности периода лесосплава, коэффициента использования времени буксировки по полному рабочему процессу – обороту судна, состоящему из пробега с возом от места отправления до места назначения, обратного пробега, подготовительно-заключительных операций и приема [5].

Из рис. 3 следует

$$(r_B + B)^2 + \frac{l^2}{4} = (r_B + b)^2, \quad (2)$$

откуда длина линейки из ПСЕ

$$l = 2\sqrt{2r_B(b - B) + b^2 - B^2}, \quad (3)$$

где l – длина линейки из ПСЕ, м;

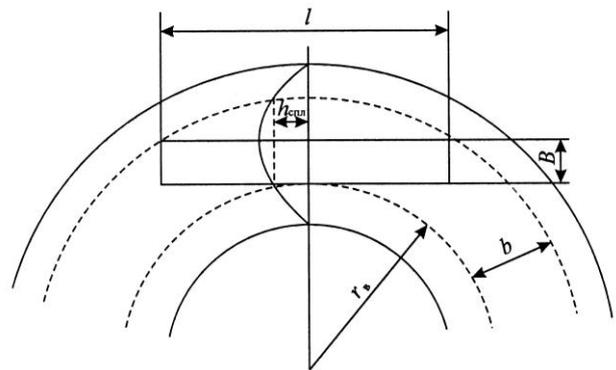
r_B – радиус кривой, соответствующий сплавной глубине у выпуклого берега, м;

b – ширина полосы по зеркалу реки, обеспеченная сплавными глубинами, м;

B – ширина линейки, м.

Конструкция линейки должна обладать повышенной гибкостью, достигаемой за счет интервалов между ПСЕ [1, 5]. Рассмотрим вписываемость линейки в криволинейный участок реки и методику расчета требуемого интервала между ПСЕ. Линейка из шести ПСЕ изображена на рис 4.

Рис. 3. К расчету геометрической вписываемости линейки из ПСЕ в закругление потока



Длину выпуклой части линейки из ПСЕ определим по формулам

$$L_1 = \frac{2\pi r_1}{360} \alpha; \quad (4)$$

$$L_2 = \frac{2\pi r_2}{360} \alpha; \quad (5)$$

$$L_2 = L_1 + xc', \quad (6)$$

где L_1, L_2 – длина линейки из ПСЕ соответственно без интервалов и с интервалами, м;

x – число промежутков;

c' – интервал между ПСЕ, м.

Подставив формулы (4) и (5) в (6), получим

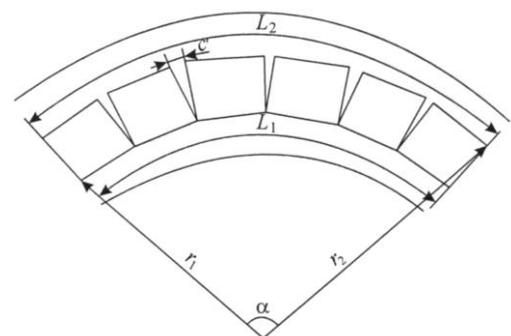


Рис. 4. Геометрическая вписываемость линейки из ПСЕ в криволинейный участок реки

$$\frac{2\pi r_2}{360} \alpha = \frac{2\pi r_1}{360} \alpha + xc' , \quad (7)$$

откуда

$$c' = \frac{\pi\alpha(r_2 - r_1)}{180x} = \frac{\pi\alpha B}{180x} . \quad (8)$$

Таким образом, можно утверждать, что величина интервала зависит от геометрической вписываемости линейки из ПСЕ в криволинейные участки реки. По формуле (8) рассчитаны интервалы между ПСЕ в зависимости от радиуса кривизны реки:

r , м	c' , м	r , м	c' , м
50	1,07	125	0,42
75	0,70	150	0,34
100	0,52		

На основании этих данных для практических расчетов интервала нами получена эмпирическая зависимость

$$c' = 66r^{-1,05} , \quad (9)$$

которая проверена на адекватность при помощи критерия Фишера. Его расчетное значение – 0,12, табличное – 4,4, т. е гипотеза об однородности дисперсий опытов не отвергается. Следовательно, уравнение (9) адекватно описывает экспериментальные данные.

Разработанная методика расчета параметров линеек из ПСЕ применительно к участкам закруглений рек будет способствовать широкому внедрению новых технологий лесосплава по рекам с ограниченными глубинами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Будыка, С.Х. Водный транспорт леса и механизация лесосплавных работ [Текст]: учеб. пособие / С.Х. Будыка, Г.А. Манухин, А.Н. Пименов. – Минск: Вышш. шк., 1970. – 440 с.
2. Инструкция по проектированию лесосплавных предприятий [Текст]. – Л., 1979. – 294 с.
3. Митрофанов, А.А. Лесосплав. Новые технологии, научное и техническое обеспечение [Текст]: монография / А.А.Митрофанов. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2007. – 492 с.
4. Митрофанов, А.А. Научное обоснование и разработка экологически безопасного плотового лесосплава [Текст] / А.А.Митрофанов. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 1999. – 268 с.
5. Мучник, С.Я. Регулирование сплавной трассы [Текст]: учеб. пособие / С.Я. Мучник, Н.Н. Панов – М.: Гослесбумиздат, 1955. – 240 с.
6. Перфильев, П.Н. Методика исследований гидродинамических характеристик линеек из плоских сплотовых единиц [Текст] / П.Н. Перфильев, А.А. Митрофанов // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: сб. науч. тр. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2007. – Вып. 73. – С. 192–196.
7. Перфильев, П.Н. Проблемы лесосплава и методика исследований гидродинамических и инерционных характеристик линеек из плоских сплотовых единиц [Текст] / П.Н. Перфильев, Д.А. Штаборов // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: материалы IV Всерос. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2008. – Ч. 2. – С. 46–49.

Поступила 23.09.08

P.N. Perfiljev, V.A. Barabanov, A.A. Mitrofanov
Arkhangelsk State Technical University

Design Technique of Lines' Characteristics Made of Flat Raft Sections for Timber Rafting in Curve River Reaches

The transportation conditions of lines made of flat raft sections are considered. The procedure for calculating the interval between them depending on the river curves' radius is elaborated.

Keywords: timber rafting, flat raft section, curve river reach.

УДК 625.711.84

В.С. Морозов, Е.Г. Фомин

Архангельский государственный технический университет

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

E-mail: v.morozov@agtu.ru



Фомин Евгений Геннадьевич родился в 1984 г., окончил в 2006 г. Архангельский государственный технический университет, ассистент кафедры эксплуатации автомобилей и машин лесного комплекса АГТУ. Область научных исследований – расчет и строительство автомобильных зимних дорог на переувлажненных грунтах.

E-mail: FominEG@gmail.com



ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕРЗЛОГО ТОРФА

Рассмотрено влияние вязкости на прочностные свойства мерзлого торфяного грунта. Определены зависимости коэффициента вязкости от температуры, времени действия нагрузки, напряжения, влажности.

Ключевые слова: зимние автомобильные дороги, мерзлый торф, тип болот, вязкость.

Малонаселенные территории Европейского Севера и Сибири с суровыми климатическими условиями и продолжительным зимним периодом имеют слабо развитую сеть усовершенствованных дорог круглогодичного действия. В связи с этим большое значение при организации транспортировки массовых грузов приобретают, наряду с водными путями, зимние дороги (снежные, снежно-ледяные и ледяные).

Достоинством таких дорог являются: невысокая стоимость строительства и расходы на содержание проезжей части; возможность устройства простейших переходов через болота и водотоки; хорошая пропускная способность; низкие эксплуатационные затраты и, как следствие, себестоимость транспортировки грузов. Эти дороги часто проходят по заболоченным местностям с довольно толстым слоем торфа, который при создании зимних автомобильных дорог исполняет роль основания и является фактором, сдерживающим их ввод в эксплуатацию.

Мерзлый торф представляет собой многокомпонентную композитную систему, состоящую из четырех фаз: твердой (растительные остатки и минеральные частицы), жидкой (незамерзшая вода), газообразной (защемленный воздух и газ) и кристаллической (лед) [1,3]. Связующим материалом мерзлого торфа служит лед. Кристаллизация воды в порах и капиллярах происходит при температуре ниже 0 °С в результате влияния скрытой теплоты льдообразования.

Прочность мерзлых торфов существенно зависит от сил сцепления между частицами льда и твердого скелета. Эти связи осуществляются через пленки незамерзшей воды, которые обволакивают частицы скелета и ледяные кристаллы. Под действием внешней нагрузки возникает пластическое течение льда, так как при контактах с частицами скелета он плавится, образуя пленочную воду. Вязкое течение воды сопровождается взаимным смещением твердых частиц грунта, что значительно снижает длительную прочность мерзлых торфов, которая может быть в несколько раз меньше кратковременной. Поскольку мерзлый торф можно отнести к дисперсно-структурированным грунтам, чувствительным к изменению температурно-влажностного режима, то все процессы развития в нем деформаций следует рассматривать при постоянной температуре [1].

Целью данной статьи является изучение реологических свойств мерзлого торфа в зависимости от его влажности, температуры, продолжительности нагрузки, действующих напряжений.

Общепринято рассматривать три типа болот [1].

Тип I. Болота с торфяными залежами до твердого минерального дна. Под действием внешней нагрузки происходит в основном сжатие массива торфа в залежи. Торф сильноразложившийся влажностью 400...900 %.

Тип II. Болота с торфяными залежами, покоящимися на мягком основании из минеральных илов и сапропелей (органических илов). При действии небольшой нагрузки происходит сжатие торфяных слоев. При значительной нагрузке, помимо сжатия, наблюдается растекание мягкого основания, залегающего под торфом, что может привести к разрыву торфяного слоя и разрушению проезжей части дороги. Торф среднеразложившийся влажностью 900...1400 %.

Тип III. Болота с торфяными залежами, плавающими на жидком торфе или жидком иле. Имеют небольшую несущую способность. Толщина залежи под нагрузкой постепенно уменьшается за счет выделения воздуха из растительных тканей, что может привести к погружению проезжей части дороги. Эту особенность используют при строительстве ледяных дорог за счет втапливания поперечного настила [1], что позволяет снизить расход воды на поливку. Торф слаборазложившийся влажностью 1400...3000 %.

Строительный тип болот определяет механические свойства мерзлого торфа, дает возможность оценить характер ожидаемых деформаций и наметить методы усиления несущей способности проезжей части. Механические характеристики мерзлого торфа даны в табл. 1. Как видим, при сжатии прочность торфа выше, чем при растяжении, но деформация ниже. Это объясняется тем, что сжатие мерзлого торфа происходит, как у пластичного материала, а растяжение, как у хрупкого. По своим свойствам он занимает промежуточное положение между чистым льдом и мерзлым грунтом.

Таблица 1

Температура в нижней половине	Скорость движения транспортно-	Скорость деформирования,	Модуль деформации, МПа	Расчетное сопротивление (предел прочности), МПа
-------------------------------	--------------------------------	--------------------------	------------------------	---

покрова, °С	го средства, км/ч	мин ⁻¹	Сжатие		Растяже- ние	
			Сжатие	Растяже- ние	Сжатие	Растяже- ние
-1	0,4	0,02	110	1300	1,0	0,8
	0,8	0,04	120	1300	1,5	0,9
	2,0	0,10	130	1300	1,8	1,0
	4,0	0,20	230	1300	2,5	1,7
	10,0	0,50	430	1300	3,7	1,9
-5	0,4	0,02	120	1600	2,8	1,7
	2,0	0,10	200	1600	4,0	1,9
	10,0	0,50	480	1600	7,3	2,1
-10	0,4	0,02	230	1600	4,5	1,9
	2,0	0,10	350	1600	6,0	2,0
	10,0	0,50	770	1600	9,2	2,5

Примечание. Влажность торфа примерно 1000 %, коэффициент Пуассона 0,36.

Поскольку мерзлый торфяной грунт содержит в себе лед и незамерзшую воду, а напряженно-деформированное состояние изменяется во времени по нелинейной зависимости [3], то его можно представить как реологическое тело, проявляющее свойства ползучести, релаксации и снижения прочности. На все эти параметры влияет вязкость (коэффициент вязкости) мерзлого торфяного грунта. Рассмотрим способы определения коэффициента вязкости в зависимости от различных внешних факторов.

Коэффициент вязкости можно найти, например, по уравнению Бингама-Шведова [3]:

$$\tau - \tau_0 = \eta \dot{\gamma}, \quad (1)$$

где τ – интенсивность касательных напряжений;

τ_0 – предельное напряжение сдвига;

η – коэффициент пластичной вязкости;

$\dot{\gamma}$ – относительная скорость деформации сдвига.

Уравнение (1) приводим к расчетному виду. Для этого касательное напряжение τ выражаем через нормальное напряжение σ , деформации при сдвиге γ через относительные деформации при сжатии ε ; относительную скорость $\dot{\gamma}$ представляем как отношение приращения $\Delta\gamma$ к приращению времени Δt . Приняв $\tau_0 \approx 0$, получим

$$\eta = \frac{\sigma}{2(1+\nu)(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)} \Delta t, \quad (2)$$

где $\varepsilon_2, \varepsilon_1$ – относительные деформации для рассматриваемого интервала времени;

ν – коэффициент Пуассона.

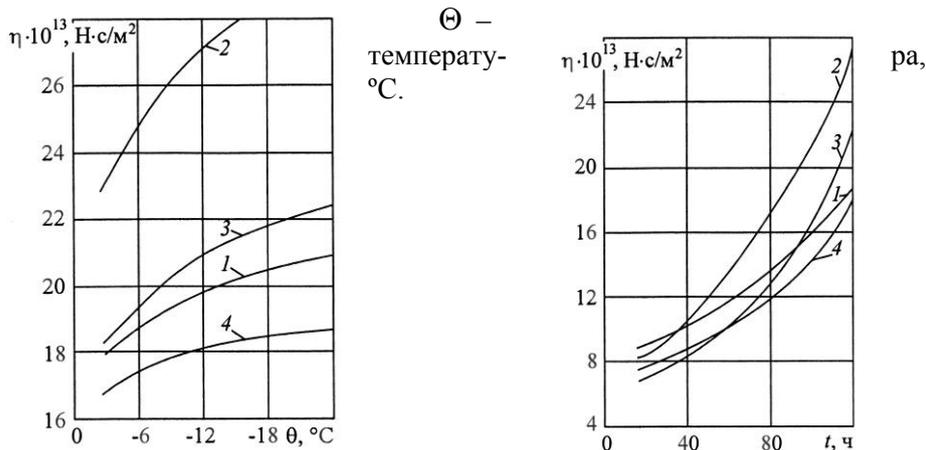
По уравнению (2) рассчитаны коэффициенты вязкости мерзлого торфяного грунта для различных условий с использованием коэффициентов

B и n (B – коэффициент деформации, n – коэффициент упрочнения) [2]. Оказалось, что непосредственное использование коэффициентов B и n не дает удовлетворительных результатов. Естественный разброс опытных данных не позволял установить по результатам вычислений каких-либо закономерностей в зависимости коэффициентов вязкости от температуры, влажности, времени действия и внешней нагрузки. Поэтому перед началом вычислений потребовалось упорядочить коэффициенты B и n при помощи линейной аппроксимации, так как даже небольшая погрешность вызывает существенный разброс значений коэффициентов вязкости. При линейаризации использован метод наименьших квадратов. Результаты вычислений представлены ниже.

Зависимость коэффициента вязкости от отрицательной температуры показана на рис. 1. Она выражается уравнением вида [4]

$$\eta_{\Theta} = U(1 + \Theta)^q, \tag{3}$$

где U, q – параметры, определяемые из опытов (табл. 2);



Зависимость коэффициента вязкости от температуры; $\sigma = 0,5$ МПа

Рис. 2. Зависимость коэффициента вязкости от времени действия нагрузки: $\Theta = -8$ °C; $\sigma = 0,05$ МПа

Таблица 2

Влажность $W, \%$	Напряжение $\sigma, \text{МПа}$	Коэффициенты $U \cdot 10^{13}, \text{Н} \cdot \text{с}/\text{м}^2$, и q в моменты времени $t, \text{ч}$			
		20		120	
		U	q	U	q
300	0,05	8,079	0,49	23,485	0,15
	0,50	2,008	0,70	16,162	0,08
400	0,05	3,801	0,66	22,004	0,12
	0,50	1,791	0,71	19,485	0,13
500	0,05	3,165	0,74	18,172	0,09

600	0,50	1,584	0,72	15,884	0,11
	0,05	2,558	0,61	17,875	0,05
	0,50	2,107	0,64	15,753	0,08

Из графика видно, что по мере понижения температуры коэффициент вязкости возрастает, что можно объяснить изменением качества льда, а также соотношения количества незамерзшей воды и льда.

На рис. 2 показана зависимость коэффициента вязкости от времени действия нагрузки, которую можно описать уравнением Н.Н. Маслова [4]:

$$\eta_t = \eta_k - (\eta_k - \eta_0)e^{-rt}, \quad (4)$$

где η_0, η_k – начальный и конечный коэффициенты вязкости;

r – параметр, определяемый по опытным данным (табл. 3);

t – время действия нагрузки.

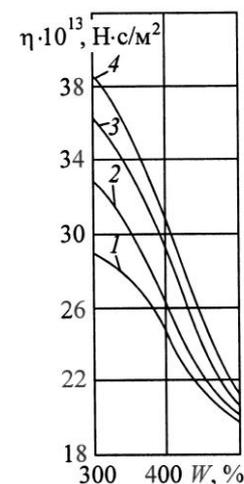
Кривые на рисунке показывают, что с увеличением времени действия нагрузки коэффициент вязкости возрастает (т. е. ползучесть мерзлого торфяного грунта уменьшается), что соответствует физической природе рассматриваемого явления.

Таблица 3

Влажность $W, \%$	Напряжение $\sigma, \text{МПа}$	Коэффициент $r \cdot 10^3$ при $\Theta, ^\circ\text{C}$			
		-3	-8	-17	-25
300	0,05	5,15	5,10	3,83	6,46
		15,07	16,90	19,26	17,03
	0,50	3,32	3,23	3,69	4,45
		11,56	11,95	16,08	14,06
400	0,05	5,04	6,58	4,45	4,86
		18,30	14,93	17,48	17,61
	0,50	3,42	4,01	3,83	3,35
		12,51	11,43	13,86	12,70
500	0,05	5,39	4,93	4,77	5,26
		15,10	15,86	28,80	14,86
	0,50	3,20	2,15	3,93	2,31
		11,35	11,47	33,18	9,11
600	0,05	4,96	5,16	4,19	5,44
		15,05	12,53	12,45	16,03
	0,50	2,61	3,01	3,22	1,01
		10,12	10,26	8,87	5,29

Примечание. В числителе – время действия нагрузки 40 ч, в знаменателе – 100 ч.

Определенное влияние на изменение коэффициента вязкости во времени оказывает уровень действующей



щих напряжений. Как правило, при небольших напряжениях деформации ползучести затухают быстрее, чем при больших.

Рис. 3. Зависимость коэффициента вязкости от напряжений: $t = 120$ ч; $W = 500\%$

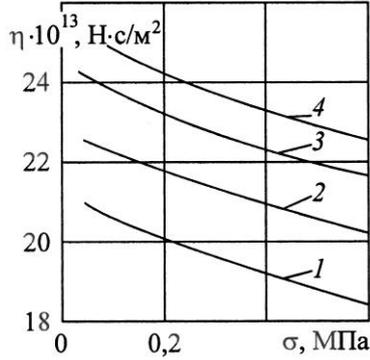
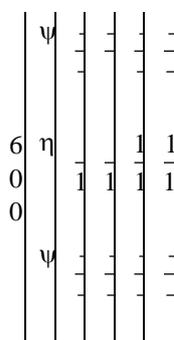


Рис. 4. Зависимость коэффициента вязкости от влажности: $t = 120$ ч; $\sigma = 0,05$ МПа

Таблица 4

Влажность, %	Значения η и $\psi \cdot 10^{13}$, $H \cdot c/m^2$, при Θ , $^{\circ}C$			
	30	40	50	60
30	η	11	11	11
40	η	12	12	12
50	η	11	12	12



Примечание. Здесь и в табл. 5 в числителе – время действия нагрузки 20 ч, в знаменателе – 120 ч.

На рис. 3 представлен график зависимости коэффициента вязкости от действующих напряжений, который уменьшается с их возрастанием. Зависимость $\eta = f(\sigma)$ выражается уравнением [5]

$$\eta_{\sigma} = \eta_0 (1 + \psi \ln \sigma_i), \quad (5)$$

где η_0, ψ – параметры, определяемые по полулогарифмическому графику (табл. 4).

На основании данных табл. 4 построен график зависимости вязкости мерзлого торфяного грунта от влажности (рис. 4). Из графика видно, что с увеличением влажности вязкость уменьшается, что объясняется, по всей видимости, влиянием незамерзшей воды.

Таким образом, подтвердилось предположение о зависимости коэффициента вязкости мерзлого торфяного грунта от таких факторов, как температура, влажность грунта, нагрузка и время ее действия. Поэтому коэффициент η следует определять непосредственно для конкретного вида торфа. В табл. 5 приведены значения коэффициентов вязкости, вычисленные для различных температуры, влажности, интенсивности и времени действия нагрузки на основании данных наших исследований. Полученные результаты могут быть использованы для создания более корректной реологической модели мерзлого торфяного грунта.

Таблица 5

Влажность $W, \%$	Напряжение σ , МПа	Коэффициент $\eta \cdot 10^3, \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}^2$, при $\Theta, \text{ }^\circ\text{C}$			
		-3	-8	-17	-25
300	0,05	15,934	23,710	33,357	39,870
		28,973	32,724	36,336	38,409
	0,10	13,579	20,537	29,362	35,425
		26,576	29,748	32,807	34,558
	0,20	11,710	18,019	26,190	31,896
		24,674	27,385	30,005	21,500
	0,30	8,514	13,714	20,769	25,863
		21,421	23,346	20,216	26,274
	0,50	5,319	9,406	15,347	18,831
		18,169	19,307	20,427	21,047

400	0,05	<u>9,450</u>	<u>16,142</u>	<u>25,387</u>	<u>32,325</u>
		<u>25,770</u>	<u>28,266</u>	<u>30,591</u>	<u>31,901</u>
	0,10	<u>8,415</u>	<u>14,446</u>	<u>22,847</u>	<u>29,168</u>
		<u>25,207</u>	<u>27,708</u>	<u>30,047</u>	<u>31,363</u>
	0,20	<u>7,594</u>	<u>13,100</u>	<u>20,831</u>	<u>26,663</u>
		<u>24,761</u>	<u>27,266</u>	<u>29,612</u>	<u>30,936</u>
0,30	<u>6,193</u>	<u>10,800</u>	<u>17,385</u>	<u>22,379</u>	
	<u>23,998</u>	<u>26,509</u>	<u>28,872</u>	<u>30,205</u>	
500	0,50	<u>4,791</u>	<u>8,498</u>	<u>13,939</u>	<u>18,096</u>
		<u>23,234</u>	<u>25,753</u>	<u>28,131</u>	<u>29,474</u>
	0,05	<u>8,864</u>	<u>16,192</u>	<u>27,100</u>	<u>35,615</u>
		<u>20,701</u>	<u>22,341</u>	<u>23,865</u>	<u>24,684</u>
	0,10	<u>7,846</u>	<u>14,297</u>	<u>23,878</u>	<u>31,347</u>
		<u>20,196</u>	<u>21,841</u>	<u>23,368</u>	<u>24,203</u>
0,20	<u>7,039</u>	<u>12,793</u>	<u>21,321</u>	<u>27,959</u>	
	<u>19,796</u>	<u>21,447</u>	<u>22,973</u>	<u>23,821</u>	
0,30	<u>5,569</u>	<u>10,222</u>	<u>16,950</u>	<u>22,167</u>	
	<u>19,111</u>	<u>20,770</u>	<u>22,297</u>	<u>23,167</u>	
600	0,50	<u>4,278</u>	<u>7,653</u>	<u>12,579</u>	<u>16,375</u>
		<u>18,426</u>	<u>20,094</u>	<u>21,622</u>	<u>22,514</u>
	0,05	<u>5,967</u>	<u>9,194</u>	<u>14,958</u>	<u>18,726</u>
		<u>19,131</u>	<u>19,907</u>	<u>20,593</u>	<u>20,967</u>
	0,10	<u>5,772</u>	<u>9,512</u>	<u>14,578</u>	<u>18,284</u>
		<u>18,669</u>	<u>19,452</u>	<u>20,144</u>	<u>20,523</u>
0,20	<u>5,617</u>	<u>9,288</u>	<u>14,276</u>	<u>17,933</u>	
	<u>18,302</u>	<u>19,090</u>	<u>19,788</u>	<u>20,171</u>	
0,30	<u>5,352</u>	<u>8,905</u>	<u>13,760</u>	<u>17,339</u>	
	<u>17,673</u>	<u>18,473</u>	<u>19,180</u>	<u>19,568</u>	
0,50	<u>5,088</u>	<u>8,522</u>	<u>13,244</u>	<u>16,732</u>	
	<u>17,047</u>	<u>17,856</u>	<u>18,572</u>	<u>18,966</u>	

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вялов, С.С. Реологические основы механики грунтов [Текст]: учеб. пособие для строит. вузов / С.С. Вялов. – М.: Высш. шк., 1978. – 447 с.
2. Коваленко, Н.П. Деформационные свойства мерзлого торфа [Текст] / Н.П. Коваленко, В.С. Морозов // Лесн. журн. – 1978. – № 3. – С. 43–48. – (Изв. высш. учеб. заведений).
3. Морозов, В.С. Расчет и проектирование оснований зимних дорог на болотах [Текст]: учеб. пособие / В.С. Морозов. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 1999. – 236 с.
4. Цытович, Н.Н. Механика мерзлых грунтов [Текст] / Н.Н. Цытович. – М.: Высш. шк., 1973. – 446 с.

Поступила 21.05.08

Arkhangelsk State Technical University

Investigation of Rheological Characteristics of Frozen Peat

The effect of viscosity on strength characteristics of frozen peat soil is analyzed. The dependencies of viscosity factor on temperature, time of load action, stress, humidity are determined.

Keywords: winter automobile roads, frozen peat, bog type, viscosity.

УДК 630*377

А.М. Кочнев

С.-Петербургская государственная лесотехническая академия

Кочнев Александр Михайлович родился в 1958 г., окончил в 1981 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор кафедры технологии лесозаготовительных производств С.-Петербургской государственной лесотехнической академии, член-корреспондент РАЕН, академик МАН ВШ, почетный машиностроитель. Имеет более 110 печатных работ в области исследования технического уровня и эксплуатационной эффективности лесосечных машин.
E-mail: kama_npk@mail.ru



МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЦИРКУЛЯЦИИ МОЩНОСТИ В ТРАНСМИССИИ КОЛЕСНОГО ТРЕЛЕВОЧНОГО ТРАКТОРА

Предложены методика и математические модели оценки циркуляции мощности в трансмиссии колесного трелевочного трактора, позволяющие выбирать оптимальные конструктивные параметры.

Ключевые слова: трансмиссия, колесный трелевочный трактор, циркуляция, мощность.

В моторно-трансмиссионных установках мобильных колесных машин с заблокированными приводами ведущих мостов движителя возникает «паразитная» мощность, циркулирующая в трансмиссии, вызывающая дополнительный расход топлива, износ шин и увеличение напряженности элементов конструкции. Источниками возбуждения этой мощности в основном являются микронеровности опорной поверхности, конструкция подвески, динамические радиусы шин, зависящие от распределения веса машины по осям. Циркуляцию паразитной мощности в трансмиссии автомобиля с заблокированным приводом мостов основательно исследовал акад. АН СССР Е.А. Чудаков [4, 5].

У колесных трелевочных тракторов в отличие от автомобилей трансмиссия и ходовая система имеют конструктивные особенности. Так, связь среднего и заднего ведущих мостов является заблокированной, функции подвески (рессоры и амортизаторы) выполняют шины низкого и сверхнизкого давления, а внутримолекулярное трение в материале шины обеспечивает диссипацию энергии. Кроме этого, микропрофиль трелевочного волока и лесовозной дороги создает более интенсивное возбуждающее воздействие на систему трактор – пачка древесины, чем микропрофиль автомобильной дороги [1, 3].

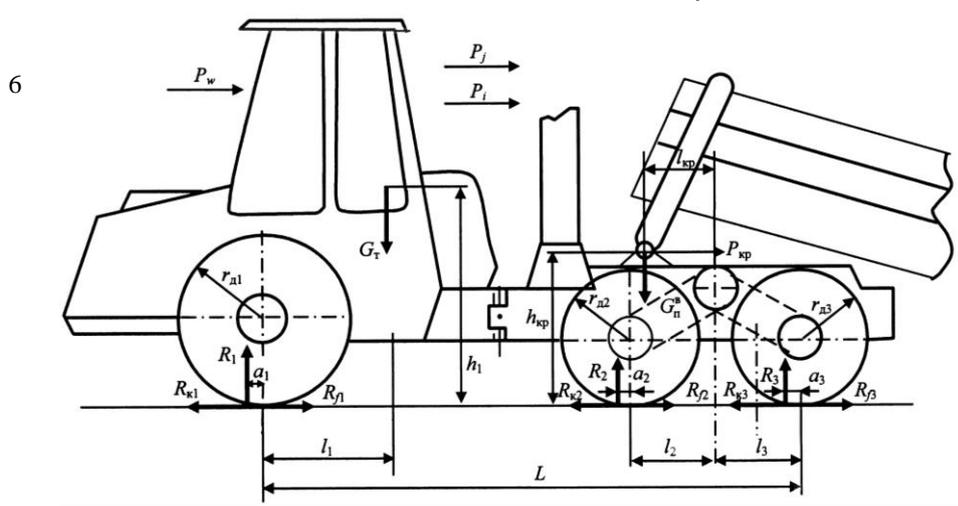
Целью наших исследований является разработка математической модели для оценки циркуляции мощности в трансмиссии трелевочного трактора колесной формулы 6К6, позволяющей на стадии проектирования

оценивать влияние конструктивных параметров трактора и режимов его эксплуатации на величину циркулирующей мощности, а также назначать рациональные технические решения по ее снижению.

Примем следующие обоснованные допущения: трактор совершает установившееся прямолинейное движение по горизонтальной поверхности; нормальная нагрузка на колеса правого и левого бортов распределяется равномерно; давление воздуха в шинах одинаковое; динамическим радиусом качения каждой оси является среднее значение для левого и правого бортов. Основным отличием трелевочного трактора ОАО ОТЗ колесной формулы 6К6 от 4К4 служит дополнительная балансирующая тележка привода среднего и заднего мостов. Отсутствие межосевого дифференциала в приводе переднего, а также среднего и заднего мостов вызывает, в зависимости от режима движения трактора, возникновение циркулирующей паразитной мощности между передним и задним мостами, а также внутри самой балансирующей тележки между средним и задним мостами.

Схема сил и моментов, действующих на трелевочный трактор колесной формулы 6К6 при движении с пачкой древесины по волоку, представлена на рис. 1.

Распределение нагрузок по ведущим осям – величина переменная, зависящая как от $P_{кр}$, $G_{п}^B$, $l_{кр}$, так и от коэффициента сопротивления качению f_k и коэффициента сцепления φ . Пренебрегая сопротивлением воздушной среды ($P_w = 0$) и учитывая первоначальные условия ($P_j = 0$ и $P_i = 0$), опреде-



ляем реакции, действующие на ведущие мосты трактора:

Рис. 1. Схема сил и моментов, действующих на трелевочный трактор колесной формулы 6К6 при движении с пачкой древесины по волоку: G_T – эксплуатационный вес трактора; $P_{к1}$, $P_{к2}$, $P_{к3}$ – касательные силы тяги; R_1 , R_2 , R_3 – вертикальные реакции; $r_{д1}$, $r_{д2}$, $r_{д3}$ – динамические радиусы качения колес; $G_{п}^B$ – часть веса пачки древесины, передаваемая на трактор; $P_{кр}$ – горизонтальная составляющая крюковой силы тяги; P_{f1} , P_{f2} , P_{f3} – силы сопротивления качению колес; P_i – сила со-

противления подъему; P_j – сила инерции; P_w – сила лобового сопротивления воздушной среды; h_1, l_1 – координаты центра тяжести трактора; $h_{кр}, l_{кр}$ – координаты точки приложения крюковой силы тяги; a_1, a_2, a_3 – расстояния от ведущих осей до точек приложения вертикальных реакций грунта

$$R_1 + R_2 + R_3 - G_o - G_i^a = 0; \quad (1)$$

$$R_1(L + a_1 + l_3) + R_2(a_2 + l_2 + l_3) + R_3a_3 + P_{кр}h_{кр} - G_n^B(l_{кр} + l_3) - G_T(L - l_1 + l_3) + (G_T + G_n^B)f_{к1} + (G_T + G_n^B)f_{к2} + (G_T + G_n^B)f_{к3} = 0, \quad (2)$$

где $f_{к1}, f_{к2}, f_{к3}$ – коэффициенты сопротивления качению колес передней, средней и задней осей трактора.

Распределение суммарной радиальной реакции $R_2 + R_3$ по осям 2 и 3 зависит от соотношения между плечами l_2 и l_3 . Обычно у балансирных тележек эти плечи равны, тогда с известной долей приближения можно принять $R_2 \approx R_3$.

Сделав необходимые преобразования с учетом принятых допущений:

$$(G_T + G_n^B)f_{к1} = R_1f_{кр}r_{д1}; (G_T + G_n^B)f_{к2} = R_2f_{кр}r_{д2} \text{ и } (G_T + G_n^B)f_{к3} = R_3f_{кр}r_{д3};$$

$$R_2 = R_3; f_{к1} = f_{к2} = f_{к3} = f_{кр},$$

получим

$$R_2 = R_3 = 0,5(G_T + G_n^B - R_1). \quad (3)$$

Исходя из особенностей взаимодействия колесного трелевочного трактора с пачкой древесины и волоком, анализа результатов экспериментальных исследований нагруженности элементов трансмиссии трактора 6К6 [2]

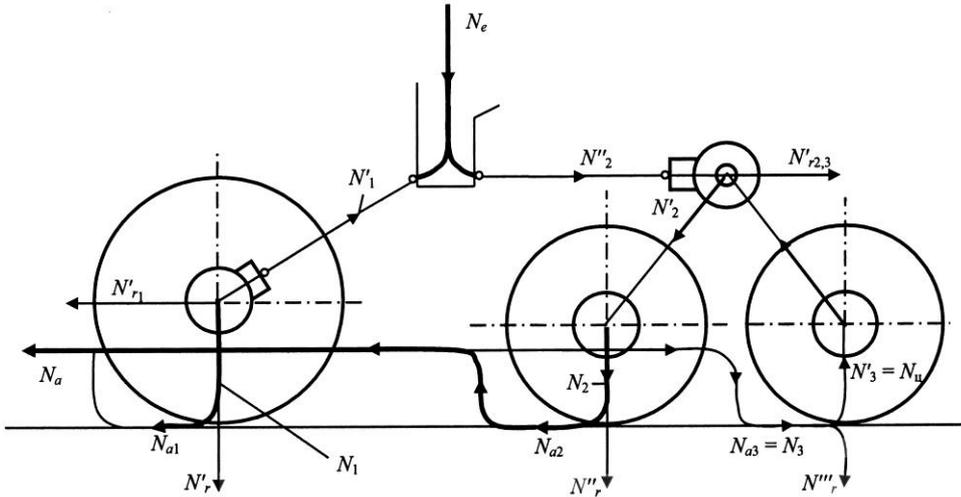


Рис. 2. Схема распределения мощности в трансмиссии колесного трелевочного трактора 6К6: N_e – мощность, подведенная от двигателя; N'_1, N''_2 – мощности, передаваемые к главным передачам осей 1 и 2, 3; N_1, N_2 – мощности, подведенные к колесам осей 1 и 2; $N'_{r1}, N'_{r'2,3}$ – мощности, теряемые на трение в главных передачах осей 1 и 2–3; N'_r, N'_r'', N'_r''' – мощности, расходуемые на качение, проскальзывание и пробуксовку колес осей 1, 2, 3; N_{a1}, N_{a2} – мощность, отведенная от осей 1, 2 к трактору; $N_{a3} = N_3$ – мощность, подведенная от трактора к оси 3; N_a – мощность, передаваемая от всех осей к трактору; $N'_3 = N_u$ – мощность, циркулирующая в замкнутом контуре балансирной тележки; N'_2 – мощность, переданная через главную передачу осей 2, 3

и с учетом рекомендаций [4, 5] рассмотрим следующий случай движения колесного трелевочного трактора по волоку: колеса оси 1 пробуксовывают, ведущие; колеса оси 2 имеют чистое качение, ведущие; колеса оси 3 имеют чистое качение, тормозящие.

При этом $r_{д1} > r_{д2} > r_{д3}$. Схема распределения мощности в трансмиссии колесного трелевочного трактора 6К6 ОАО ОТЗ с пачкой древесины, соответствующая рассматриваемому случаю движения, представлена на рис. 2.

Запишем выражения для определения всех перечисленных выше мощностей, приняв $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = \lambda$:

$$\begin{aligned}
 N_e &= N'_1 + N'_2; N'_2 = [\varphi v_{\delta 1} + f_k (v + v_{\delta 1})] R_1; \\
 N''_2 &= f_k R_2 v; N''_3 = f_k R_3 v; \\
 N'_1 &= \frac{1}{\eta_T} (f_k + \varphi) R_1 (v + v_{\delta 1}); N_1 = (\varphi + f_k) R_1 (v + v_{\delta 1}); \\
 N'_2 &= \left(\frac{1}{\eta_T} - 1 \right) N_1; N_{a1} = \varphi R_1 v; N_k = P_k^\Sigma v;
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_2'' &= 0,5v \left[\left(\frac{1}{\eta_T} + \eta_T' \right) \left[P_k^\Sigma - \varphi R_1 + f_k (R_2 + R_3) \right] + \left(\frac{1}{\eta_T} - \eta_T' \right) \frac{C_2}{\lambda} \right]; \\
 N_2' &= \frac{1}{\eta_T} N_2; \\
 N_2 &= 0,2 \left[P_k^\Sigma - \varphi R_1 + f_k (R_2 + R_3) + \frac{C_2}{\lambda} \right] v; \\
 N_{a2} &= 0,5 \left(P_k^\Sigma - \varphi R_1 + \frac{C_2}{\lambda} \right) v; \\
 N_{r2,3}' &= \left(\frac{1}{\eta_T} - 1 \right) N_2; \\
 N_{a3} = N_3 &= 0,5 \left(\frac{C_2}{\lambda} - P_k^\Sigma + \varphi R_1 \right) v.
 \end{aligned} \tag{4}$$

И, наконец,

$$N_{\text{ц}} = N_3' = 0,5 \left[\frac{C_2}{\lambda} - P_k^\Sigma + \varphi R_1 - f_k (R_2 + R_3) \right] v, \tag{5}$$

где v – скорость движения трактора;
 $v_{\text{б1}}$ – скорость пробуксовывания колес оси 1, $v_{\text{б1}} = \omega [r_1^0 - r_3^0 - \lambda (P_{\text{к1}} - P_{\text{к3}})]$;
 η_T – КПД главной передачи;
 η_T' – то же при передаче мощности от колес;
 C_2 – коэффициент, равный разности радиусов свободного качения колес осей 1 и 2, $C_2 = r_1^0 - r_2^0$;
 λ – коэффициент тангенциальной эластичности шин;
 ω – частота вращения колеса;
 P_k^Σ – суммарная сила тяги, $P_k^\Sigma = P_{\text{к1}} + P_{\text{к2}} + P_{\text{к3}}$;
 r_1^0, r_2^0, r_3^0 – свободные радиусы колес осей 1, 2 и 3.

Анализ уравнения (5) показывает, что паразитная мощность, циркулирующая в замкнутом контуре балансирной тележки, растет с увеличением разности радиусов свободного качения колес осей 1 и 2, поступательной скорости движения трактора и сцепной силы тяги переднего моста, уменьшением тангенциальной эластичности шин, вертикальных реакций на колесах балансирной тележки (нагрузки на крюке), силы сопротивления качению трактора, свободной суммарной касательной силы тяги.

Выводы о влиянии конструктивных параметров и режимов эксплуатации трелевочного трактора колесной формулы 6К6 на характер и значение паразитной мощности, циркулирующей в трансмиссии, подтверждаются

результатами испытаний трактора ТКЛ-6-02 (6К6) ОАО ОТЗ, выполненными под руководством автора [2] (см. таблицу и рис. 3). Условия испытаний: лесная дорога плотная песчано-гравийная, передний мост трактора включен. В таблице обозначены математические ожидания: \bar{v} — поступательной скорости движения тракторов; \bar{M}_T — крутящего момента на валу турбинного колеса гидротрансформатора (ГТ); \bar{n}_T — частоты вращения вала турбинного колеса ГТ; \bar{N}_T — мощности на валу турбинного колеса ГТ; \bar{M}_{ij}^Σ — суммарного крутящего момента на полуосях переднего моста трактора; \bar{n}_{ij} — частоты вращения передних колес трактора; \bar{N}_{ij}^Σ — суммарной мощности на полуосях переднего моста; $\bar{N}_{з.к.в}$ — крутящего момента на заднем карданном валу (привода балансирующей тележки); $\bar{N}'_{кр}$ — мощности на крюке трактора; $\bar{N}_к$ — мощности на ведущих колесах трактора; $\bar{N}_{ц}^{6.т}$ — мощности, циркулирующей в балансирующей тележке. Кроме того, I п., II п., III п., IV п. — номер включенной передачи; н. п. — нейтральная передача.

Анализ результатов исследований показывает, что паразитная мощность, циркулирующая в балансирующей тележке колесного трелевочного трактора, существенно зависит от скорости его поступательного движения, увеличиваясь, например для трактора ТКЛ-6-02, от 7,6...11,5 кВт на скорости 4,3 км/ч до 84,0...90,0 кВт на скорости 18,0 км/ч при практически близкой к постоянной нагрузке на крюке трактора (8,9...9,4 и 9,1 кН соответственно). Попытки варьирования нагрузки на крюке трактора ТКЛ-6-02 при заданной скорости его движения, близкой к постоянной, показали, что увеличение $P_{кр}$ не оказывает существенного влияния на значение паразитной мощности, циркулирующей в балансирующей тележке.

Полученные результаты исследований паразитной мощности, а также ее зависимости от поступательной скорости движения и нагрузки на крюке совпадают с основными теоретическими положениями Е. А. Чудакова [5], а также результатами его экспериментальных исследований применительно к трансмиссиям автомобилей колесной формулы 6К6, оснащенных балансирующими тележками [4].

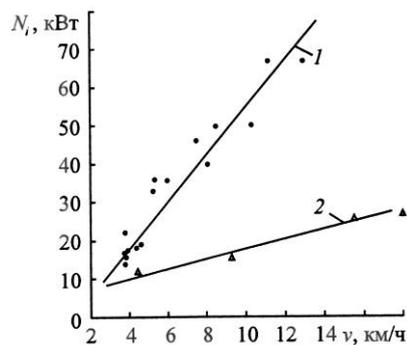


Рис. 3. Зависимость мощности, циркулирующей в балансирующей тележке (1) и между ведущими мостами трактора ТКЛ-6-02 (2) от скорости движения, $\bar{P}_{кр} = 9$ кН

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жуков, А.В. Основы проектирования специальных лесных машин с учетом их колебаний [Текст] / А.В. Жуков, А.И. Кадолко. – Минск: Наука и техника, 1978. – 264 с.
2. Кочнев, А.М. Рабочие режимы отечественных колесных трелевочных тракторов [Текст] / А.М. Кочнев. – СПб.: Изд-во политехн. ун-та, 2008. – 520 с.
3. Кочнев, А.М. Теория движения колесных трелевочных систем [Текст] / А.М. Кочнев. – Там же, 2007. – 612 с.
4. Чудаков, Е.А. Циркуляция мощности в системе бездифференциальной тележки с эластичными колесами [Текст] / Е.А. Чудаков. – М.: Изд-во АН СССР, 1947. – 216 с.
5. Чудаков, Е.А. Циркуляция паразитной мощности в механизмах бездифференциального автомобиля [Текст] / Е.А. Чудаков. – М.: Машгиз, 1950. – 80 с.

Поступила 19.11.08

A.M. Kochnev
Saint-Petersburg State Forest Technical Academy

Mathematical Model of Power Circulation in Wheeled Skidder Transmission

Technique and mathematical models for power circulation assessment in wheeled skidder transmission are offered allowing to select the optimal design parameters.

Keywords: transmission, wheeled skidder, circulation, power.



МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 624.01.237

Е.Н. Покровская¹, Г.Н. Кононов², И.Н. Чистов¹, Н.В. Великанова¹

¹Московский государственный строительный университет

²Московский государственный университет леса

Покровская Елена Николаевна родилась в 1938 г., окончила в 1960 г. Московский химико-технологический институт, доктор технических наук, профессор кафедры общей химии Московского государственного строительного университета, член-корреспондент РАЕН, член Реестра экспертов по древесине. Имеет более 200 научных трудов в области поверхностной химической модификации древесины, долговечности памятников деревянного зодчества.

Тел.: (8495)684-68-64

Кононов Георгий Николаевич родился в 1953 г., окончил в 1975 г. Московский лесотехнический институт, профессор кафедры химической технологии древесины и полимеров Московского государственного университета леса, член Реестра экспертов по древесине. Имеет более 70 печатных работ в области изучения активности лигноуглеводного комплекса в древесно-полимерных композициях.

Тел.: (8495) 583-64-90

Чистов Илья Николаевич родился в 1985 г., окончил в 2007 г. Московский государственный строительный университет, аспирант кафедры общей химии МГСУ. Имеет 5 печатных работ в области защиты древесины.

E-mail: chistov_ilya@mail.ru

Великанова Наталья Владимировна родилась в 1945 г., окончила в 1970 г. Московский химико-технологический институт, доцент кафедры общей химии Московского государственного строительного университета. Имеет 4 печатные работы в области защиты древесины.

Тел.: (8495)684-68-64



ХИМИЧЕСКИЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ КОНТАКТЕ С ГРУНТАМИ

При проведении комплексного исследования древесины, находящейся длительное время в грунтах, установлено что ее разрушение идет по принципу ферментативно-гидролиза, в основном за счет углеводной части. Рекомендовано принимать комплексные меры по защите древесины, находящейся в грунтах, от биокоррозии.

Ключевые слова: долговечность, древесина, химические превращения, лигноуглеводный комплекс, грунты.

Исторические здания монастырей и храмов С.-Петербурга, Архангельска и других городов центра и севера России стоят на фундаментах, основаниями которых являются деревянные сваи. Сохранность этих построек во многом зависит от состояния фундаментов. Контроль за химическими изменениями древесинного вещества при длительном контакте

с грунтами и прогнозирование долговечности древесины в этих условиях обеспечивают сохранность культурного наследия.

Цель наших исследований – с помощью функционального, элементного и микологического анализов изучить состояние археологической древесины, находившейся в грунтах, и дать рекомендации по ее защите.

В нашем распоряжении были образцы древесины свайных оснований фундаментов Успенского собора, западной и южной крепостных стен Свято-Троицкой Сергиевой лавры (СТСЛ) и конюшенного двора Ростовского кремля. Деревянные сваи фундаментов Успенского собора и стен СТСЛ (XVI и XVII вв.) были изготовлены из дуба, конюшенного двора и др. построек Ростовского кремля – из сосны.

Долговечность древесины определяется сохранением лигноуглеводного комплекса [2]. Химические превращения древесины при длительном контакте с грунтами исследовали методами ИК-спектроскопии, элементного и микологического анализов. Содержание лигнина Классона в образцах свай определяли по методу Комарова, целлюлозы – по методу Кюршнера–Хоффера [3]. Данные анализов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Содержание компонентов и показатели прочности археологической и современной древесины разного срока эксплуатации

Образец	Лигнин	Целлюлоза	Низкомолекулярные и экстрактивные продукты деструкции	Статическая твердость	Прочность на сжатие вдоль волокон	Срок эксплуатации, лет
Верх сваи Успенского собора СТСЛ (XVI в.)	60,11	29,49	10,40	–	–	470
Средняя часть сваи западной стены СТСЛ (XVI в.)	39,32	27,33	33,35	102,33	17,2	470
Верх сваи западной стены СТСЛ (XVII в.)	5,39	18,42	22,19	–	–	370
Южная стена СТСЛ (XVII в.)	51,63	17,87	30,50	41,42	32,4	370
Свая из-под пилона Луковой башни южной стены (XVI в.)	42,71	19,88	37,41	67,81	19,2	470
Конюшенный двор Ростовского Кремля (XIX в.)	48,58	34,57	16,85	16,25	18,8	150
Современный дуб черешчатый	27,80	47,30	24,90	62,00	57,5	1
Современная сосна	43,30	27,50	28,30	28,50	48,5	1

Как видно из табл. 1, доля лигнина во всех изученных образцах археологической древесины (60,11...39,32 %) значительно выше, чем в образце древесины современного дуба черешчатого (27,8 %), вследствие его большей деструктивной устойчивости по сравнению с углеводной частью. Содержание целлюлозы со временем снижается во всех образцах, в процессе деструкции она превращается в низкомолекулярные вещества, определяемые как экстрактивные.

Представленные в табл. 1 данные по статической твердости, прочности на сжатие вдоль волокон, на первый взгляд, могли бы являться косвенными характеристиками степени деструкции компонентов древесины и степени разрушения ее анатомической структуры. Однако эти характеристики в большей степени зависят от минерализации образцов нежели от компонентного состава.

Для определения элементного состава древесины и характеристики химического состава грунтов были использованы методы рентгеноструктурного и рентгенофлуоресцентного анализов.

Рентгеноструктурный анализ показал, что грунты в СТСЛ состоят из кальцита (CaCO_3), пирита (FeS_2), кремнезема (SiO_2) и алюминатов. Методом рентгенофлуоресцентного анализа в образцах древесины свай было определено процентное содержание микроэлементов (кальция, железа, кремния, алюминия).

Как видно из представленных в табл. 2 результатов исследований, при длительном контакте с грунтами компоненты древесины в большей степени взаимодействуют с солями кальция. Содержание железа в археологических образцах выше, чем в современной древесине. Низкое содержание алюминия и кремния, скорее всего, связано с образованием легкорастворимых алюминатов и силикатов и их удалением из древесины, а также с различными кислотощелочными условиями почв и их минеральным составом [4].

Таблица 2

**Результаты химического анализа археологической древесины
разного срока эксплуатации**

Образец	Желе- зо	Каль- ций	Алюми- ний	Крем- ний
	% от массы			
Верх сваи западной стены СТСЛ (XVII в.)	1,120	3,46	0,065	–
Верх сваи западной стены СТСЛ, шурф 9 (XVI в.)	1,760	2,12	0,052	–
Верх сваи западной стены, шурф 4 (XVII в.)	0,280	1,68	0,041	0,15
Южная стена СТСЛ (XVII в.)	0,820	1,62	0,430	0,24
Конюшенный двор Ростовского Кремля (XIX в.)	0,045	1,10	0,049	0,11
Современный дуб черешчатый	0,070	0,24	0,180	0,94

Параллельно с рентгенофлуоресцентным анализом образцов древесины было проведено количественное определение содержания металлов в целлюлозе и лигнине (рис. 1). Данные, полученные для образцов археологической древесины (рис. 1), показывают, что процентное содержание кальция в целлюлозе в 5–10 раз выше, чем в лигнине.

Как показали наши исследования, наибольшая часть минерализации древесины приходится на целлюлозу, кальцинирование которой в несколько раз превышает этот же показатель для лигнина. Аналогичная зависимость наблюдается и для алюминия. Скорее всего, это связано с наличием большого количества карбоксильных групп в окисленных продуктах деструкции (в первую очередь целлюлозы) и их взаимодействием с высокоосновными ионами кальция и амфотерными ионами алюминия. Ионы железа, обладающие меньшей основностью, дают незначительный прирост минерализации как целлюлозы и лигнина, так и древесины в целом.

Так как целлюлоза и окисленные фрагменты ее макромолекул проявляют склонность к минерализации, нами были изучены ИК-спектры всех образцов целлюлозы и лигнина, выделенных из археологической древесины, а также самой археологической древесины и нативной древесины современного дуба (рис. 2). ИК-спектры снимали на инфракрасном Фурье-спектрометре Magna-750 фирмы «Nicolet» (США) в области $4000 \dots 400 \text{ см}^{-1}$ со спектральным разрешением 2 см^{-1} . В ИК-спектрах целлюлозы из археологической древесины явно выражена полоса поглощения около 1717 см^{-1} , которая относится к карбонильной группе $\text{C}=\text{O}$. Пик поглощения $\text{C}=\text{O}$ в целлюлозе из археологической древесины дуба увеличен по сравнению с современной. Отмечено увеличение пика поглощения в области около 1666 см^{-1} , который также соответствует группе $\text{C}=\text{O}$, но в пиранозном цикле [1]. Это свидетельствует об окислительных процессах,

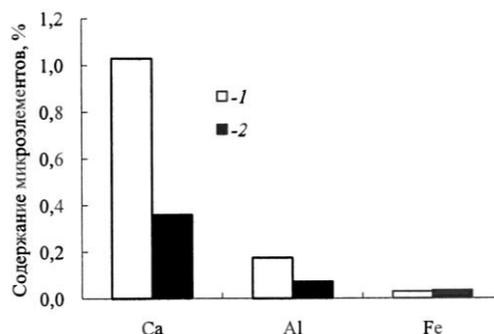


Рис. 1. Содержание микроэлементов в образцах целлюлозы (1) и лигнина (2) археологической древесины разного возраста

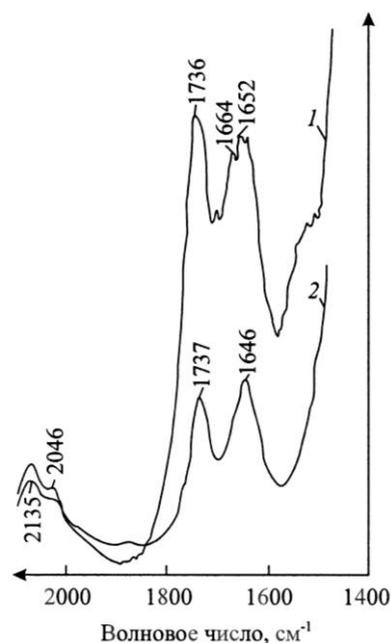


Рис. 2. Сравнение ИК-спектров (область $1500 \dots 2000 \text{ см}^{-1}$) археологической (1) и современной (2) древесины дуба

происходящих в целлюлозной составляющей лигноуглеводного комплекса древесины. Окислительные процессы в целлюлозе косвенно подтверждаются уменьшением ее содержания во всех изученных образцах (см. табл. 1), так как карбонилсодержащие производные целлюлозы при ее определении по Кюршнеру–Хофферу могут переходить в карбоксилсодержащие, являющиеся водорастворимыми продуктами [5].

Сравнение ИК-спектров образцов лигнина археологической и современной нативной древесины показало, что при длительном нахождении в грунтах происходит уменьшение характеристических частот пропускания простых эфирных связей в области 1032 см^{-1} (связи с ароматическим кольцом), и увеличение частот в области 1132 см^{-1} (простые эфирные связи в алифатической части молекул лигнина). Во всех образцах количество гидроксильных групп уменьшается.

Сумма полученных данных позволяет предположить, что при длительном нахождении в грунтах происходит реакция поликонденсации молекул лигнина с остатками молекул целлюлозы и полиоз древесины.

Чтобы изучить каталитическую роль ферментов-биоразрушителей, проводили микологическое исследование археологической древесины, образцы которой помещали на поверхность стерильного сусле-агара в чашки Петри и инкубировали в течение недели при температуре $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности 90 %.

Таблица 3

**Результаты микологического анализа археологической древесины
разного срока эксплуатации**

Образец	Микроорганизмы, обнаруженные в древесине	Количество жизнеспособных спор* на 1 г древесины
Свая Успенского Собора (XVI в.)	<i>Penicillium biforme, Penicillium capulatum, Aspergillus flavus, Mucor hiemalis, Fusarium, Ophiostoma, Candida</i>	64
Верх сваи западной стены СТСЛ, шурф 9 (XVI в.)	<i>Penicillium biforme, Trichoderma koningii, Penicillium brevicompactum, Fusarium sp.</i>	109
Щепа нижней части западной стены СТСЛ, шурф 9 (XVI в.)	<i>Penicillium biforme, Penicillium capulatum, Aspergillus flavus, Ophiostoma</i>	117
Верх сваи западной стены СТСЛ, шурф 9 (XVII в.)	<i>Penicillium biforme, Penicillium capulatum, Ophiostoma</i>	75
Верх сваи западной стены СТСЛ, шурф 4 (XVII в.)	<i>Penicillium biforme, Cladosporium herbarum, Fusarium sp.</i>	65
Свая южной стены СТСЛ, шурф 9 (XVII в.)	<i>Penicillium biforme, Penicillium brevicompactum, Lupomyces</i>	44
Конюшенный двор Ростовского Кремля (XIX в.)	<i>Penicillium biforme, Cladosporium, Lupomyces, Penicillium rugulosum</i>	67

*Среднее значение по всем взятым пробам.

Во всех образцах разрушенных свай были обнаружены дереворазрушающие (*Candida* и *Ophiostoma*) и плесневые (*Penicillium*) грибы.

Анализ данных табл. 3 показал довольно четкую связь между количеством спор и степенью разрушения древесины. Так, сваи Успенского собора находятся в относительно хорошем состоянии – число спор невелико. Сваи окружающих стен более разрушены – число жизнеспособных спор, обнаруженных на образцах, велико. Необходимо отметить, что с увеличением срока эксплуатации фундамента число жизнеспособных спор увеличивается. Наибольшее разрушение происходит в увлажненной среде, т. е. разрушение древесины идет по типу каталитического ферментативного гидролиза. Чем выше концентрация жизнеспособных спор биоразрушителей и влажность, тем больше скорость разрушения целлюлозы и древесины в целом [6].

Таким образом, разрушение древесины при длительном контакте с грунтами идет в основном за счет углеводной части по типу ферментативного гидролиза. В соответствии с этим должны быть приняты комплексные меры по защите древесины от биоразрушителей (антисептирование) и доступа воды (гидрофобизация) с возможным укреплением клеточной структуры древесины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инфракрасная спектроскопия полимеров [Текст] / И. Дехант [и др.]. – М.: Химия, 1976.
2. Кононов, Г.Н. Химия древесины и ее основных компонентов [Текст] / Г.Н. Кононов. – М., 1999.
3. Кононов, Г.Н. Химия древесины и ее основных компонентов [Текст]: лабораторный практикум / Г.Н. Кононов. – М., 1999.
4. Покровская, Е.Н. Изучение древесины памятников деревянного зодчества [Текст] / Е.Н. Покровская, И.В. Котенева // Лесн. журн. – 2003. – № 2. – С. 23–26. – (Изв. высш. учеб. заведений).
5. Покровская, Е.Н. Получение гидрофобных биостойких материалов при поверхностной модификации древесины [Текст] / Е.Н. Покровская // Лесн. журн. – 2008. – № 3. – С. 91–96. – (Изв. высш. учеб. заведений).
6. Покровская, Е.Н. Химико-физические основы увеличения долговечности древесины [Текст] / Е.Н. Покровская. – М.: Изд-во АСВ, 2003.

Поступила 30.03.09

E.N. Pokrovskaya¹, G.N. Kononov², I.N. Chistov¹, N.V. Velikanova¹

¹Moscow State University of Civil Engineering

²Moscow State Forest University

Chemical Transformations of Wood under Long Contact with Soil

When carrying out complex investigation of wood staying for a long time in soil it is established that its destruction follows the principle of enzymatic hydrolysis, mainly at the expense of its carbohydrate components. It is recommended to take complex measures to protect wood located in the soil from biological corrosion.

Keywords: longevity, wood, chemical transformation, lingo-carbohydrate complex, soils.

УДК 684.4:004

П.Ю. Бунаков

Коломенский филиал Московского государственного открытого университета

Бунаков Павел Юрьевич родился в 1958 г., окончил в 1981 г. Московский институт электронного машиностроения, кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации производства и проектирования в машиностроении Коломенского филиала Московского государственного открытого университета, ведущий специалист ООО «Базис-Центр». Имеет около 70 печатных работ в области автоматизации проектирования и технологической подготовки производства.
Тел.: (8496) 616-01-37



ТЕОРИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СОПУТСТВИЯ КАК ОСНОВА ИНТЕГРАЦИИ КОНСТРУКТОРСКОЙ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В КОМПЛЕКСНОЙ САПР КОРПУСНОЙ МЕБЕЛИ

Предложены теоретическая и методическая основы интеграции конструкторских, технологических и экономических подсистем САПР корпусной мебели.

Ключевые слова: технологическое сопутствие, конструкторско-технологический цикл, структурно-атрибутивная модель, уровень декомпозиции, узел сопряжения.

Во всех отраслях отечественной промышленности, включая мебельную, этап локальной автоматизации отдельных элементов бизнес-процессов можно считать завершенным. Предприятия вплотную подошли к необходимости комплексной автоматизации, использования единого информационного потока на всех этапах жизненного цикла изделий. Однако существующие коммерческие САПР мебельных изделий позволяют эффективно решать лишь задачи конструирования изделий корпусной мебели. Задачи технологической подготовки производства решаются в них фрагментарно, а проблемы интеграции – на уровне передачи информации в подсистемы раскрытия материалов, формирования управляющих программ (УП) для станков с ЧПУ и стандартные форматы обмена данными, что не соответствует современным потребностям. В качестве теоретической и методической основ интеграции конструкторских, технологических и экономических подсистем предлагается использовать теорию технологического сопутствия, основные положения которой рассматриваются ниже.

Определим конструкторско-технологический цикл (КТЦ) изделия, как период времени от начала концептуального проектирования до формирования комплекта электронных и/или печатных документов, достаточных для его изготовления. Основными составными частями такого комплекта являются: сборочный чертеж изделия и рабочие чертежи отдельных деталей; спецификация материалов и комплектующих; маршрутная технология изготовления; операционные технологии; карты раскрытия листовых и погонных материалов; УП для станков с ЧПУ; калькуляция себестоимости изделия; сводная таблица трудоемкости изготовления; эксплуатационная документация.

Сокращение длительности КТЦ и его прямая информационная стыковка с производственным циклом представляют собой перспективное направление минимизации времени реализации заказов при одновременном повышении их качества. Для этого необходимо обеспечить глубокую интеграцию всех модулей, используемых для автоматизации отдельных этапов КТЦ. Условием практического применения теории технологического сопутствия является переход от геометрических моделей объектов в САПР к объектным структурно-атрибутивным моделям (ОСАМ) [3].

Для описания предлагаемого подхода к моделированию изделий корпусной мебели воспользуемся аппаратом дискретной математики [4].

Структурная модель мебельного ансамбля формируется путем декомпозиции объекта на иерархические уровни:

$$M_c \Rightarrow L_d \subset L_b \subset L_c \subseteq L_n \subseteq L_a,$$

где L_d, L_b, L_c, L_n и L_a – уровень соответственно детали, блока, секции, изделия, ансамбля.

На нижнем уровне декомпозиции (уровень детали) объект представляется в виде совокупности деталей – $M_c(L_d) = P \cup K$ – соответственно мебельных щитов требуемой геометрической формы (панелей) и элементов крепежной и декоративной фурнитуры.

Свойства элементов $p_i \in P$ определяют геометрические и проектные параметры отдельной панели:

$$\forall i \Rightarrow p_i \in P \Leftrightarrow F(p_i) \subseteq F(P) = \left(\bigcup_j F(g_j) \right) \cup \left(\bigcup_j F(m_j) \right) \cup \left(\bigcup_j F(r_j) \right) \cup F(d),$$

где $F(g_j)$ – свойства элементов вектора геометрических параметров;

$F(m_j)$ – свойства материала панели и облицовочных материалов кромок;

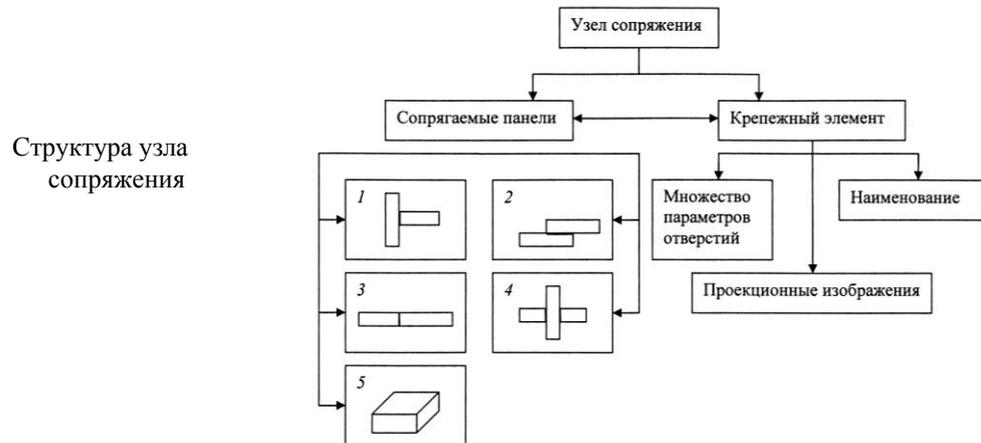
$F(r_j)$ – свойства присадочных отверстий под фурнитуру;

$F(d)$ – свойство, определяющее размерность показателя расхода объекта.

Элементы $k_i \in K$ определяются множеством обобщенных отверстий и, при необходимости, набором допустимых схем сопряжения панелей $M(k_i)$ в порождаемом ими узле сопряжения [2]:

$$\forall i \Rightarrow k_i \in K \Leftrightarrow F(k_i) \subseteq F(K) = \left(\bigcup_j F(o_j) \right) \cup M(K) \cup F(d).$$

Свойство $F(d) = F(P) \cap F(K)$ является общим для всех объектов уровня детали и представляет собой булевский вектор $W = (s, l, k, v) \in R^4(W)$, в котором только одна из четырех координат может принимать единичное значение: $s = 1$, если единицей учета объекта является площадь (ДСтП, ДВП, облицовочный пластик и т.д.); $l = 1$, если единицей учета объекта является линейный размер (кромочный материал, профили,



столешницы, направляющие механизмов раздвижных дверей и т.д.); $k = 1$, если объект учитывается в штуках (ручки, комплекты систем выдвижения ящиков, светильники и т.д.); $v = 1$, если единицей учета объекта является вес или объем (клей и т.д.).

На уровне блоков модель дополняется структурными элементами (блоками) двух видов: $M_c(L_6) = M_c(L_d) \cup C \cup B$. Стандартный блок $c \in C$ представляет собой элемент, не допускающий дальнейшей декомпозиции по физическим или логическим причинам и входящий в структуру объекта как единое целое с точки зрения технологического процесса изготовления мебельного изделия на конкретном производстве. В отличие от него обычный блок $b \in B$ является рекурсивной логической структурой, состоящей из панелей, узлов сопряжения, стандартных блоков и ранее созданных блоков, которая выделяется в модели по конструктивным, технологическим или экономическим критериям:

$$B = \left(\bigcup_{j \in J(P)} p_j \right) \cup \left(\bigcup_{\substack{j \in J(U) \\ k \in K}} u_j(k) \right) \cup \left(\bigcup_{j \in J(C)} c_j \right) \cup \left(\bigcup_{j \in J(B)} b_j \right).$$

На уровне блока и выше вводится понятие узла сопряжения – структурной единицы, определяемой множеством сопрягаемых панелей и крепежным элементом:

$$\forall i \Rightarrow u_i(k) \in U(K) \Leftrightarrow u_i(k) = \left(\bigcup_{j \in [1,2,3]} p_j \right) \cup k, p_j \in P, k \in K.$$

Структура узла сопряжения и взаимосвязь его атрибутов показана на рисунке. Схема сопряжения панелей определяет их взаимное расположение и допустимость применения определенных крепежных элементов.

Уровень секции является первым уровнем, определяющим функциональные и художественно-конструктивные особенности мебельного изделия. Секция $s = F(p) \in S$ представляет собой часть внутреннего пространства изделия, полностью или частично ограниченную стационарными перегородками.

Уровень секции включает в себя элементы нижележащих уровней, ассоциированных с определенной секцией:

$$M(L_c) = \bigcup_{i \in I(S)} (p_i^s \cup u_i^s(k) \cup b_i^s \cup c_i^s);$$

$$p_i^s \in P^s \subseteq P, u_i^s(k) \in U^s(K) \subseteq U(K), b_i^s \in B^s \subseteq B, c_i^s \in C^s \subseteq C.$$

Секция является основным элементом, формирующим структуру изделия, поэтому на уровне изделия модель описывается следующим образом:

$$M(L_n) = \left(\bigcup_i s_i \right) \cup F(p_{n_1} \cap p_{n_2}); \forall i \neq j \Rightarrow s_i \in S, s_j \in S, s_i \cap s_j = \emptyset; n_1 \neq n_2.$$

Уровень ансамбля представляет собой простое объединение отдельных мебельных изделий в соответствии с художественно-конструктивным замыслом:

$$M(L_a) = \left(\bigcup_i M_i(L_{n_i}) \right) \cup P_a \cup K_a; K_a \subset K; P_a \subset P,$$

где P_a – щитовые элементы, ассоциированные одновременно с несколькими изделиями (столешницы, балюстрады и т.п.);

K_a – элементы крепежа, предназначенные для скрепления мебельных изделий между собой или с элементами интерьера.

Поскольку на любом уровне структурной декомпозиции выделяется показатель $F(d)$, для точного дифференцированного расчета материалоемкости изделия Q_M на основе ОСАМ используется следующее соотношение:

$$Q_M = \sum_{i=1}^N \alpha_i \cdot S_i + \sum_{j=1}^M \beta_j \cdot l_j + \sum_{k=1}^L \gamma_k \cdot H_k, \quad (1)$$

где N – количество материалов, учетной характеристикой которых является площадь;

α_i – повышающий коэффициент, учитывающий отходы при раскрое i -го площадного материала;

S_i – суммарная площадь деталей из i -го материала в составе изделия;

M – количество материалов, учитывающихся в единицах длины;

β_j – повышающий коэффициент, учитывающий отходы при раскрое i -го погонного материала;

l_j – суммарный линейный размер деталей из j -го материала в составе изделия;

L – количество материалов, учитывающихся в штуках;

γ_k – повышающий коэффициент, учитывающий производственные и внепроизводственные затраты, отнесенные к k -ому материалу;

H_k – количество штучных деталей k -го наименования.

Для планирования трудовых затрат на изготовление мебельного изделия или ансамбля необходимо каждой работе поставить в соответствие некоторый параметр модели: $\forall i \Rightarrow r_i \in R \Leftrightarrow r_i = f(a); a \subset M_{\text{ОСАМ}}$. Это позволит дифференцировать работы по характеру отношения к отдельным параметрам деталей или изделия в целом. Тогда трудоемкость изготовления Q_p может быть рассчитана в норма-часах дифференцировано по операциям:

$$Q_p = \sum_{i=1}^I \mu_i \cdot S_i + \sum_{j=1}^J v_j \cdot l_j + \sum_{k=1}^K \xi_k + \sum_{m=1}^M \rho_m \cdot X_m, \quad (2)$$

где I – количество операций, учет трудоемкости которых пропорционален площади поверхности детали или ее части;

μ_i – коэффициент трудоемкости i -й операции данного вида;

S_i – суммарная площадь деталей в изделии, требующих выполнения i -й операции;

J – количество операций, учет трудоемкости которых пропорционален линейным параметрам детали;

v_j – коэффициент трудоемкости j -й линейной операции;

l_j – суммарная длина деталей в изделии, требующих выполнения j -й операции;

K – количество операций, трудоемкость которых пропорциональна видом, назначением, функционально-конструктивными и иными особенностями изделия;

ξ_k – трудоемкость k -й операции предыдущего типа;

L – количество операций, учитываемых в единицах исполнения;

ρ_m – трудоемкость m -й операции, учитываемой в единицах исполнения;

X_m – суммарное количество элементов, реализуемых единичной или групповой m -й операцией.

Существует большая группа материалов, требующихся при изготовлении и реализации мебельных изделий, но которые явно не входят в структуру ОСАМ. Они образуют множество «невизуальных» материальных компонентов изделия – сопутствующих материалов для выполнения предписанной технологическим процессом последовательности операций. Эти материалы дифференцируются по отношению к параметрам деталей так же, как и основные материалы, а их нормирование выполняется в соответствии с (1), если повышающие коэффициенты заменить коэффициентами удельного расхода. Множество сопутствующих материалов образует цепочки, представляющие собой рекурсивные нециклические группы, и описывается соотношением:

$$S = \bigcup_j S_j(q_j) = \bigcup_j \left(\bigcup_i \left(m_i^j \cup S(q_k^i) \right) \right),$$

$$m_i^j \cap S(q_k^i) = \emptyset, \forall i \in I, \forall j \in J, \forall k \in K,$$

где $S(q_j)$ – цепочка сопутствующих материалов для выполнения j -й операции;

m_i^j – i -й сопутствующий материал для выполнения j -й операции.

Исходя из (1), необходимое количество сопутствующих материалов определяется следующей функциональной зависимостью:

$$Q_c = \sum_j F(S_j). \quad (3)$$

Объединив соотношения (1), (2) и (3), получим формулу для расчета суммарных материальных и трудовых затрат на изготовление мебельного изделия или ансамбля:

$$Q = Q_m + Q_p + Q_c.$$

Себестоимость изготовления мебельного изделия C можно рассчитать по формуле

$$C = \sum_{i=1}^N c_i \cdot m_i + c_{н-ч} \cdot \sum_{i=1}^M q_i + \sum_{j=1}^L \sum_{i=1}^{K^j} c_i^j \cdot m_i^j,$$

где N – количество видов основных материалов в изделии;

c_i – стоимость i -го основного или сопутствующего материала в изделии, отнесенная к единице его учета, р./ед.;

m_i – количество основного или сопутствующего материала i -го вида в единицах учета;

$c_{н-ч}$ – стоимость нормо-часа;

M – количество операций;

q_i – трудоемкость выполнения i -й операции в нормо-часах;

L – количество цепочек сопутствующих материалов;

K^j – количество элементов в j -й цепочке.

В качестве практического примера рассмотрим предприятие, которое для изготовления мебели использует ДСтП толщиной 17 мм, облицованную шпоном красного дерева. В свою очередь, эта ДСтП изготавливается из необлицованной ДСтП толщиной 16 мм, шпона красного дерева, клеевого материала, лакокрасочного материала и грунтовки. Перед ее окончательной отделкой применяется технологическая операция шлифования, в ходе которой расходуется абразивная лента. Все материалы в данном примере, кроме облицованной ДСтП, являются сопутствующими, поскольку предназначены для изготовления основного материала.

Норма расхода сопутствующего материала всегда задается на единицу расхода основного материала. Например, на 1 м² облицованной ДСтП будет расходоваться 1,05 м² необлицованной ДСтП, 2,25 м² шпона красного дерева и т. д. Вся указанная информация заносится в базу данных с определением необходимых для них параметров: цены, коэффициента, единиц измерения, кода, класса. Для реализации механизма технологического сопутствия устанавливаются логические связи между основными и сопутствующими материалами, а также – между материалами и сопутствующими операциями.

В рассматриваемом примере в качестве основного материала принимается облицованная шпоном красного дерева ДСтП с неопределенной ценой, поскольку ее цена будет складываться из материалов, использованных для изготовления, заработной платы рабочих, выполняющих необходимые операции (подготовка к облицовыванию, облицовывание, шлифование, отделка и т. д.), а также амортизации оборудования и инструмента. Более подробно данный пример рассмотрен в [1].

Таким образом, объединение объектных структурно-атрибутивных моделей и принципов теории технологического сопутствия позволяет сформировать взаимосвязанное множество конструкторской, технологической и экономической информации, принципиальным образом изменяющее структуру и характер конструкторско-технологического проектирования мебельных изделий. При этом множество исходных данных для расчетов формируется автоматически в процессе анализа ОСАМ мебельного изделия. Это является основой реальной интеграции технических и экономических служб предприятия в единую систему проектирования, управления и принятия решений, что позволяет эффективно решать следующие актуальные для позаказного промышленного производства задачи: оперативное и среднесрочное производственное планирование; факторный анализ экономических показателей; расчет технико-экономических допусков; планирование и определение экономически оптимальных вариантов автоматизации производства.

Дополнительный эффект от внедрения рассмотренного подхода заключается в возможности тесной интеграции работы экономического модуля с подсистемой автоматизации складского учета для формирования эффективного плана материально-технического снабжения. Оптимизация складских запасов материалов и комплектующих позволяет уменьшить внепроизводственные издержки, что, в свою очередь, вносит определенный вклад в снижение себестоимости изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бунаков, П.Ю. Интеграция проектирования и экономических расчетов в САПР БАЗИС [Текст] / П.Ю. Бунаков // САПР и графика. – 2008. – № 2(136). – С. 68–71.
2. Бунаков, П.Ю. Моделирование обобщенной структуры узлов сопряжения корпусных мебельных изделий [Текст] / П.Ю. Бунаков, А.В. Стариков, В.Н. Харин // Моделирование систем и информационные технологии: межвуз. сб. науч. тр. – Воронеж: Научная книга, 2005. – Вып. 2. – С. 203–206.
3. Новая парадигма проектирования САПР сложной корпусной мебели для позаказного промышленного производства: монография [Текст] / П.Ю. Бунаков [и др.]. – М.: МГУЛ, 2007. – 319 с.
4. Яблоновский, С.В. Введение в дискретную математику [Текст] / М.: Высш. шк., 2008. – 384 с.

Поступила 20.04.09

P.Yu. Bunakov

Kolomna Branch of Moscow State Open University

Theory of Technological Accompanying as Integration Basis for Design, Technological and Economic Information in Complex CAD of Cabinet Furniture

Theoretical and methodical foundations for integration of design, technological and economic subsystems of Cabinet Furniture CAD are offered.

Keywords: technologically accompanying, design-technological cycle, structural-attributive model, decomposition level, coupling unit.

УДК 674.81

А.В. Артемов, В.Г. Буриндин, В.В. Глухих, В.Г. Дедюхин

Уральский государственный лесотехнический университет

Артемов Артем Вячеславович родился в 1981 г., окончил в 2003 г. Уральский государственный лесотехнический университет, старший преподаватель кафедры технологии переработки пластических масс УГЛТУ. Имеет более 20 печатных работ в области утилизации отходов производства древесно-композиционных материалов.
E-mail: tom-art@ya.ru



Буриндин Виктор Гаврилович родился в 1951 г., окончил в 1973 г. Уральский политехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии переработки пластических масс Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 130 научных трудов в области исследования влияния функционального состава карбамидоформальдегидных смол на токсичность и свойства древесно-композиционных материалов.
E-mail: vgb@usfeu.ru



Глухих Виктор Владимирович родился в 1949 г., окончил в 1972 г. Уральский политехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры технологии переработки пластических масс Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 130 печатных работ в области полимерных композиционных материалов.
E-mail: vvg@usfeu.ru



Дедюхин Виктор Георгиевич родился в 1928 г., окончил в 1954 г. Уральский политехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии переработки пластмасс Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 110 научных работ в области переработки пластмасс и отходов деревообработки.
E-mail: vgd@usfeu.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСНЫХ ПЛАСТИКОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ЭКСТРУЗИИ

Предложен непрерывный метод рациональной и эффективной переработки древесных отходов в погонажные изделия; проанализировано влияние условий экструзии на показатели физико-механических свойств древесных пластиков.

Ключевые слова: древесные пластики без связующих, экструзионное прессование, физико-механические свойства.

Значительные ресурсы отходов лесопиления, фанерного производства и деревообработки остаются невостребованными, часто вывозятся в отвалы и подвергаются сжиганию. Поэтому поиск путей рационального использования различных древесных отходов, в том числе частиц с признаками гниения, остается актуальным.

Основным направлением рационального использования отходов древесины является получение древесно-композиционных материалов –

древесных пластиков (ДП) [12]. В настоящее время ДП с использованием измельченного древесного наполнителя изготавливают с обязательным добавлением связующего на основе карбамидо-, меламино- или фенолформальдегидных олигомеров. Это повышает стоимость изделий и ухудшает санитарно-гигиенические показатели готовой продукции. Кроме того, производство ДП с добавлением синтетических связующих экологически небезопасно.

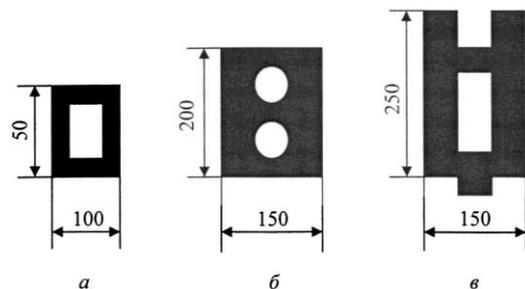
Изготовление изделий на основе древесных отходов без добавления связующего [8, 9] имеет преимущества с точки зрения санитарно-гигиенических и экологических требований. Однако разработанные в настоящее время способы получения древесных пластиков без добавления связующего (ДП-БС) методом плоского прессования в открытых и полузакрытых пресс-формах имеют ряд недостатков: низкая производительность, высокая себестоимость и др.

Одно из решений этой проблемы – использование экструзионных методов. Простота технологии, невысокие требования к применяемому сырью в сочетании с небольшими капитальными затратами обеспечили широкое распространение этим методам. Экструзионная технология позволяет получать как сплошные, так и пустотные плиты [6]. Кроме плит, можно изготавливать брусья, трубы и другие профильные погонажные изделия. Технология экструзии исключает такую сложную операцию, как формирование стружечного ковра. Изготовление изделий экструзионным методом обеспечивает реальное снижение их материалоемкости.

Для разработки технологии получения погонажных изделий на основе древесных отходов необходимо подобрать оптимальные рецептуры композиций и режимы экструзии, которые бы придавали изделиям высокие эксплуатационные (физико-механические) свойства.

Цель данной работы – получить ДП-БС из древесных отходов (отходы ленточной пилорамы ДОЗа пос. Верхняя Синячиха Свердловской области) в форме бруса малого сечения – сплошного и пустотелого с одной (*a*) или несколькими пустотами (*б*, *в*) различных конфигураций (см. рисунок).

Для повышения текучести пресс-материала при экструзии ДП-БС использовали модифицирующие добавки (карбамид, медный купорос). В качестве объектов сравнения методом экструзионного прессования были изготовлены плиты ДП-К и ДП-Ф на основе древесных отходов и карбамидо- (марка КФ-МТ-15) и фенолформальдегидного (марка СФЖ-3014, ОАО «Уралхимпласт», г. Нижний Тагил Свердловской области) связующего.



Варианты сечения бруса

Для проведения исследований была создана экспериментальная экструзионная установка поршневого типа с регулируемым ходом поршня. В качестве силовой установки принят привод насоса-дозатора марки ДП 100/250 К14А с асинхронным электродвигателем (мощность – 3,0 кВт, число оборотов в минуту – 1500). Формирующий канал экструзионной головки размером 30 × 40 × 300 мм выполнен из стали по индивидуальному проекту. В качестве тепло- и электроизоляционного материала головки использованы стеклоткань, асбестовое полотно и стекломат, в качестве нагревательного элемента – электронагревательная спираль (мощность – 1,5 кВт). Ниже приведены технические характеристики экспериментальной установки.

Площадь профиля	12 см ²
Толщина стенки	30 мм
Скорость экструзии (производительность).....	33,75 м/ч
Объемная производительность по материалу.....	0,0405 м ³ /ч
Массовая производительность.....	48,5 кг/ч
Время нахождения материала в головке (при $L = 320$ мм).....	32 с

Согласно составленным регрессионным планам эксперимента для выполнения исследований были изготовлены бруски ДП, которые распиливали на образцы. Режимы экструзии образцов ДП, характеристики пресс-композиций, связующих и модифицирующих веществ представлены в табл. 1.

У полученных брусков измерялись размеры, массу и плотность, распиливали на образцы размер 30×40×30 мм и делили на две группы.

Таблица 1

Характеристики композиций и режимы экструзии образцов

Параметр	ДП-К	ДП-Ф	ДП-БС
Время экструзии, мин	0,5...1,1	0,5...1,1	0,5...1,1
Температура экструзии, °С	150...180	140...170	170...190
Влажность пресс-композиции, %	10,5...14,5	10,5...14,5	8,0...16,0
Связующее	Карбамидоформальдегидное	Фенолформальдегидное	—
Марка смолы	КФ-МТ-15	СФЖ-3014	—
Расход связующего (по абс. сухим веществам), %	8...14	8...12	—
Модифицирующие агенты	—	—	Медный купорос, карбамид
Расход медного купороса (по а.с.в.), %	—	—	3...7
Расход карбамида (по а.с.в.), %	—	—	3...9
Время кондиционирования, ч	24	24	24

Таблица 2

Оптимальные режимы экструзии для получения ДП

Параметр	ДП-К	ДП-Ф	ДП-БС
Время экструзии, мин	0,5	0,5	0,5
Температура экструзии, °С	150	170	190
Расход связующего (по а.с.в.), %	14	12	–
Влажность пресс-композиции, %	–	–	14,0
Расход медного купороса (по а.с.в.), %	–	–	3
Расход карбамида (по а.с.в.), %	–	–	9

Таблица 3

Показатели физико-механических свойств ДП при оптимальных режимах экструзии

Показатель	ДП-К	ДП-Ф	ДП-БС
Плотность, кг/м ³	–/511	–/950	1228/1179
Прочность при сжатии, МПа	4,7/3,2	–/22,0	30,2/29,0
Твердость, МПа	77/56	203/195	134/129
Число упругости, %	–	–	57/59
Модуль упругости при сжатии, МПа	–/406	2569/2003	1927/1438
Водопоглощение за 24 ч, %	91/102	29/30	19/15
Разбухание за 24 ч, %:			
параллельно направлению экструзии	7,9/5,2	0,5/4,3	26,2/15,5
по объему	12,9/9,4	8,6/7,8	11,9/12,1
Токсичность (выделение формальдегида), мг/100 г абс. сухой плиты	–/8,8...13,7	–/0,9...2,3	–/1,4

Примечание. В числителе приведены расчетные данные, в знаменателе – экспериментальные.

Первую группу испытывали на твердость [1, 11] и по полученным данным определяли [11] число упругости и модуль упругости при сжатии. После определения твердости поверхность у образцов, полученных при распиливании, покрывали слоем парафина и испытывали на водопоглощение [2, 10] и разбухание за 24 ч [2]. У второй группы образцов определяли прочность при сжатии [3, 5] и содержание формальдегида [13].

Экспериментальные данные были статистически обработаны и по ним получены уравнения регрессии [7]. На основании адекватных уравнений регрессии были найдены оптимальные режимы экструзии для изготовления ДП, исходя из условий наименьшего (минимального) водопоглощения, разбухания параллельно направлению экструзии и по объему и наибольшей (максимальной) плотности, прочности при сжатии, твердости и модуля упругости при сжатии.

Для подтверждения теоретических условий получения ДП с оптимальными физико-механическими свойствами (табл. 2) были проведены эксперименты при этих режимах, результаты которых показали удовлетворительную сходимость рассчитанных и экспериментальных данных (табл. 3).

Как видно из табл. 3, пластик ДП-БС имеет наибольшую плотность, прочность при сжатии и водопоглощение по сравнению с ДП-К и ДП-Ф, но при этом наименьшее разбухание параллельно направлению экструзии и по объему.

Таким образом, в результате проведенных исследований показана возможность получения ДП-БС методом экструзионного прессования; установлено, что показатели физико-механических свойств ДП-БС, полученного методом экструзии, не уступают, а некоторые даже и превосходят ДП на основе органических связующих.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 4670–77. Пластмасса и эбонит. Метод определения твердости вдавливанием шарика [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 6 с.
2. ГОСТ 4650–80. Пластмассы. Метод определения водопоглощения [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 6 с.
3. ГОСТ 4651–82. Пластмассы. Методы испытания на сжатие [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 6 с.
4. ГОСТ 10632–89. Плиты древесностружечные. Технические условия [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 6 с.
5. Дедюхин, В.Г. Определение прочности полимерных композиционных материалов при сжатии [Текст]: метод. указания по выполнению лабораторных работ для студентов специальностей 2506.01 и 2603.05 / В.Г. Дедюхин, В.Г. Бурындин. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2004. – 8 с.
6. Корчаго, И.Г. Экструзионные древесностружечные плиты [Текст] / И.Г. Корчаго. – М.: Лесн. пром-сть, 1972. – 136 с.
7. Курицкий, Б.Я. Поиск оптимальных решений средствами Excel 7.0 [Текст] / Б.Я. Курицкий. – СПб.: ВHV – С.-Петербург, 1997. – 384 с.
8. Минин, А.Н. Технология пьезотермопластиков [Текст] / А.Н. Минин. – М.: Лесн. пром-сть, 1965. – 296 с.
9. Плитные материалы и изделия из древесины и других одревесневевших остатков без добавления связующих [Текст] / В.Н. Петри [и др.]. – М.: Лесн. пром-сть, 1976. – 360 с.
10. Получение и исследование свойств древесностружечных плит [Текст]: метод. указания для выполнения экспериментальной работы студентов специализации 26.03.02 «Технология древесных плит и пластиков» / В.М. Балакин [и др.]. – Свердловск, 1990. – 32 с.
11. Технические свойства полимерных материалов [Текст]: учеб.-справ. пособие / В.К. Крыжановский [и др.]. – СПб.: Изд-тво «Профессия», 2003. – 240 с.
12. Щербаков, А.С. Технология композиционных древесных материалов [Текст]: учеб. пособие для вузов / А.С. Щербаков, И.А. Гамова, А.В. Мельникова. – М.: Экология, 1992. – 192 с.
13. Roffael, E. Über die Bestimmung der Formaldehydabgabe var Spanplatten nach dem Peroratorverfahren und der WKI-Methode [Text] / E. Roffael, D. Yreubel, Z. Melhorn // Holz-Zentralblatt. – 1974. – N24. – S. 396–397.

A.V. Artemov, V.G. Buryndin, V.V. Glukhikh, V.G. Dedyukhin
Ural State Forest Engineering University

Study of Physical-mechanical Properties of Wood Plastics Got by Extrusion

Continuous method of rational and efficient processing of wood wastes into moulded items is offered. The influence of extrusion conditions on characteristics of physical-mechanical properties of wood plastics is analyzed.

Keywords: wood plastics without binders, extrusion pressing, physical-mechanical properties.

УДК 531.731.2

А.Е. Алексеев, С.В. Бутаков

Архангельский государственный технический университет

Алексеев Александр Евгеньевич родился в 1958 г., окончил в 1980 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры технологии конструкционных материалов и машиностроения Архангельского государственного технического университета. Имеет более 200 научных трудов в области лесопиления.

Тел.: (8182) 21-61-63



Бутаков Сергей Владимирович родился в 1983 г., окончил в 2005 г. Архангельский государственный технический университет, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры электротехники и энергетических систем АГТУ. Имеет более 10 печатных работ в области технологии деревообработки.

E-mail: ser-butakov@yandex.ru



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМОВ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

Предложена методика измерения объемов древесных материалов на основе использования высокотехнологичного газодинамического способа.

Ключевые слова: объем бревен, газодинамический способ, методика измерения, экспериментальная установка.

В последние годы активно разрабатывают нетрадиционные и высокотехнологичные (с использованием информационных технологий) методы и способы измерений объемов древесных материалов, к которым относятся и газодинамические. Газодинамические способы измерений объема можно разделить на две большие группы: пневмометрические и акустические [3]. Первые предполагают единичное возмущение газовой среды или периодическое с низкой частотой, вторые – периодическое со звуковой и сверхзвуковой частотами.

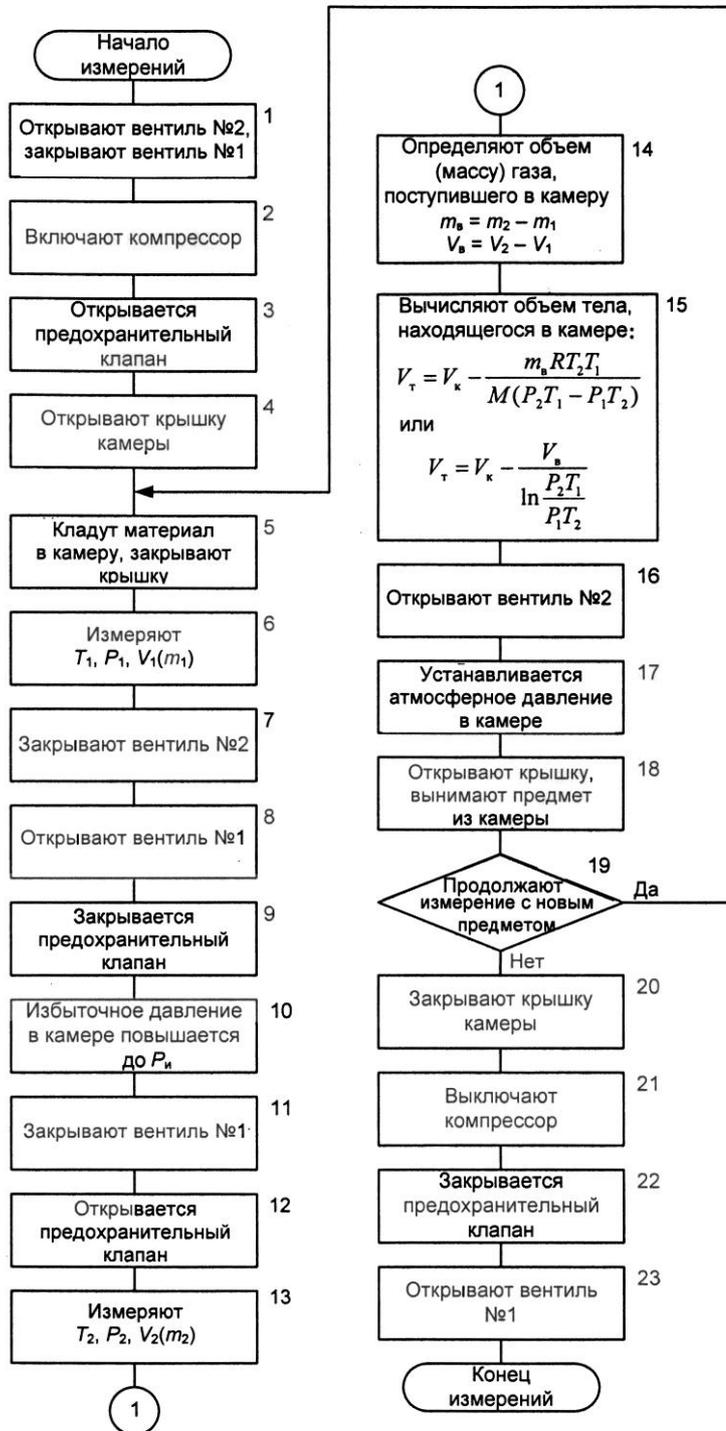


Рис. 1. Алгоритм процесса определения объема

Газодинамические способы позволяют измерять физический объем древесных материалов произвольной формы. При работе с совокупностью материалов отпадает необходимость определять коэффициент полндревесности.

В целях обоснования параметров процесса измерения объемов древесных материалов газодинамическим способом используют одну измерительную емкость, в которой создают избыточное давление воздуха. Это сокращает продолжительность процесса без снижения точности. Для определения количества поступающего в емкость воздуха используют объемный (или массовый) счетчик.

Древесные материалы помещают в герметичную камеру объемом V_k , измеряют начальную температуру T_1 и давление P_1 воздуха в ней. Затем через объемный (или массовый) счетчик подают в камеру определенное количество атмосферного воздуха, очищенного от пыли и влаги, и измеряют конечные температуру T_2 и давление P_2 воздуха. Объем тела определяют расчетным путем, используя алгоритм, представленный на рис. 1. Теоретически показано [1], что оптимальный режим измерения по показателям точности и чувствительности наблюдается при приближении объема измеряемого материала к объему камеры.

Функцию точности определения объемов древесных материалов газодинамическим способом представим в виде погрешности определения объема, которая включает в себя систематические и случайные составляющие. При использовании объемного счетчика газа и наличии только случайных составляющих погрешностей, а также пренебрегая корреляционной связью параметров и отличием закона распределения погрешности от нормального, получаем следующую формулу функции точности для определения объема тела:

$$\Delta V_T = \sqrt{\Delta V_k^2 + \frac{1}{\left(\ln \frac{P_0 T_1 + P T_1}{P_0 T_2}\right)^2} \Delta V_b^2 + \frac{V_b^2}{\left(\ln \frac{P_0 T_1 + P T_1}{P_0 T_2}\right)^4} \left(\left(\frac{\Delta P_0 P}{P_0 (P + P_0)} \right)^2 + \left(\frac{\Delta T_1}{T_1} \right)^2 + \left(\frac{\Delta P}{P + P_0} \right)^2 + \left(\frac{\Delta T_2}{T_2} \right)^2 \right)}$$

где

V_T – погрешность;

P_0 – атмосферное давление;

P – избыточное давление воздуха в камере;

$\Delta V_k, \Delta V_b, \Delta T_1, \Delta T_2, \Delta P, \Delta P_0$ – случайные составляющие погрешности.

Погрешность определения объема тела ΔV_T не зависит от объема камеры V_k , но зависит от погрешности его измерения ΔV_k . При увеличении T_1 и P погрешность ΔV_T уменьшается при неизменном уровне остальных факторов.

Расчеты показывают, что при $\Delta T_1 = \Delta T_2 = 0,5$ °С; $\Delta P_0 = \Delta P = 10$ Па; $\Delta V_k = 10^{-4}$ м³; $\Delta V_b = 0,68$ дм³ относительная погрешность определения объема тела $\delta V_T = 0,4$ %. При увеличении ΔV_b возрастает ΔV_T по параболической зависимости при фиксированных значениях остальных факторов (рис. 2).

Применение газодинамического способа для определения объемов круглых лесоматериалов требует исключить из результатов измерения объемы коры и припуски по длине, т.е. перевести измеренный физический объем круглых лесоматериалов в плотный. Анализ показал, что введение переводных коэффициентов возможно, если предположить, что бревно имеет правильную форму.

Предположим, что известна длина бревна L без припуска и диаметр d_b (или радиус r_b) его верхнего торца без коры (рис. 3). Припуск Δ по длине зависит от длины бревна: $\Delta = \Delta(L)$. Допустим, что бревно представляет собой тело вращения, т.е. возможные криволинейность оси и эллиптичность поперечного сечения не учитываются.

Примем

$$y_1 = f_1(x, r_b, L, c),$$

где c – коэффициент, характеризующий форму образующей.

Учитывая, что толщина коры h_k зависит от диаметра (или от радиуса) бревна с корой, получим

$$h_k = h_k(y_1) = h_k(f_1(x, r_b, L, c)) = h_k(x, r_b, L, c).$$

Газодинамический способ позволяет найти коэффициент c по результатам измерения физического объема бревна:

$$V_\phi = \pi \int_0^{L+\Delta(L)} (f_1(x, r_b, L, c))^2 dx = F(L, r_b, c) = Q. \quad (1)$$

Решим уравнение (1) относительно c :

$$c = c(L, r_b, Q).$$

В результате для образующей бревна с корой и толщины коры получим следующие выражения:

$$y_1 = f_1(x, r_b, L, Q); \quad h_k = h_k(x, r_b, L, Q).$$

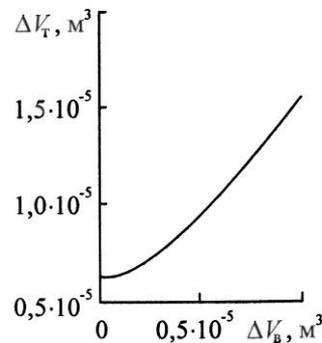
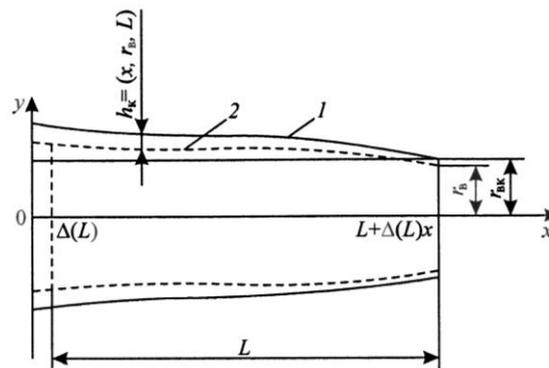


Рис. 2. Зависимость ΔV_T от ΔV_B

Рис. 3. Определение объема бревна без коры и припусков по длине: 1 – $y_1 = f_1(x, r_b, L)$; 2 – $y_2 = f_2(x, r_b, L)$



Плотный объем бревна без коры и припуска по длине

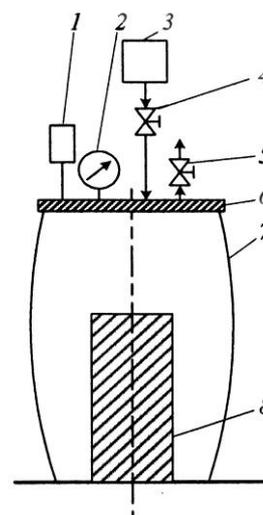
$$V_{\text{п}} = \pi \int_{\Delta(L)}^{L+\Delta(L)} (f_1(x, r_{\text{в}}, L, Q) - (x, r_{\text{в}}, L, Q))^2 dx = V_{\text{п}}(r_{\text{в}}, L, Q).$$

В процессе исследований предусматривалось проведение разведывательного эксперимента в целях определения отклонения объема древесных материалов, измеренного газодинамическим способом, от полученного геометрическим способом объема, и основных экспериментов для создания математических моделей в виде уравнений регрессии для определения объема древесного материала в зависимости от диапазона измеряемого объема.

Предложенный способ определения объемов древесных материалов реализован в экспериментальной измерительной установке (рис. 4). Измеряемое тело помещают в камеру, соединенную с воздушным компрессором КВ-10 и измерительными приборами (цифровой термометр-гигрометр и манометр). При проведении разведывательного эксперимента использовали встроенный дифференциальный микроманометр ЛТА-4 с диапазоном измерения 0...2400 Па, в основных экспериментах – деформационный манометр с диапазоном измерения 0...1,6 кгс/см² и погрешностью измерения 1,6 %*. Производительность компрессора на холостом ходу – 12,36 л/мин, объем камеры – 122,43 дм³.

На основании предварительных результатов, показывающих влияние пористости структуры древесины на измеряемый объем, введен теоретический коэффициент K_0 . Он характеризует пористость образцов древесины с учетом влажности, градиента давления при избыточном давлении воздуха в камере и рассчитывается на основе справочных данных [2, 4]:

Рис. 4. Экспериментальная установка:
1 – цифровой термометр-гигрометр, 2 – манометр, 3 – воздушный компрессор КВ-10, 4 – первый вентиль, 5 – второй вентиль, 6 – крышка камеры, 7 – камера, 8 – измеряемое тело



* Применение разных манометров обусловлено тем, что основные эксперименты проводили при более высоком давлении, так как при этом уменьшается погрешность определения объема и появляется возможность выявить влияние избыточного давления на результаты измерения.

$$V_{\tau} = K_0(V_{\kappa} - V_{\text{п.г}}), \quad (2)$$

где $V_{\text{п.г}}$ – объем пустого пространства в камере, определяемый газодинамическим способом (см. рис. 1).

В *разведывательном эксперименте* варьировали измеряемый объем путем изменения количества образцов и избыточное давление в камере. В качестве образцов использовали отрезки сосновых досок толщиной 50 мм, шириной 250 мм и объемом 7 дм³. В качестве выходной величины выбирали относительную разницу δV между объемом тела, измеренным геометрическим способом по габаритным размерам, и объемом тела, полученным газодинамическим способом. Опыт начинали с измерения величин, необходимых для определения коэффициента K_0 , затем в камеру помещали образцы, закрывали вентиль 4, одновременно включая компрессор 3 и секундомер. При достижении в камере запланированного для данного опыта избыточного давления воздуха одновременно выключали компрессор и секундомер и фиксировали время τ . Воздух из камеры сбрасывали в атмосферу, открыв вентиль 4. Объем образцов, определяемый газодинамическим способом, находили по формуле (2). Для этого рассчитывали объем пустого пространства по формуле

$$V_{\text{п.г}} = \frac{Q_{\kappa} \tau P_0}{P},$$

где Q_{κ} – производительность компрессора.

В *основных экспериментах* использовали три диапазона измеряемого объема, дм³: 7...21, 21...35, 35...49. Варьировали избыточное давление в камере, а также приведенный объем пустого пространства в камере $V_{\text{п.п}}$ за счет изменения измеряемого объема образцов:

$$V_{\text{п.п}} = V_{\kappa} - \frac{V_{\tau}}{K_0}.$$

Выходной величиной являлся объем пустого пространства в камере $V_{\text{п.г}}$, определяемый газодинамическим способом. Опыты проводили по экспериментальному В-плану второго порядка, при этом число опытов составляло 10 без учета дублирования. Регрессионная модель второго порядка в натуральных обозначениях факторов имеет следующий вид:

$$V_{\text{п.г}} = B_0 + B_1 V_{\text{п.п}} + B_2 P + B_{11} V_{\text{п.п}}^2 + B_{22} P^2 + B_{12} V_{\text{п.п}} P.$$

Натуральные обозначения факторов: $X_1 = V_{\text{п.п}}$, $X_2 = P$; нормализованные: x_1, x_2 .

Каждый опыт в основных экспериментах проводили в два этапа. Воздух подавали сначала в пустую камеру до достижения определенного давления и фиксировали время τ_{κ} подачи, затем в камеру с образцами до того же давления и измеряли время τ подачи. Если оба этапа осуществлять в одинаковых условиях, при одинаковом избыточном давлении в камере и использовании одинакового компрессора, то

$$V_{\text{п.г}} = V_{\kappa} \frac{\tau}{\tau_{\kappa}}.$$

Как показал разведывательный эксперимент, существует небольшое различие между объемами образцов, измеренными геометрическим и газодинамическим способами. Это является следствием влияния следующих факторов: характеристик воздуха, отклонения от квазистатического процесса подачи воздуха в камеру, изменчивости характеристик древесины данной породы, нелинейного характера распределения давления в древесине, изменчивости минимального давления в порах древесины.

Коэффициент корреляции между объемами образцов, измеренными геометрическим и газодинамическим способами, составил 0,998. Число дублированных опытов для основных экспериментов $n = 15$. При увеличении измеряемого объема рассеивание разницы между объемами δV увеличивается относительно математического ожидания (рис. 5).

Эксперименты показали, что математическая модель при увеличении измеряемого объема может быть упрощена. Это подтверждают теоретические выводы. Установлена линейная взаимосвязь создаваемого в камере избыточного давления P и объема пустого пространства в камере $V_{п.г}$, измеряемого газодинамическим способом, что обусловлено пористой структурой древесины. Предложена адекватная математическая модель для определения объема с коэффициентами k_{1-4} , полученными экспериментально, и с теоретическим коэффициентом K_0 :

$$V_T = K_0 \left(V_k - \frac{V_{п.г} + k_1 P + k_2}{k_3 P + k_4} \right),$$

где k_1, k_2, k_3, k_4 – коэффициенты, зависящие от временных условий процесса измерения; размеров, породы и влажности древесных материалов; размеров измерительной камеры; создаваемого в камере давления; атмосферных условий при проведении измерений.

Для диапазона измеряемого объема 35...49 дм³ при изменении избыточного давления от 16120 до 25790 Па в случае сосновых образцов объемом 7 дм³ со средней влажностью древесины 15,1 % ($K_0 = 1,472$) и объема измерительной камеры 122,43 дм³ экспериментально получены следующие значения коэффициентов: $k_1 = -0,001413$; $k_2 = 30,8553$; $k_3 = -1,5048351 \cdot 10^{-5}$; $k_4 = 1,3724$.

Для этого случая на рис. 6, а представлены графики зависимости $V_T = f(V_{п.г})$ при трех значениях избыточного давления в камере $P_{и}$, Па: 16 120, 20 990, 25 790. Зависимость $V_T = f(V_{п.г})$ – линейная. При увеличении $P_{и}$ и неизменном объеме измеряемого материала V_T имеем: $V_{п.г}$ уменьшается при $V_T = 35...42$ дм³, $V_{п.г}$ увеличивается при $V_T = 42...49$ дм³. Такие колебания

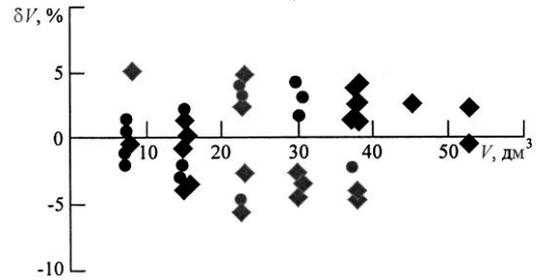


Рис. 5. Распределение относительной разницы между объемами

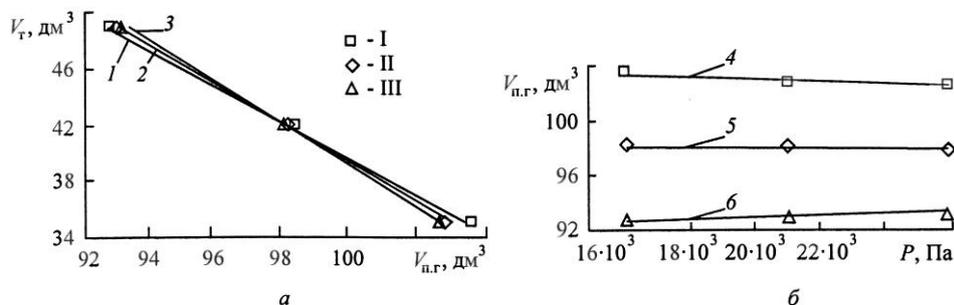


Рис. 6. Графические зависимости для функций $V_T = f(V_{п.г})$ – а и $V_{п.г} = f(P)$ – б:
 1 – $P = P_3 = 16\ 120$ Па; 2 – 20 990 Па; 3 – 25 790 Па; 4 – $V_T = V_{T_3} = 35$ дм³; 5 – 42 дм³;
 6 – 49 дм³ (I-III – экспериментальные данные)

можно объяснить нелинейным характером распределения давления в древесине при избыточном давлении воздуха в камере. Причем скорость уменьшения $V_{п.г}$ с увеличением P снижается. Это свидетельствует об уменьшении влияния V_T на $V_{п.г}$ с ростом P .

На рис. 6, б представлены графики зависимости $V_{п.г} = f(P)$ при трех значениях V_T , дм³: 35, 42 и 49. Зависимость $V_{п.г} = f(P)$ – линейная.

Таким образом, в ходе эксперимента показана возможность использования газодинамического способа для определения объемов древесных материалов; разработана методика и экспериментальная установка; проведены измерения образцов пиломатериалов. Установленные параметры процесса измерений и требования к режимам могут быть использованы при апробировании метода в производственных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев, А.Е. Применение газодинамического способа определения объемов лесоматериалов на предприятиях ЛПК [Текст] / А.Е. Алексеев, С.В. Бутаков // Деревообраб. пром-сть. – 2008. – № 2. – С. 7–9.
2. Боровиков, А.М. Справочник по древесине [Текст]: справочник / А.М. Боровиков, Б.Н. Уголев; под ред. Б.Н. Уголева. – М.: Лесн. пром-сть, 1989. – 296 с.
3. Можегов, Н.А. Автоматические средства измерений объема, уровня и пористости материалов [Текст] / Н.А. Можегов. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 120 с.
4. Уголев, Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения [Текст]: учеб. для лесотехн. вузов / Б.Н. Уголев. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: МГУЛ, 2001. – 340 с.

Поступила 22.11.07

A.E. Alekseev, S.V. Butakov
 Arkhangelsk State Technical University

Experimental Assessment of Determining Wood Materials Volumes by Gas-dynamic Method

The technique for measuring volumes of wood materials is offered based on using the high-technology gas-dynamic method.

Keywords: log volume, measuring technique, gas-dynamic method, experimental device.



ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК. 667.622.271:553.612(088.)8

А.А. Комиссаренков, Л.Л. Парамонова, Г.Ф. Пругло

С.-Петербургский государственный технологический университет
растительных полимеров

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



Парамонова Людмила Леонидовна родилась в 1949 г., окончила в 1971 г. Ленинградский технологический институт целлюлозно-бумажной промышленности, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии бумаги и картона СПбГТУРП. Имеет более 100 печатных работ в области технологии целлюлозно-бумажного производства.
Тел.: (812)786-86-26



Пругло Галина Федоровна родилась в 1945 г., окончила в 1968 г. Тбилисский государственный университет, кандидат химических наук, доцент кафедры аналитической химии СПбГТУРП. Имеет около 100 печатных работ в области экоаналитической химии и очистки сточных вод и газовых выбросов, синтеза и использования сорбентов.
E-mail: gpruglo@mail.ru



СИНТЕЗ И ПРИМЕНЕНИЕ ЦИНК-КАОЛИНИТА В КОМПОЗИЦИИ БУМАЖНОЙ МАССЫ

Установлено, что полученные Zn- и ZnS-формы каолинита, а также эти же образцы, модифицированные канифольным клеем, в качестве наполнителя обеспечивают бумаге более высокие зольность и физико-механические характеристики, чем обычный каолин.

Ключевые слова: каолинит, модифицирование, наполнители бумаги, белизна бумаги.

Каолинит в ряду природных силикатных соединений как наполнитель и сорбент с жесткоструктурной ячейкой занимает особое место [3, 5]. Чаще всего его используют как наполнитель, реже – в качестве сорбента, так как его сорбционные свойства, обусловленные дисперсным составом и кристаллическостью первичных кристаллов, невысоки. Сорбционная емкость минерала составляет от 0,01 (для совершенного глуховецкого каолинита с удельной поверхностью $S_{уд} = 10 \text{ м}^2/\text{г}$) до 0,25 ммоль/г (для глуховского каолинита с несовершенной кристаллической структурой и $S_{уд} = 100 \text{ м}^2/\text{г}$).

Кондиционирование каолина для использования в качестве наполнителя осуществляют различными физическими и химическими методами в целях выделения нежелательных примесей из его состава или перевода окрашенных форм железа в восстановленную форму [3].

В данной работе изучена возможность кондиционирования каолинита несовершенной кристаллической структуры ($S_{уд} = 10 \text{ м}^2/\text{г}$) марки КН-78, используемого в качестве наполнителя, методом сорбционного модифицирования ионами цинка для увеличения белизны каолина и бумаги, содержащей наполнитель.

Модифицирование каолинита ионами цинка проводили при значениях pH, изменяющихся от 2 до 10. В качестве комплексообразователя ионов цинка в щелочной среде использовали аммиачно-буферные растворы. Концентрация ионов цинка составляла 0,0025 и 0,0570 М. Сорбционное модифицирование каолинита проводили в статических условиях при гидромодуле 10 в течение суток.

По аналогии с [1] Zn-каолинит получали также методом сорбции из растворов 1,2,3-пропантриола (глицерина) при концентрации безводного ZnCl_2 , составляющей 0,56 М, и температуре 170 °С в течение 1 ч.

Для получения ZnS-форм каолинита образцы Zn-каолинита обрабатывали 0,012 М раствором Na_2S при гидромодуле 5 в течение 1 ч. Ионы металлов и сульфидную серу в растворах определяли объемным методом [2].

Образцы бумаги изготавливали на листоотливном аппарате типа Рапид-Кетен и изучали ее свойства [6].

При взаимодействии ионов цинка с каолинитом образуется соответствующая Zn-форма каолинита, содержание ионов металла в которой не превышает величин сорбции, максимально достигнутых для этого минерала. Накопление ионов цинка в фазе каолинита увеличивается с ростом концентрации цинка в растворе электролита (рис. 1).

Зависимость величины сорбции ионов цинка каолинитом от pH раствора имеет максимум 0,040 ммоль/г каолинита при pH 6, что связано, с одной стороны, с увеличением степени диссоциации слабокислотных функциональных групп алюмосиликата по мере повышения щелочности раствора, с другой – с увеличением доли закомплексованности ионов цинка при повышении содержания аммиака, что уменьшает концентрацию свободных ионов цинка и, соответственно, величину его сорбции.

Дополнительно в растворе над твердой фазой каолинита накапливаются ионы жесткости и их концентрация в зависимости от значений pH раствора изменяется симбатно изменению концентрации ионов цинка в этом же

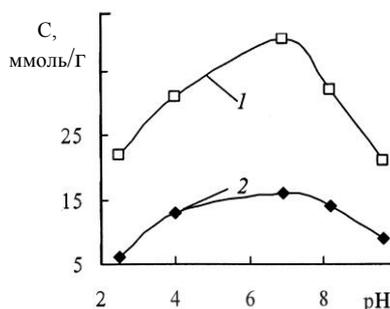


Рис. 1. Изменение сорбции С ионов цинка каолинитом от pH растворов при концентрации ионов цинка 0,0057 (1) и 0,0025 М (2)

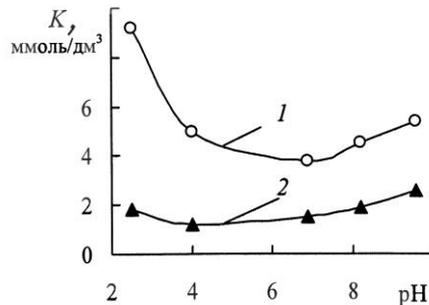


Рис. 2. Изменение концентрации K ионов цинка (1) и ионов жесткости (2) в растворах над фазой каолинита в зависимости от pH

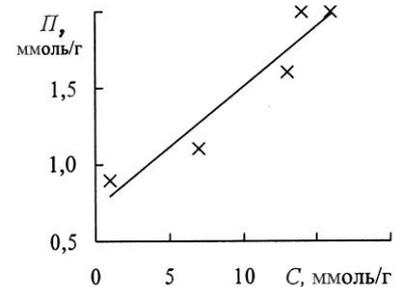


Рис. 3. Изменение поглощения Π сульфид-ионов от содержания C ионов цинка в составе каолинита

растворе (рис. 2). Указанная зависимость может отражать сорбцию ионов жесткости, выделяющихся из состава каолинита, т.е. возможное частичное переосаждение солей. Кроме того, наличием этой закономерности можно объяснить и конкурирующую сорбцию ионов цинка в присутствии ионов жесткости и их взаимное влияние на суммарную реакцию образования Zn-каолинита.

Обработка полученных образцов Zn-каолинита раствором Na_2S приводит к сульфидированию продукта с образованием ZnS-формы наполнителя (рис. 3). Сульфидирование протекает нестехиометрично, вероятно, из-за влияния ионов жесткости. Абсолютная величина сорбции составляет лишь $n(10^{-3} \dots 10^{-4})$ ммоль/г каолинита (рис. 3), в связи с чем белизна полученных образцов Zn- и ZnS-каолинита слабо зависит от содержания ионов цинка и сульфид ионов в составе соответствующих форм наполнителя.

При этом наблюдается слабая тенденция изменения белизны полученных модифицированных наполнителей в зависимости от условий их получения (рис. 4), что указывает на протекание вторичных реакций растворения каолинита при увеличении pH.

Сорбционное модифицирование каолина ионами металлов с переводом наполнителя в соответствующую форму связано с поглощением свободных, не вошедших в состав комплекса ионов металлов.

Для увеличения содержания ионов цинка в образцах каолинита и ускорения процесса модифицирования сорбцию проводили из неводных растворов 1,2,3-пропантриола. Были получены образцы, содержащие $0,3 \dots 0,7$ ммоль $\text{Zn}^{2+}/\text{г}$, с белизной $79,3 \dots 80,4$ %, что на $4,0 \dots 5,0$ % выше белизны исходного каолина.

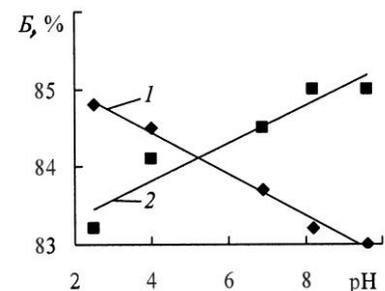


Рис. 4. Изменение белизны B Zn- (1) и ZnS-каолинита (2) в зависимости от pH

Таблица 1

Влияние модификатора в фазе каолина (расход 20 %) в композиции бумажной массы на качество бумаги

Содержание модификатора в фазе каолина		Масса 1 м ² , г	Разрывная длина, м	Сопротивление			Проклейка, мм	Белизна	Зольность
Zn ²⁺ , ммоль/г	канифольный клей, %			раздиранию, сН	излому, число двойных перегибов	продавливанию, кПа			
–	–	59,7	3160	27	4	100	0,25	60	3
0,30	–	60,1	3100	28	8	104	0,25	63	6
0,33	–	62,1	3110	29	7	111	0,25	63	6
0,50	–	61,9	3280	29	7	114	0,25	62	5
0,70	–	60,2	3180	28	7	100	0,25	64	5
0,11	0,2	60,9	3520	28	8	115	0,50	65	8
0,11	0,4	62,9	3550	29	8	118	0,50	65	11
0,11	1,8	62,9	3640	28	9	120	0,50	66	12
0,11	3,6	61,7	3730	28	11	129	0,50	65	9
0,11	7,2	62,9	3630	29	11	139	0,50	65	9

Поведение Zn-каолинита в композиции бумажной массы изучали на образце Zn-каолинита, содержащего 0,11 ммоль/г ионов цинка в фазе каолинита. Белизна Zn-каолинита составляла 79,0 %.

На основе Zn-каолинита были получены образцы ZnS-каолинита, содержащие различное количество сульфидной серы в составе твердой фазы в виде нестехиометрических поверхностных сульфидов цинка. При данных соотношениях сульфида и ионов цинка в составе каолинита белизна образцов не изменилась, но увеличилась их агрегативная устойчивость за счет изменения поверхностных свойств наполнителя.

В табл. 1 представлены данные физико-механических характеристик образцов бумаги, полученной при использовании Zn-каолинита с различным содержанием ионов металла в твердой фазе и расходе наполнителя, равном 20 % от абс. сухого волокна, а также Zn-каолинита, предварительного обработанного канифольным клеем, с концентрацией 15 г/дм³ при таком же расходе наполнителя.

Приведенные данные показывают, что Zn-каолинит достаточно хорошо совмещается с волокнистым материалом, вероятно, из-за изменения поверхностного потенциала наполнителя. При зольности бумаги почти в 2 раза выше, чем для обычного каолина, практически все показатели качества бумаги становятся выше или как минимум не снижаются. Предварительная обработка Zn-каолинита канифольным клеем приводит к вторичному модифицированию поверхности наполнителя, за счет чего увеличивается удержание

Таблица 2

**Влияние модификатора в фазе Zn-каолина ($[Zn^{2+}] = 0,11$ ммоль/г)
в композиции бумажной массы на качество бумаги**

Содержание модификатора в фазе Zn-каолина		Масса 1 м ² , г	Разрывная длина, м	Сопротивление			Проклейка, мм	Белизна	Зольность
S ²⁻ , ммоль/г	канифольный клей, %			раздиранию, сН	излому, число двойных перегибов	продвижению, кПа			
1,5	–	62,7	3150	39	12	120	0,25	62	9
4,8	–	62,5	2730	36	7	101	0,25	63	13
7,0	–	62,9	2860	36	11	110	0,25	62	10
9,0	–	62,7	2840	32	6	103	0,25	62	12
18,0	–	62,5	2730	32	7	101	0,25	60	11
8,0	0,2	62,9	2940	43	11	117	0,50	63	13
8,0	0,4	60,5	2990	44	12	118	0,50	63	12
8,0	1,8	62,5	2910	44	10	117	0,50	63	12
8,0	3,6	61,9	3000	44	11	114	0,50	63	14
8,0	7,2	61,3	3220	44	11	142	0,50	64	13

наполнителя. При этом прочностные показатели на 10...15 % возрастают по сравнению с обычным каолином, что указывает на возможное образование связей между целлюлозным волокном и наполнителем, модифицированным канифольным клеем.

Применение в композиции бумажной массы сульфидированных образцов Zn-каолинита и его модифицированной канифольным клеем формы (табл. 2) не улучшает показателей качества бумаги в сравнении с ранее полученными данными (см. табл. 1). Экранирование положительно заряженной поверхности Zn-каолинита сульфидной серой ослабляет взаимодействие между компонентами бумажной массы, в том числе между целлюлозой и канифольным клеем. Это подтверждается наблюдаемой тенденцией увеличения прочностных показателей бумаги с уменьшением соотношения S^{2-} / Zn^{2+} в составе каолинита.

Выводы

1. Рассмотрены реакции взаимодействия каолинита с ионами цинка в водных и неводных растворах с образованием Zn-формы каолинита с различным содержанием ионов металла в твердой фазе, изменяющимся от значений, соответствующих поверхностной концентрации функциональных групп, до 0,7 ммоль / г каолинита.

2. Показано, что накопление ионов цинка в твердой фазе каолинита за счет сорбционных процессов приводит к увеличению его белизны и проявлению новых свойств как наполнителя. Дополнительная обработка Zn-каолинита сульфид-ионами переводит его в ZnS-форму, обладающую высокой белизной и гидрофобными свойствами.

3. Установлена принципиальная возможность применения Zn- и ZnS-каолинита в композиции бумажной массы в качестве наполнителя, обладающего большей удерживаемостью в бумаге при высоких физико-механических характеристиках. Предварительное модифицирование полученных форм каолинита канифольным клеем приводит к дополнительному повышению удержания наполнителя в бумажной массе, стабилизации оптических свойств и физико-механических характеристик бумаги.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.с. 1724661 СССР. Способ получения алюминий-каолинита [Текст] / Комиссаренков А.А. – Заявл. 1990; опубл. 1992, Бюл. № 13.
2. *Лайтинен, Г.А.* Химический анализ [Текст] / Г.А. Лайтинен. – М.: Химия, 1966. – 656 с.
3. *Лапин, В.В.* Каолин и оптические свойства бумаги [Текст] / В.В. Лапин, Д.А. Данилова. – М.: Лесн. пром-сть, 1978. – 156 с.
4. *Овчаренко, Ф.Д.* Адсорбция на дисперсных минералах [Текст] / Ф.Д. Овчаренко, Ю.И. Тарасевич // Колл. журн. – 1973. – № 5. – С. 867–869.
5. *Тарасевич, Ю.И.* Природные сорбенты в процессах очистки воды [Текст] / Ю.И. Тарасевич. – К.: Наук. думка, 1981. – 208 с.
6. *Фляте, Д.М.* Свойства бумаги [Текст] / Д.М. Фляте. – М.: Лесн. пром-сть, 1986. – 528 с.

Поступила 01.12.08

A.A. Komissarenkov, L.L. Paramonova, G.F. Pruglo
Saint-Petersburg State Technological University of Plant Polymers

Synthesis and Application of Zink-kaolinite in Pulp Composition

It is established that the obtainedka olinite Zn- and ZnS-forms as well as the same samples modified by the rosin size provide paper as filler with higher ash content and physico-mechanical characteristics than normal kaolinite.

Keywords: kaolinite, modification, paper fillers, paper brightness.

УДК 676.038.2/026.72

А.А. Комиссаренков, В.Г. Хорьков

С.-Петербургский государственный технологический университет растительных полимеров

МОДИФИЦИРОВАНИЕ МЕЛА НП АВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ ДОБАВКИ В ПРОЦЕССЕ ОБЛАГОРАЖИВАНИЯ МАКУЛАТУРЫ ПРИ РОСПУСКЕ

Установлена функциональная зависимость влияния степени модифицирования мела НП АВ на очистку макулатуры от микровключений.

Ключевые слова: неионногенное поверхностно-активное вещество, макулатура, мел, роспуск, сорбция.

В настоящее время в целлюлозно-бумажной промышленности мел используется как основной наполнитель бумажной массы. Современные технологии изготовления бумаги и картона включают применение различных химических добавок, обеспечивающих потребительские свойства картонно-бумажной продукции. Необходимые свойства гарантированы всеми входящими в состав бумажной массы ингредиентами, которые иммобилизованы в этой композиции основными составляющими – целлюлозными волокнами и наполнителем – за счет химических и физических сил связи.

Главная задача технологии переработки макулатурного сырья – сохранение свойств основных единиц композиционной системы на уровне, близком к образцам массы исходного сырья, при минимальных физических потерях. Операция облагораживания макулатурной массы, связанная с удалением аксессуаров различного характера, является первичным процессом в общей технологии переработки макулатуры. Наименее затратная техника проведения процесса облагораживания макулатурной массы предполагает использование химических реагентов на стадии роспуска макулатуры, что имеет перспективные последствия на этапе формования бумажного полотна и улучшает его качество.

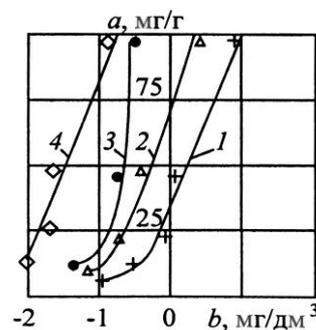
В работе [3] авторами представлены два варианта облагораживания макулатурной массы на примерах макулатуры МС-7Б и МС-5Б в процессе роспуска с использованием неионногенных поверхностно-активных веществ (НПАВ). Выбор реагента этого типа обусловлен его действием как смачивателя, обеспечивающего увеличение скорости впитывания целлюлозы [4]. Дополнительная добавка реагента позволяет регулировать свойства получаемого из макулатуры картона.

В данной работе рассмотрена возможность использования НП АВ, иммобилизованного мелкодисперсным мелом, в процессе облагораживания массы, совмещенном с роспуском макулатуры МС-1А и МС-7Б (1:1).

Для оценки активности мела относительно НПАВ и изучения сорбции НПАВ на меле в различных условиях предварительно были выяснены роль и поведение мела в составе картонно-бумажной продукции, изготовленной с применением различных химических реагентов, содержащих в составе как мел, так и целлюлозное волокна. С этой целью образцы мела предварительно обрабатывали растворами катионного крахмала ($C_3 = 0,05$), клея АКД и анионного полиакриламида (АПАА). Мел, экстрагированный указанными функциональными реагентами, рассматривали как модели образцов мела из состава распушенной макулатуры МС-1А и МС-7Б (1:1).

В качестве наполнителя, выполнявшего в первой части работы роль сорбата, использовали мел, а в качестве НПАВ – Неонол АФ9-10.

При оценке сорбционных свойств мела в растворах определяли НПАВ фотометрически с применением иодно-иодистой смеси [1], щелоч-



ность, жесткость и pH растворов – стандартными методами [2].

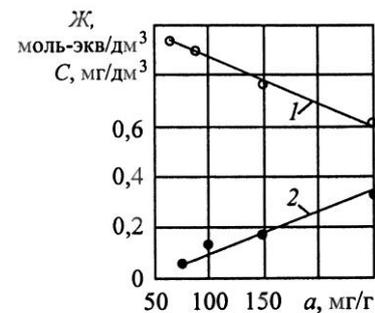


Рис 1. Изотермы сорбции НПАВ на меле (1) и образцах мела, модифицированных катионным крахмалом (2), АПАА (3) и АКД (4) (в единицах $\lg C_{\text{равн}} = b$ мг/дм³; a – содержание НПАВ)

Рис 2. Влияние содержания НПАВ в фазе мела на изменение жесткости $Ж$ (1) и концентрации C НПАВ (2) в равновесном растворе

Облагораживание массы в процессе роспуска, изготовление образцов отливок бумаги и оценку их физико-механических характеристик производили по методике, изложенной в работе [3].

Предварительная оценка влияния pH на величину сорбции НПАВ мелом показала, что при исходной концентрации НПАВ 100 мг/дм³ и соотношении твердое/жидкость $T : Ж = 1:1000$ за 1 сут. взаимодействия сорбция составила 98...99 кг/т при pH контактных растворов ($8,7 \pm 0,2$). Щелочность и жесткость растворов после сорбции НПАВ также оставались постоянными: соответственно ($0,85 \pm 0,50$) и ($0,90 \pm 0,20$) моль-экв/дм³.

Взаимодействие НПАВ с мелкодисперсным мелом происходит достаточно быстро, о чем свидетельствует анализ кинетики поглощения. Максимально возможная в данных условиях емкость мела на НПАВ, равная 100 мг/г сорбента при $T : Ж = 1:1000$ и $pH_{исх} 6,1$, реализуется за первые 15 мин контакта – минимальное время, выбранное для анализа. При этом такие показатели, как pH, жесткость и щелочность контактных растворов, не отличались от полученных в предыдущем опыте.

Изотерму сорбции НПАВ мелом снимали в течение 1 сут., т.е. в условиях, близких к равновесным. Гидро модуль реакции 1000. Исходная концентрация НПАВ изменялась от 100,00 до 6,25 мг/дм³. В качестве сорбатов использовали чистый мел и мел, предварительно обработанный растворами катионного крахмала, клея АКД и АПАА.

Изотерма сорбции НПАВ на чистом меле имеет восходящий характер (рис. 1, кривая 1), что указывает на возможность поглощения реагента при низких концентрациях в молекулярной форме, а при увеличении концентрации ассоциатов – в виде коллоидных полусфер. Несмотря на различные величины сорбции, значения pH равновесных растворов практически постоянные ($8,7 \pm 0,2$), что определяется растворимостью мела. Жесткость равновесных растворов изменяется антибатно остаточной концентрации НПАВ под твердой фазой мела (рис. 2). Это обстоятельство указывает на возможность взаимодействия НПАВ и солей кальция с образованием химических соединений, которые адсорбируются на поверхности мела.

Экранирование поверхности мела катионным и анионным гидрофильным полимером не исключает поглощения НПАВ, вероятно, по другому механизму, с образованием двойных, смешанных композиций НПАВ на поверхности мела с иммобилизованным модификатором (рис. 1, кривые 2, 3). Судя по изотермам, такие двойные ПАВ на поверхности мела являются прочными структурами, по-видимому, в связи с уменьшением ККМ.

Частичная гидрофобизация поверхности мела клеем АКД изменяет изотерму сорбции НПАВ до изотермы Генри, что можно объяснить обращением сорбционных центров мела и НПАВ. В данном случае НПАВ сорбируется своими гидрофобными участками на модифицированном меле.

Функциональной связи между концентрацией ионов кальция и остаточной концентрацией НПАВ в равновесных растворах при сорбции НПАВ на модифицированных образцах мела не наблюдается.

Таким образом, несмотря на различный характер поверхности мела, его способность поглощать НПАВ не изменяется, что обуславливает возможность нивелировать разнородный характер единиц композиционной системы.

При изменении гидро модуля реакции взаимодействия НПАВ с мелом от 100 до 1000 степень поглощения реагента составляет 97...98 % и представляется прямой зависимостью сорбционной емкости от гидро модуля.

Полученные данные о взаимодействии НПАВ с мелкодисперсным мелом были использованы для получения модифицированного наполнителя как добавки при роспуске и облагораживании макулатуры МС-1А : МС-7Б (1:1).

Расход мела варьировали от 5 до 30, расход НПАВ – от 0,1 до 2,0 кг/т макулатуры. Роспуск сырья осуществляли в лабораторном гидроразбивателе при концентрации массы 3 %. При роспуске гидромодуль по добавленному мелу составлял от 1000 до 3000, что обозначало высокую величину сорбции НПАВ мелом при указанных расходах модификатора.

Физико-механические характеристики бумаги, полученной из макулатуры МС-1А и МС-7Б (1:1) с использованием в качестве активирующей добавки суспензии мела, модифицированного НПАВ, приведены в таблице.

Применение добавок мела, модифицированного НПАВ, на 10...20 % ускоряет процесс роспуска не только за счет увеличения рН растворов суспензии активирующей добавки, но и присутствия в композиции НПАВ, т.е. проявляется комплексное действие.

Приведенные в таблице данные показывают, что «вторичный» мел (мел из состава макулатуры), который можно считать модифицированным функциональными реагентами при изготовлении бумаги, удерживается массой достаточно хорошо, но образцы отливок содержат микровключения (сорность – 270 шт. соринок на 1 м²). Чистый мел при введении в массу при роспуске макулатуры незначительно снижает сорность и физико-механические показатели образцов отливок бумаги.

Облагораживание макулатурной массы за счет введения при ее роспуске суспензии мела, модифицированного НПАВ, улучшает практически все показатели качества бумаги, в том числе белизну и сорность. Влияние степени модифицирования мела на сорность представлено на рис. 3, где приведены данные изменения сорности бумаги в зависимости от содержания НПАВ в составе мела, пересчитанного с учетом сорбционных характеристик последнего. Данные, отмеченные (+), соответствуют расчетам сорбционной емкости по аналогии с изотермами сорбции, а данные, отмеченные (•), – по аналогии с расчетом сорбционной емкости в зависимости от гидро модуля реакции.

Приведенные данные указывают на значительное влияние мела, модифицированного НПАВ, на процесс облагораживания макулатурной массы, которое особенно сильно проявляется при содержании НПАВ 100 г/кг мела. Это обстоятельство связано, вероятно, со свойствами данной добавки препятствовать вторичному осаждению примесей, выделяющихся из состава макулатуры в процессе роспуска.

Выводы

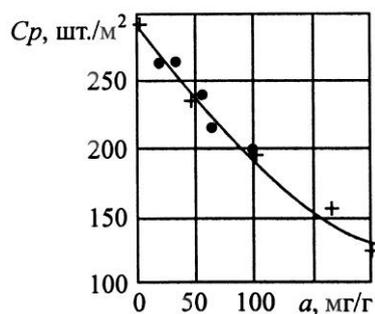


Рис 3. Зависимость сорности образцов бумаги от степени модифицирования a мела НПАВ при использовании в процессе облагораживания макулатуры

1. Изучен процесс модифицирования мела НПAB и получены образцы с заданным составом и свойствами для использования в качестве добавки в процессе роспуска макулатурного сырья.

2. Установлено, что применение суспензии мела, модифицированного НПAB, позволяет активизировать роспуск с параллельным облагораживанием макулатурной массы, что приводит к ее очистке и повышению физико-механических показателей качества бумаги для офсетной печати.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Единые методы анализа и оценки моющих средств [Текст]. – Л.: ВНИИЖ, 1958, – 112 с.
2. Лурье, Ю.Ю. Унифицированные методы анализа вод [Текст] / Ю.Ю. Лурье. – М.: Химия, 1971. – 375 с.
3. Хорьков, В.Г. Облагораживание макулатурной массы в процессе роспуска вторичного сырья [Текст] / В.Г. Хорьков, А.А. Комиссаренков // ЦБик. – 2006. – № 9. – С. 44–48.
4. Щербаков, Л.И. Применение ПАВ для улучшения свойств распущенной целлюлозы [Текст] / Л.И. Щербаков, В.А. Горбушин // Сб. тр. ЦНИИбумаги. – М., 1977. – № 13. – С. 123–128.

Поступила 21.04.09

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

Modification of Chalk by Nonionic Surfactant to be Used as Additive for Wastepaper Recovery under Disintegration

The functional dependence of chalk modification degree by nonionic surfactants on the wastepaper cleaning from microinclusions is established.

Keywords: nonionic surfactants, wastepaper, chalk, disintegration, sorption.

Показатели качества бумаги для офсетной печати массой 1 м² 55 г с применением суспензии мела, модифицированного НПАВ, при роспуске макулатуры МС-1А и МС-7Б (1:1)

Показатель	Значение показателя для образцов											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Расход, кг/т:												
мел	–	10	10	10	10	10	10	–	5	15	20	30
НПАВ	–	–	0,1	0,5	1,0	1,5	2,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Разрушающее усилие, Н	22	21	26	23	24	23	25	28	28	25	26	25
Относительное удлинение, %	0,7	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,8	0,9	0,8	0,8	0,7
Разрывная длина, км	2,9	2,8	3,1	3,0	3,1	3,1	3,0	3,2	3,2	3,0	2,9	2,8
Стойкость поверхности к выщипыванию по Денисону	5	5	7	6	6	5	5	6	6	5	5	4
Белизна, %	92	93	96	102	100	100	102	98	100	100	95	94
Гладкость по верхней стороне, с	110	108	108	100	110	109	110	100	105	108	108	107
Непрозрачность, %	88	91	93	91	92	92	93	88	94	92	95	95
Сорность <i>Ср*</i> , шт.	290	285	258	193	170	155	114	188	186	180	179	175
Зольность, %	10,9	11,8	12,3	12,2	12,8	12,8	12,1	12,2	12,1	12,7	13,0	13,5

*Число соринок площадью от 0,1 до 0,5 мм² на 1 м² поверхности образца.

УДК 676

А.И. Безлаковский¹, В.К. Дубовый²¹ОАО «Новгородский завод стекловолокна»²С.-Петербургская государственная лесотехническая академия

Безлаковский Антон Игоревич родился в 1974 г., окончил в 1997 г. Новгородский государственный университет, генеральный директор ОАО «Новгородский завод стекловолокна». Имеет 5 печатных трудов в области химии и исследования минеральных волокон.
Тел.: 89217304943



Дубовый Владимир Климентьевич родился в 1967 г., окончил в 1991 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат технических наук, доцент кафедры целлюлозно-бумажного производства С.-Петербургской государственной лесотехнической академии. Имеет более 40 печатных работ в области технологии бумаги и картона.
Тел.: 89219993656



СВЯЗЕОБРАЗОВАНИЕ В МИНЕРАЛЬНО-ВОЛОКНИСТЫХ КОМПОЗИТАХ ПОВЫШЕННОЙ ПРОЧНОСТИ

Исследовано связеобразование в композитах на основе минеральных волокон методом инфракрасной спектроскопии; предложена гипотеза формирования структуры композитов при участии хлопковых волокон с добавкой соединений алюминия.

Ключевые слова: композиты, ИК-спектроскопия, минеральные волокна, хлопковые волокна, водородная связь.

В ранее проведенных исследованиях [2–4] было установлено, что межволоконные связи в бумагоподобных композитах на основе минеральных волокон с использованием в качестве связующих полигидроксокомплексов солей алюминия носят характер координационных. Эти связи возникают за счет включения поверхностных гидроксильных групп и других лигандов минеральных волокон в координационную сферу полигидроксокомплексов алюминия. Методами инфракрасной спектроскопии установлено, что значительная часть этих связей по своим энергетическим характеристикам может быть отнесена к водородным.

В случае получения минерально-волоконистых композитов повышенной прочности целесообразно использование растительных волокон различного вида. При этом термостойкость полученных материалов снижается, но в ряде случаев требуются композиты, обладающие более высокой прочностью и меньшей термостойкостью. Использование для этой цели растительных волокон целесообразно, так как этот процесс можно осуществить в рамках единого технологического цикла, создав композицию волокон и осуществив их формование на бумагоделательной машине без дополни-

тельных переделов. Существенное значение имеет экономическая составляющая, поскольку растительные волокна заведомо дешевле как минеральных, так и полимерных связующих.

Представляет интерес для целей упрочнения использовать полимерные термопластичные волокна, способные к образованию дополнительных межволоконных связей в композитах.

Использование волокнистых связующих различных видов усложняет механизм связеобразования и требует специального изучения, результаты которого должны лечь в основу технологии композитов повышенной прочности на основе минеральных волокон.

В качестве основного метода исследования была предложена инфракрасная спектроскопия с разложением спектров на гауссовы контуры и определением энергетических характеристик связеобразования.

Измерение спектров пропускания минеральных волокон, а также минеральных волокон с добавкой сульфата алюминия и хлопкового волокна, размолотого в мельнице ЦРА до 70 °ШР, производилось с помощью ИК-спектрометра Spesord в диапазоне частот 2700...3800 см⁻¹, характерных для колебательных частот гидроксильных групп, охваченных водородной связью. Анализ формы полосы поглощения гидроксильными группами использовали для оценки характерных длин водородной связи в минеральных волокнах. В основу анализа положено использованное ранее [6] соотношение длины водородной связи d с частотой поглощения ν гидроксильной группой, охваченной водородной связью. В настоящей работе этот подход используется для исследования влияния водородной связи на формирование микрокомпозитов на основе минеральных волокон и гидроксилсодержащих компонентов.

Форма гидроксильной полосы поглощения анализируется с помощью эмпирического соотношения частоты колебаний протона ν в гидроксильной группе и расстояния d (Å) до ближайшего атома кислорода:

$$\nu = A - B \exp(-d/C), \quad (1)$$

где A , B и C – численные коэффициенты, определяемые на основании анализа литературных данных [1]: $A = 3590$ см⁻¹; $B = 3,04 \cdot 10^{11}$ см⁻¹; $C = 0,13$

Å.

На рис. 1 приведены фрагменты ИК-спектров пропускания для стекловолокна в области 2800...3600 см⁻¹ с характерными полосами поглощения; стекловолокна со связующим на основе сульфата алюминия; хлопкового волокна; композита на основе стекловолокна с введением 30 % сульфата алюминия и 10 % хлопкового волокна.

Видно, что введение 30 % Al₂O₃ в стекловолокно индуцирует широкую

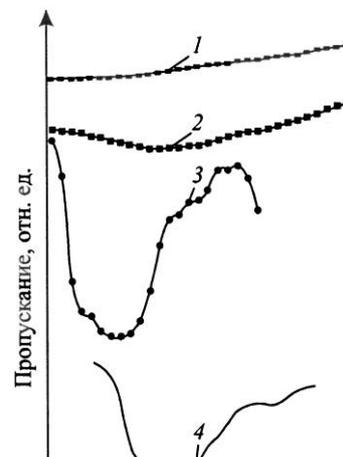
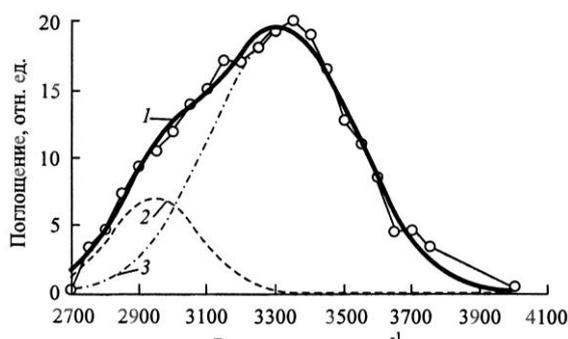


Рис. 1. Фрагменты ИК-спектров образцов в области колебательных частот гидроксид-ионов: 1 – стекловолокно; 2 – стекловолокно + 30 % Al₂(SO₄)₃; 3 – стекловолокно + 10 % хлопка + 30 % Al₂(SO₄)₃; 4 – хлопок

асимметричную полосу поглощения. В целях анализа формы полосы поглощения производили ее разложение на гауссовы контуры, пример которого для двух контуров представлен на рис. 2. Такое разложение вполне удовлетворительно описывает экспериментальную полосу поглощения для базальтового волокна. Контур с максимумом на частоте 2950 см^{-1} соответствует более сильной (меньшее расстояние до ближайшего атома кислорода $d = 2,65 \text{ \AA}$), контур с максимумом на частоте 3320 см^{-1} – более слабой ($d = 2,77 \text{ \AA}$) водородной связи. Точность разложения по площади контура составляет около 1 %. В исследованной области частот наблюдалась зависимость формы полосы поглощения от состава минеральных волокон и процентного содержания введенного Al_2O_3 , что интерпретируется как изменение силы водородной связи. Для оценки величин сил сильной и слабой водородных связей определены соотношения площадей соответствующих гауссовых контуров. Зависимость силы водородной связи от процентного содержания Al_2O_3 в минеральных волокнах иллюстрируется диаграммой (рис. 3), из которой видно, что наиболее сильная водородная связь проявляется в каолините, содержащем 80 % Al_2O_3 .

Рис. 2. Разложение полосы поглощения базальтового волокна на гауссовы контуры: 1 – полоса поглощения; 2 – гауссов контур сильной Н-связи; 3 – слабой Н-связи



Таким образом, анализ фрагментов ИК-спектров показывает, что введение полигидроксикомплексов алюминия организует межволоконное связеобразование между минеральными волокнами, которое можно квалифицировать как водородную связь.

С использованием вышеизложенных методов измерения спектров пропускания и анализа форм полосы поглощения гидроксильными группами, в основу которого положено соотношение длины водородной связи d с частотой поглощения ν гидроксильной группой, охваченной водородной связью, исследованы образцы стекловолкна с добавкой

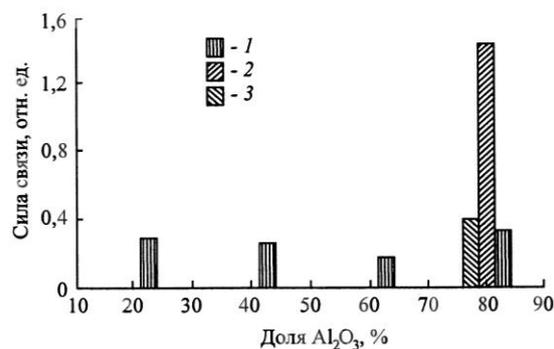


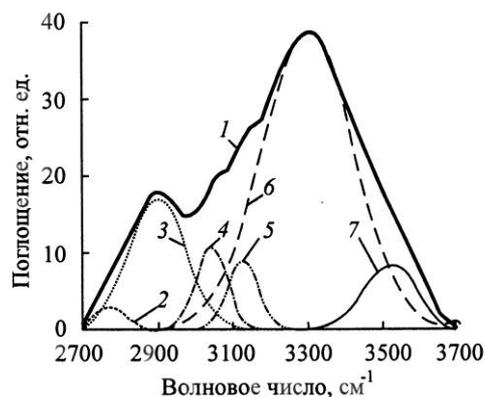
Рис. 3. Влияние количества связующих на силы водородной связи в образцах: 1 – стекловолкно, 2 – каолинит, 3 – базальт

хлопковой целлюлозы, размолотой до 70 °ШР в мельнице ЦРА в присутствии 30 % сульфата алюминия (см. рис. 1).

При анализе фрагмента ИК-спектра хлопковой целлюлозы обнаруживаются полосы поглощения, наиболее выраженные при частотах 3100 и 3280 см^{-1} и характерные для гидроксильных групп, связанных сильной водородной связью. Здесь же приведен фрагмент ИК-спектра стекловолокна с добавкой 30 % сульфата алюминия и 10 % хлопкового волокна, на котором видно смещение в высокочастотную область (3300...3500 см^{-1}), что характерно для слабых водородных связей, а также менее выраженные полосы 3100 и 3250 см^{-1} для хлопкового волокна.

Разложение на гауссовы контуры (рис. 4) подтвердило распределение связей, характерное для смеси волокон, но при этом образование новых пиков не обнаружено, что означает отсутствие какого-либо химического взаимодействия составляющих композитов.

Рис. 4. Разложение полосы поглощения (1) стекловолокна + 10 % хлопка + 30 % $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (рН 7,68) на гауссовы контуры: 2 – максимум поглощения при $\nu = 2775 \text{ см}^{-1}$ (2 %); 3 – 2990 (17 %); 4 – 3042 (6 %); 5 – 3125 (5 %); 6 – 3300 (62 %); 7 – 3525 см^{-1} (8 %)



Однако при сравнении интенсивности связеобразования в композитах со связующим на основе сульфата алюминия и размолотого хлопкового волокна замечено значительное увеличение доли сильных водородных связей за счет связей в хлопковых волокнах (пик при 2900 см^{-1} , соответствующий сильной водородной связи). Связи, образованные путем взаимодействия минеральных волокон с полигидроксикомплексами алюминия, менее энергичны, так как их длина выше. Хорошо размолотые хлопковые волокна, естественно, более сильный активатор как гомогенных (между однородными волокнами), так и гетерогенных (между хлопковыми и минеральными волокнами) связей.

Следует отметить, что в бумагоподобных композитах на основе минеральных волокон в присутствии связующих, как и в бумажных материалах на основе растительных волокон, по крайней мере, существуют следующие виды связей: обусловленные силами трения и зависящие главным образом от характера поверхности волокон и плотности структуры; межмо-

лекулярного взаимодействия, или силы Ван-дер-Ваальса; водородная связь как частный случай координационной.

Существенная разница в связях минеральных и растительных волокон заключается в следующем. В бумаге и картоне из растительных волокон силы трения и Ван-дер-Ваальса вносят незначительный вклад в прочность по сравнению с водородными. С.Н. Иванов [5] справедливо отмечает, что чем меньше прочность бумаги (например, из неразмолотых и слабо размолотых волокон), тем большая часть общей прочности возникает за счет сил трения и Ван-дер-Ваальса. В случае материалов из минеральных волокон роль сил трения и Ван-дер-Ваальса может быть еще больше и даже превышать таковую для водородной связи. Когда в структуре композита на основе минеральных волокон присутствуют растительные волокна, отмечено преобладание более прочных водородных связей, увеличивающих прочностные характеристики материала в целом.

Отсутствие химического взаимодействия и очевидная невозможность образования водородных связей непосредственно между минеральными и растительными волокнами предполагает наличие самостоятельных структур минеральных волокон, связанных полигидроксикомплексами, и растительных волокон, связанных водородными связями. Поскольку композиты производятся по традиционной технологии, т.е. из совместной волокнистой суспензии и при достаточно низких концентрациях, что обеспечивает равномерное распределение волокон в суспензии, существует высокая вероятность взаимного проникновения самостоятельных сетчатых структур, их уплотнения и образования достаточно прочного композита.

9

Выводы

1. Межволоконные связи в бумагоподобных композитах на основе минеральных волокон в присутствии хлопковых волокон интенсифицируются благодаря лучшим бумагообразующим свойствам.

2. Минеральные и растительные волокна не образуют непосредственно между собой связей физико-химического характера.

3. Упрочение композитов на основе минеральных волокон связано с образованием взаимнопроникающих сетчатых структур минеральных и растительных волокон.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берсукер, И.Б. Электронные строения и свойства координационных соединений [Текст] / И.Б. Берсукер. – Л.: Химия, 1976. – 2-е изд. – 380 с.

2. Дубовый, В.К. Изучение механизма возникновения свойств влагопрочности в бумаге из минеральных волокон [Текст] / В.К. Дубовый, Г.И. Чижов, В.В. Хованский // Лесн. журн. – 2005. – № 2. – С. 101–104. – (Изв. высш. учеб. заведений).
3. Дубовый, В.К. Связеобразование в бумагоподобных композитах на основе минеральных волокон [Текст] / В.К. Дубовый // ЖПХ. – 2005. – Т.78, вып.10. – С. 1733–1738.
4. Дубовый, В.К. Силы связи в бумаге из растительных и минеральных волокон [Текст] / В.К. Дубовый, Г.И. Чижов // Лесн. журн. – 2005. – № 4. – С.116–124. – (Изв. высш. учеб. заведений).
5. Иванов, С.Н. Технология бумаги [Текст] / С.Н. Иванов // Школа бумаги. – 2006. – С. 695.
6. Формирование композитов на основе минеральных волокон [Текст] / В.К. Дубовый [и др.] // Письма ЖТФ. – 2005. – Т. 31, В.19. – С. 67–71.

Поступила 12.07.09

A.I. Bezlakovskiy¹, V.K. Duboviy²

¹JSC «Novgorod Mill of Glass Fiber»

²Saint-Petersburg State Forest Technical Academy

Bond-formation in Mineral-fiber Composites of High Strength

The bond-formation in composites on the mineral-fiber basis is investigated by the method of infrared spectroscopy. The hypothesis of the composite structures formation based on cotton fibers with addition of aluminium compounds is offered.

Keywords: composites, infrared spectroscopy, mineral fibers, cotton fibers, hydrogen bond.

УДК 676.0

В.И. Комаров¹, Л.А. Блинова², В.А. Спиридонов³¹Архангельский государственный технический университет²ОАО «Полотняно-Заводская бумажная фабрика»³ООО УК «Объединенные бумажные фабрики»

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



Блинова Людмила Александровна родилась в 1982 г., окончила в 2004 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры технологии целлюлозно-бумажного производства АГТУ, инженер-исследователь технологического отдела ОАО «Полотняно-Заводская бумажная фабрика». Имеет 8 научных трудов в области переработки вторичного сырья из макулатуры.

Тел.: (48434) 3-38-24



Спиридонов Валентин Александрович родился в 1941 г., окончил в 1963 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Украинского научно-исследовательского института целлюлозно-бумажной промышленности, научный консультант ООО «Управляющая компания «Объединенные бумажные фабрики». Имеет более 100 научных трудов в области техники и технологии картонно-бумажной продукции с использованием макулатуры.

Тел.: (1038044) 510-81-67



ВОЗМОЖНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ СИЛЫ ТРЕНИЯ В СТРУКТУРЕ ВОЛОКНИСТЫХ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Предложен способ оценки сил трения между волокнами в структуре бумаги; определен относительный вклад сил трения в межволоконное связеобразование при размоле основных видов технической целлюлозы, используемых в качестве сырья для производства тарного картона.

Ключевые слова: когезия, силы трения, сдвиг, растяжение, модуль упругости, вододерживающая способность.

Когезионная способность – одно из фундаментальных свойств растительных волокон в структуре бумаги. Некоторые авторы [6] считают, чтобы определить когезию в плоскости листа бумаги, необходимо найти усилие сдвига. В середине прошлого века были предложены два метода определения силы сцепления волокон в бумаге [4, 5]. ГОСТ [3] предписывает проводить испытание на отрыв. Таким образом, реализованы две схемы приложения нагрузки: на сдвиг или на растяжение.

Известно, что деформация при растяжении ε пропорциональна приложенному напряжению σ :

$$\varepsilon = \sigma / E,$$

где E – коэффициент пропорциональности, носящий название модуля упругости.

При сдвиге относительная угловая деформация γ пропорциональна касательному напряжению τ :

$$\gamma = \tau / G,$$

где G – модуль сдвига.

Модуль упругости при сдвиге связан с модулем упругости при растяжении и коэффициентом Пуассона μ следующим уравнением:

$$G = E / [2 (1 + \mu)].$$

В пределах упругости $E = 3G$, т.е. прочность на растяжение в три раза больше прочности при сдвиге. Следовательно, можно предположить, что величина межволоконных сил связи при испытании на отрыв (на растяжение) [3] должна быть в три раза выше, чем при испытании на сдвиг [4].

В ходе эксперимента использовали образцы трех видов технической целлюлозы, размолотой до различной степени помола.

Испытания показали, что межволоконные силы связи при растяжении F_2 значительно ниже, чем при сдвиге F_1 . Это противоречит существующим представлениям о прочности. Однако, еще в 1926 г. Стречен выдвинул физическую теорию размола, в которой прочность листа бумаги объяснялась механическим переплетением волокон, т.е. возникающими силами трения. В работе [1] указывалось на необходимость учитывать сухое трение* при рассмотрении межволоконных связей в структуре бумаги.

Нам представляется, что при использовании в процессе испытаний двух методик [3, 4] появляется возможность количественно определить четыре типа взаимодействия между волокнами в структуре бумаги (см. таблицу): во-первых, это межволоконные силы связи F_1 [4], которые представляют собой сумму сил трения F_4 и прочности электростатических сил на сдвиг F_3 ; во-вторых, прочность межволоконных сил связи на растяжение F_2 [3], которая является суммой водородных связей и сил Ван-дер-Ваальса; в-третьих, прочность электростатических сил связи на сдвиг F_3 , которая равна $\frac{1}{3} F_1$; в-четвертых, сила трения между волокнами F_4 , которая равна разности между F_1 и F_3 .

Из данных таблицы следует, что у небеленых видов технической целлюлозы при степени помола до 45 °ШР и приложении к образцу сдвиговых напряжений относительный вклад сил трения в межволоконные связи

* Сухим трением принято называть силы трения, которые не обращаются в нуль, когда относительная скорость между твердыми телами равна нулю.

Характеристики структуры бумаги

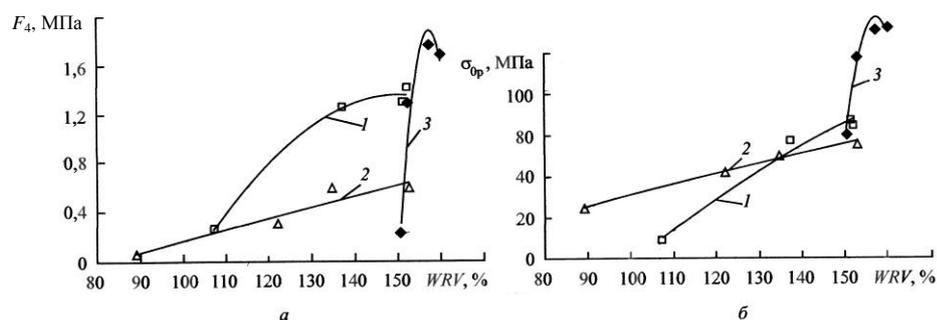
Целлюлоза	Степень помола, °ШР	Межволоконные силы связи*, МПа				Относительный вклад при испытании на сдвиг, %		Прочность волокна		Водоудерживающая способность WRV, %
		F_1	F_2	F_3	F_4	F_1	F_4	L_0^{**} , м	σ_{0p}^{***} , МПа	
Сульфатная ЦВВ	14	0,24	0,02	0,007	0,233	2,9	97,1	4 918	59,7	150,6
	24	1,35	0,17	0,063	1,287	4,7	95,3	9 434	97,6	152,7
	34	1,74	0,19	0,063	1,677	3,6	96,4	10 370	112,4	160,1
	45	1,83	0,22	0,073	1,757	4,0	96,0	10 959	110,8	157,3
Нейтрально-сульфитная полуцеллюлоза НСПЦ	14	0,26	0,02	0,007	0,253	2,7	97,3	838	8,27	107,3
	25	1,31	0,19	0,063	1,247	4,8	95,2	5 322	57,2	137,3
	34	1,47	0,18	0,060	1,410	4,1	95,9	5 932	64,3	152,1
Сульфатная беленая лиственная целлюлоза	14	0,07	0,04	0,013	0,057	18,6	81,4	2 238	24,6	89,2
	21	0,37	0,21	0,070	0,300	18,9	81,1	4 038	41,7	121,9
	33	0,66	0,23	0,077	0,583	11,7	88,3	4 604	49,8	134,8
	48	0,67	0,24	0,080	0,590	11,9	88,1	5 504	55,8	152,7

* F_1 – межволоконные силы связи по Иванову; F_2 – межволоконные силы связи при растяжении; F_3 – расчетная величина электростатических сил на сдвиг; F_4 – силы трения между волокнами.

** L_0 – нулевая разрывная длина.

*** σ_{0p} – нулевое разрушающее напряжение.

составляет 95...97 %, у образцов беленой целлюлозы – 81...88 %, причем при степени помола выше 30 °ШР разница достигает 7 %, в то время как у образцов небеленой целлюлозы она незначительна: около 1...2 %.



Влияние водоудерживающей способности WRV на силы трения между волокнами (а) и нулевое разрушающее напряжение (б) сульфатной ЦВВ (1, 1'); НСПЦ (2, 2'); сульфатной беленой лиственной целлюлозы (3, 3');
 $1 - R^2 = 0,9678$; $1' - 0,9430$; $2 - 0,9920$; $2' - 0,9759$; $3 - 0,9118$; $3' - 0,9911$

Влияние водоудерживающей способности на силы трения между волокнами и нулевое разрушающее напряжение показано на рисунке. В процессе размола полуфабрикатов с различным содержанием лигнина (соответственно с разной способностью к набуханию) относительный вклад сил трения в межволоконные связи различен. Так, при изменении водоудержания сульфатной ЦВВ на 4 % силы трения изменяются на 87 %, для сульфатной беленой лиственной целлюлозы эти цифры составляют соответственно 42 и 90 %, для НСПЦ – 29 и 80 % при одинаковом изменении степени помола.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бабурин, С.В.* Реологические основы процессов целлюлозно-бумажного производства [Текст] / С.В. Бабурин, А.И. Киприанов. – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 192 с.
2. *Беркман, Е.М.* Словарь целлюлозно-бумажного производства [Текст] / Е.М. Беркман, С.М. Вишневецкий, Л.О. Иоффе. – М.: Лесн. пром-сть, 1969. – 299 с.
3. ГОСТ 13648.6 Бумага и картон. Методы определения сопротивления расслаиванию [Текст]. – Введ. 01.01.1988. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 7 с.
4. *Иванов, С.Н.* Силы сцепления волокон в бумаге [Текст] / С.Н. Иванов // Бум. пром-сть. – 1947. – № 3. – С. 8–17.
5. *Кларк, Дж.* Природа гидратации и связи волокон [Текст] / Дж. Кларк // TAPPI, Tech. Assn. Papers. – 1943. – 26. – Р. 462.
6. *Кларк, Дж.* Технология целлюлозы [Текст] / Дж. Кларк. – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 456 с.
7. *Комаров, В.И.* Связь критической длины волокна в структуре и анизотропии свойств крафт-лайнера [Текст] / В.И. Комаров, В.И. Белоглазов // Лесн. журн. – 2005. – № 6. – С. 133–135. – (Изв. высш. учеб. заведений).
8. *Фляте, Д.М.* Свойства бумаги [Текст] / Д.М. Фляте. – М.: Лесн. пром-сть, 1976. – 648 с.
9. *Хайкин, С.Э.* Физические основы механики [Текст] / С.Э. Хайкин. – М.: Наука, 1971. – 751 с.

Поступила 16.07.09

V.I. Komarov¹, L.A. Blinova², V.A. Spiridonov³

¹ Arkhangelsk State Technical University

² Polotnyanyi Zovod Paper Factory

³ «Consolidated Paper Mills» Management Company

Possibility of Determining Magnitude of Friction Force in Structure of Fiber Pulp-and-Paper Materials

The estimation method of friction forces between fibers in the paper structure is offered. The relative contribution of friction forces into the interfibrillar bond-formation in milling of the main pulp types used as raw material for production of container board is determined.

Keywords: cohesion, friction forces, shift, tension, coefficient of elasticity, water retaining capacity.

УДК 676.026.212

П.В. Кауров, Н.Н. Кокушин

С.-Петербургский государственный технологический университет растительных полимеров

Кауров Павел Викторович родился в 1979 г., окончил в 2004 г. С.-Петербургский государственный технологический университет растительных полимеров, ассистент кафедр сопротивления материалов и теоретической механики и теории механизмов и машин СПбГТУРП. Имеет около 10 печатных работ в области оборудования целлюлозно-бумажного производства.
Тел.: (8812) 186-57-44



Кокушин Николай Николаевич родился в 1940 г., окончил в 1966 г. Ленинградский политехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры теоретической механики и теории механизмов и машин С.-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров. Имеет около 100 печатных работ в области оборудования целлюлозно-бумажного производства.
Тел.: (8812) 186-57-44



СОПОСТАВЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПРИ ОБЕЗВОЖИВАНИИ БУМАЖНОЙ МАССЫ НА ГИДРОПЛАНКАХ

По результатам экспериментально-теоретических исследований обезвоживания бумажной массы на гидропланках разработана методика расчета с инженерным запасом.

Ключевые слова: гидропланка, обезвоживание бумажной массы, коэффициент фильтрации, методика расчета.

При разработке технической документации на бумаго- и картоноделательные машины и их модернизации полезно осуществлять проверку обезвоживающей способности сеточных столов с гидропланками расчетным путем, в том числе в целях выбора наиболее приемлемого варианта компоновки и параметров технологического режима для более детальной экспериментальной проверки.

В [1] приведена математическая модель отлива бумажной массы на гидропланках, показавшая хорошую сходимость по вакууму в клине гидропланки с данными экспериментальных исследований на полупромышленной установке ЦНИИБуммаш [3].

При создании методики расчета обезвоживания бумажной массы на гидропланках необходимо также сопоставить расчетные результаты с экспериментальными данными по возрастанию сухости бумажной массы на сеточных столах промышленных бумагоделательных машин с гидропланками.

При проведении расчета обезвоживающей способности сеточных столов с гидропланками используют коэффициент фильтрации бумажной массы.



Определению коэффициентов фильтрации в лабораторных условиях посвящен ряд работ [4, 5]. Сведения об определении фактических коэффициентов фильтрации бумажной массы при обезвоживании на гидропланках, установленных на сеточных столах промышленных бумагоделательных машин, в литературе отсутствуют.

В связи с этим нами разработана программа, с помощью которой можно определить значения динамических коэффициентов фильтрации на сеточных столах промышленных машин. Программа реализует численное решение математической модели обезвоживания бумажной массы на гидропланках с учетом прогиба сетки при отсутствии налегания сетки на планку, т.е. для достаточно жестких сеток. Критерием нахождения динамического коэффициента фильтрации является совпадение расчетного и экспериментального значений сухости бумажной массы в конце участка формирования на промышленном сеточном столе с гидропланками.

На рис. 1 в качестве примера представлены в безразмерном виде результаты проведенных расчетов и экспериментальные данные по росту сухости бумажной массы на участке формирования сеточного стола с гидропланками [6].

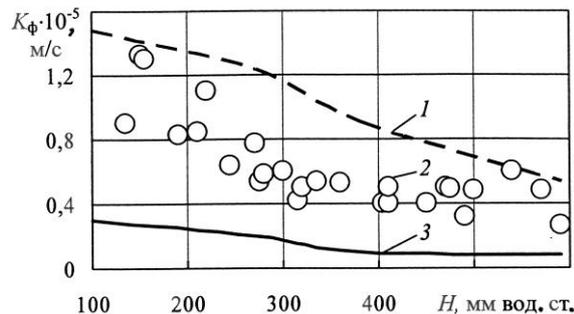
Использование динамического коэффициента фильтрации позволяет проводить расчеты обезвоживания бумажной массы на гидропланках, установленных на других бумагоделательных машинах, имеющих похожие композиции бумажной массы и близкие конструкции и режимы работы сеточных частей.

Методика расчета обезвоживания бумажной массы на гидропланках, основанная на использовании динамического коэффициента фильтрации, имеет следующие недостатки.

1. Как указывалось ранее, динамическое значение коэффициента фильтрации для современных видов применяемых бумажных масс неизвестно, а использование их аналогичных значений при расчетах сеточных частей может вызвать расхождения между расчетными и экспериментальными результатами.

2. Численное значение динамического коэффициента фильтрации может быть определено только с использованием данных непосредственного обезвоживания бумажной массы на действующем сеточном столе, что затрудняет проведение расчетов и увеличивает объем экспериментальных исследований.

Рис. 2. Изменение коэффициента фильтрации K_f в зависимости от приложенного напора H для газетной бумаги: 1 – с минимальной аэрацией, 2 – по обычной методике; 3 – с максимальной аэрацией



3. Динамический коэффициент фильтрации, найденный экспериментально, будет полностью справедлив лишь для тех условий обезвоживания бумажной массы на сеточном столе, при которых он был определен. К основным условиям, способным оказать влияние на его изменение, относятся: характеристики используемой бумажной массы (композиция, градус помолы, концентрация, температура и степень аэрации); скорость, натяжение и тип формирующей сетки; наличие или отсутствие размыва ранее осевшего слоя волокон бумажной массы на обезвоживающих элементах сеточного стола.

4. Изменение динамического коэффициента фильтрации в зависимости от режимов работы сеточного стола изучено недостаточно для надежного проведения многовариантных расчетов обезвоживания бумажной массы.

Поэтому коэффициент фильтрации бумажных масс был экспериментально определен в лабораторных условиях. опыты проводили на приборе типа ЛПИ по обычной и модифицированной методикам для учета влияния трехфазности бумажной массы [2, 4]. Пример получаемой зависимости изменения коэффициента фильтрации от напора для газетной бумаги представлен на рис. 2.

Для более надежной оценки обезвоживающей способности участка формирования вводится понятие об инженерном запасе по обезвоживанию, для чего в расчете используется предположение об отсутствии размыва на всем участке сеточного стола с гидропланками и заниженный лабораторный коэффициент фильтрации, соответствующий максимальной аэрации бумажной массы на приборе ЛПИ при максимальном напоре. Тем самым, определенное расчетом значение сухости будет меньше, чем ее действительное значение, что и дает запас по обезвоживанию.

Максимальное значение инженерного запаса при указанных допущениях для сухости бумажной массы в конце участков формирования на промышленных сеточных частях с гидропланками не превышает 24 %.

Таким образом, если по данным расчета для самого неблагоприятного режима обезвоживания бумажной массы (при максимальном влиянии аэрации и отсутствии размыва) сеточный стол покажет достаточную обезвоживающую способность, то в реальных условиях работы его обезвоживающая способность тем более будет достаточна ввиду использования при расчетах инженерного запаса по обезвоживанию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кауров, П.В. Экспериментально-теоретическое исследование распределения вакуума в клине гидропланки [Текст] / П.В. Кауров, Н.Н. Кокушин // Машины и аппараты целлюлозно-бумажного производства: межвуз. сб. науч. тр. – СПб.: СПбГТУРП, 2008. – С. 25 – 28.
2. Кокушин, Н.Н. Об удержании газовой фазы на сетке бумагоделательной машины [Текст] / Н.Н. Кокушин, Ю.М. Поздняков // Машины и аппараты целлюлозно-бумажного производства: межвуз. сб. науч. тр. – СПб.: СПбГТУРП, 1999. – С. 65 – 68.
3. Кокушин, Н.Н. Обезвоживание бумажной массы на гидропланках [Текст] / Н.Н. Кокушин, М.Т. Виктор // Машины, конструирование, расчеты и оборудование ЦБП: межвуз. сб. науч. тр. – Л.: ЛТА, 1978. – С. 57 – 62.
4. Кокушин, Н.Н. Теория и расчет процессов отлива бумажного полотна [Текст]: автореф. дисс. ... докт. техн. наук / Н.Н. Кокушин – Л., 1987. – 32 с.
5. Кугушев, И.Д. Теория процессов отлива и обезвоживания бумажной массы [Текст] / И.Д. Кугушев – М.: Лесн. пром-сть, 1967. – 264 с.
6. Экспериментальное определение возрастания сухости бумажной массы на сеточных частях бумагоделательных машин с гидропланками [Текст] / П.В. Кауров [и др.] // Машины и аппараты целлюлозно-бумажного производства: межвуз. сб. науч. тр. – СПб.: СПбГТУРП, 2008. – С. 29 – 30.

Поступила 27.03.08

P.V. Kaurov, N.N. Kokushin

Saint-Petersburg State Technological University of Plant Polymers

Comparison of Calculation and Experimental Data at Paper Stock Dewatering by Hydrofoils

The calculation procedure with engineering reserve is developed based on the results of experimental and theoretical research of stock dewatering by hydrofoils.

Keywords: hydrofoil, paper stock dewatering, filtration coefficient, calculation procedure.



КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 630*812

Д.Е. Чалых, А.В. Оводов, Е.Д. Гельфанд

Архангельский государственный технический университет

Чалых Денис Евгеньевич родился в 1984 г., окончил в 2006 г. Поморский государственный университет, аспирант кафедры древесиноведения и тепловой обработки древесины Архангельского государственного технического университета. Имеет 3 печатные работы по изучению связи анатомического строения и физико-механических свойств древесины.

E-mail: les@agtu.ru

Оводов Александр Владимирович родился в 1985 г., в окончил 2007 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры древесиноведения и тепловой обработки древесины АГТУ. Имеет 2 печатные работы по изучению связи анатомического строения и физико-механических свойств древесины.

E-mail: les@agtu.ru

Гельфанд Ефим Дмитриевич родился в 1936 г., окончил в 1959 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры биотехнологии Архангельского государственного технического университета. Имеет около 340 печатных трудов в области химической технологии древесины и биотехнологии, по разработке биологически активных средств и удобрений для лесного и сельского хозяйства.

E-mail: biotech@agtu.ru

**О ЦИКЛИЧНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ
ГОДИЧНОГО СЛОЯ ДРЕВЕСИНЫ КУЛЬТУР СОСНЫ**

Изучены возрастные изменения качественных характеристик древесины культур сосны в черничном типе условий местопрорастания.

Ключевые слова: цикличность, радиальный прирост, поздняя древесина.

Древесина хвойных пород, имеющая высокий класс товарности, пользуется повышенным спросом у потребителя. В настоящее время объемы лесозаготовок снижаются, в связи с чем возрастает значимость лесных культур, которые со временем могут стать продуктивными древостоями. Исследования, обусловленные необходимостью определения качества древесины в разновозрастных насаждениях и выявления взаимосвязей между особенностями анатомического строения, биометрическими показателями и физико-механическими свойствами, выполнялись в основном для лиственных пород. В частности, изучалась цикличность прироста древесины дуба черешчатого [1]. Сезонная динамика радиального прироста стволов и ветвей у всех основных древесных пород широколиственного леса двухэтапна. За периодом ускоренного весеннего утолщения стволов, заканчивающимся в июне, следует второй этап роста, продолжающийся обычно до конца июля, а у дуба черешчатого до второй половины августа.

Прирост древесины складывается из двух несинхронизированных процессов: образования первичных клеточных оболочек и их утолщения [2, 5]. Вторичное утолщение клеточных стенок происходит без видимого внешнего увеличения их диаметра и ширины годичного кольца.

Целью нашей работы является определение цикличности формирования годичного слоя древесины в культурах сосны. Исследования проводились с 2008 г. в южной подзоне тайги, на территории Бабаевского лесхоза Вологодской области, в культурах сосны 20–40-летнего возраста, созданных посевом семян. Обследовано шесть пробных площадей сосняка черничного. Для определения показателей макроструктуры и физических свойств древесины брали керны с помощью возрастного бурава у 20...25 средних для насаждения деревьев. В соответствии с ГОСТ 16483.6–80 [3] и рекомендациями Б.Н. Уголева [4] выпиливали кряжи длиной 300 мм, из которых изготовляли малые чистые образцы длиной 30 мм с основанием 20×20 мм. Экспериментальные данные обрабатывали с помощью компьютерных программ.

Результаты исследований свидетельствуют о цикличности формирования поздней древесины сосны (см. таблицу).

Возрастные изменения основных показателей строения и прочности древесины сосны

Показатели	Возраст дерева, лет		
	10...20	20...30	30...40
Ширина годичного слоя, мм	2,13±0,11	2,00±0,07	1,72±0,07
Число годичных слоев в 1 см, шт.	4,73±0,13	5,16±0,13	6,00±0,15
Процент поздней древесины	24,10±1,08	20,79±0,53	29,84±1,15
Плотность при влажности 12 %, г/см ³	0,470±0,010	0,490±0,010	0,495±0,010
Предел прочности при сжатии вдоль волокон, МПа	42,90±0,10	44,70±1,20	45,20±2,05

В рассмотренном возрастном диапазоне изменение содержания поздней древесины сосны имеет неоднозначный хронологический характер, в 30-летнем возрасте установлено его уменьшение. Полученные данные позволяют предположить цикличность формирования у сосны поздней древесины годичного слоя в несколько лет. Вероятно, в период от 20 до 30 лет произошло утолщение клеточных стенок поздних трахеид при уменьшении их внутреннего диаметра. Данный вывод подтверждается увеличением плотности и прочности древесины в 30-летнем возрасте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автотрофное дыхание лесостепных дубрав [Текст] / М.Г. Романовский, Ю.А. Гопиус, В.В. Мамаев, Р.В. Щекалев. – Архангельск, 2008. – 92 с.
2. Ваганов, Е.А. Рост и структура годичных колец хвойных [Текст] / Е.А. Ваганов, А.В. Шашкин. – Новосибирск: Наука, 2000. – 234 с.

3. ГОСТ 16483.6–80. Древесина. Метод отбора модельных деревьев и кряжей для определения физико-механических свойств древесины насаждений [Текст]. – Взамен ГОСТ 16483.6–71; введ. 01–01–1980. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 6 с.

4. Уголев, Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения [Текст]: учеб. для лесотехн. вузов / Б.Н. Уголев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: МГУЛ, 2002. – 340 с.

5. Ширнин, В.К. Селекция на качество древесины (на примере дуба черешчатого и других пород в ЦЧО) [Текст]: автореф. дис. ... д-ра с-х. наук: 06.03.01/ В.К. Ширнин. – СПб.: СПб ЛТА, 1999. – 48 с.

D.E. Chalykh, A.V. Ovodov, E.D. Gelfand
Arkhangelsk State Technical University

On Cyclicity of Annual Ring Formation for Cultivated Pine

The age-related changes of the qualitative characteristics for the cultivated pine wood in the blueberry growth conditions are studied.

Keywords: cyclicity, radial increment, latewood.

УДК 674.093

Л.В. Алексеева¹, А.Н. Деснев²

¹Архангельский государственный технический университет

²ГУ МЧС РФ по Архангельской области

Алексеева Людмила Васильевна родилась в 1960 г., окончила в 1986 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности технологических процессов и производств Архангельского государственного технического университета. Имеет около 30 научных трудов в области лесопиления.
Тел.: (8182) 41-28-44



Деснев Александр Николаевич родился в 1973 г., окончил в 1998 г. Московский институт пожарной безопасности МВД РФ, начальник отдела ГПН Ломоносовского округа г. Архангельска ГУ МЧС РФ по Архангельской области. Область научных интересов – оценка ресурсов древесных отходов лесопиления.
Тел.: (8182) 61-11-73



К ОЦЕНКЕ РЕСУРСОВ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ ЛЕСОПИЛЕНИЯ

Составлена схема формирования отходов, образующихся в производстве сырых пиломатериалов.

Ключевые слова: технология и оборудование лесопиления, отходы производства.

Цель работы – проанализировать образование отходов в процессе производства сырых пиломатериалов.

Входным объектом для операций продольного раскроя пиловочного сырья и бруса является пиловочное сырье, подготовленное к распиловке. В процессе выполнения операций объект преобразуется в сырые необрезные и (или) обрезные пиломатериалы, кусковые отходы и опилки. Условиями выполнения операций служат нормативно-технические документы на пиломатериалы (ГОСТ 24454–80, ГОСТ 26002–83, ГОСТ 2695–83, ГОСТ 9302–83, ГОСТ 8486–86, ГОСТ 968–98), используемые схемы раскроя, которые определяются, исходя из условий организации лесопильного предприятия, спецификациями на пилопродукцию и техническими характеристиками применяемого оборудования.

Схема раскроя пиловочного сырья на пиломатериалы заданных размеров и качества определяется поставом. Исполняющими механизмами является оборудование (технологическое, внутризаводское транспортное и околостаночное), исполнителями – работники лесопильного цеха. В качестве технологического оборудования могут быть использованы лесопильные рамы, фрезернопильные, фрезерно-брусующие, одно- и многопильные ленточнопильные, круглопильные станки и линии на основе этих станков. Перемещение лесоматериалов к технологическому оборудованию и необрезных сырых пиломатериалов к операции продольного раскроя осуществляется внутризаводским транспортным оборудованием – цепными и роликowymi конвейерами. Для перемещения сырых обрезных пиломатериалов к операции формирования внутризаводских транспортных пакетов применяют роликовые поперечные и продольные конвейеры. Кусковые отходы и опилки транспортируются к

операции переработки вторичного сырья ленточными и цепными конвейерами. В качестве внутривозовского транспортного околостаночного оборудования могут использоваться лесонакопители, механизмы ориентации и подачи бревен, впередистаночное, впереди- и позадирамное оборудование, брусоперекладчики-накопители и приемные устройства.

В процессе выполнения операций продольного раскроя и формирования ширины пиломатериалов сырые необрезные пиломатериалы преобразовываются в сырые обрезные пиломатериалы, кусковые отходы и опилки. Ширина пиломатериалов формируется с помощью технологического оборудования – обрезных или фрезерно-обрезных станков. Перемещение пиломатериалов, кусковых отходов осуществляется внутривозовским транспортным оборудованием – поперечными и продольными цепными и ленточными конвейерами. Для перемещения опилок используют ленточные и цепные конвейеры. В качестве внутривозовского транспортного околостаночного оборудования применяют механизмы поштучной выдачи необрезных пиломатериалов и рейкоотделительные устройства. Исполнителями являются работники лесопильного цеха.

Операция предварительной торцовки сырых обрезных пиломатериалов выполняется, если она предусмотрена организацией лесопильного цеха, и заключается в удалении пороков древесины, дефектов формы и придании предварительной длины обрезным пиломатериалам. В результате выполнения операции сырые обрезные пиломатериалы преобразуются в предварительно отторцованные сырые пиломатериалы. Предварительную торцовку выполняют на технологическом оборудовании – торцовочных станках или устройствах. Перемещение пиломатериалов осуществляют с помощью внутривозовского транспортного оборудования – продольных конвейеров, кусковых отходов – поперечными и продольными цепными и ленточными конвейерами, опилок – ленточными и цепными конвейерами. Управляющими воздействиями являются условия организации лесопильного предприятия, технические характеристики оборудования, ГОСТы и нормативно-технические документы.

сечения заключается в определении размеров, оценке качества обрезных пиломатериалов и распределении их по сортировочным группам. Предварительно оторцованные сырые обрезные пиломатериалы после сортирования по сортировочным группам преобразуются в рассортированные сырые пиломатериалы. Управляющими воздействиями являются ГОСТ 6564–80 и нормативно-технические документы предприятия. Для сортирования пиломатериалов используют сортировочные устройства, механизированные сортировочные установки, для их перемещения к следующей операции – продольные (ленточные или роликовые) конвейеры. В качестве внутризаводского транспортного околостаночного оборудования для накопления пиломатериалов применяют накопители. Из предварительно оторцованных и рассортированных сырых обрезных пиломатериалов формируются внутризаводские транспортные пакеты сырых пиломатериалов. В качестве исполняющего механизма на операции формирования пакетов выступает внутризаводское транспортное оборудование – накопители пиломатериалов, пакетоформирующие машины, пакетоукладчики, автолесовозы, автопогрузчики. Работу выполняют работники предприятия. Операция регламентируется ГОСТ 19041–85, ГОСТ 16369–96, техническими характеристиками оборудования и условиями организации предприятия. В качестве технологического оборудования для предварительной торцовки, сортирования по сечениям и формирования сушильных пакетов сырых пиломатериалов используются сортировочные линии в сочетании с внутризаводским транспортным околостаночным оборудованием в виде накопителей пиломатериалов.

С учетом результатов анализа процесса производства сырых пиломатериалов составлена схема (см. рисунок) формирования образующихся отходов.

L.V. Alekseeva¹, A.N. Desnev²

¹) Arkhangelsk State Technical University

²) Chief Directorate of Ministry for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters of the Russian Federation in Arkhangelsk Region

To Assessment of Resources of Sawmilling Waste Wood

The diagram is built for the waste formation generated in the production of raw sawn timber.

Keywords: sawmill technology and equipment, production wastes.

УДК 619:636.087.6:615.9

**А.В. Коптина¹, А.И. Шургин¹, А.В. Канарский², З.А. Канарская²,
Е.Ю. Тарасова³, М.Я. Тремасов³**

¹Марийский государственный технический университет

²Казанский государственный технологический университет

³Федеральный центр токсикологической и радиационной безопасности животных
(г. Казань)

Коптина Анна Владимировна родилась в 1983 г., окончила в 2005 г. Казанский государственный технологический университет, аспирант кафедры лесной селекции, недревесных ресурсов и биотехнологии Марийского государственного технического университета. Имеет 10 научных работ в области биотехнологии и технологии биологически активных веществ.

E-mail: koptinaanna@mail.ru

Канарский Альберт Владимирович родился в 1946 г., окончил в 1975 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор кафедры пищевой биотехнологии Казанского государственного технологического университета. Имеет более 200 научных работ в области химической и биохимической технологии, получения и переработки целлюлозы, бумаги и картона, крахмала, адсорбентов и биологически активных веществ.

Тел.: 89053137552



Канарская Зоя Альбертовна окончила в 1997 г. Казанский государственный университет, кандидат технических наук, доцент кафедры пищевой биотехнологии Казанского государственного технологического университета. Имеет 50 научных работ в области биотехнологии, экотоксикологии.

Тел.: 89053137552



Тарасова Евгения Юрьевна родилась в 1985 г., окончила в 2007 г. Казанскую государственную академию ветеринарной медицины, аспирант отдела токсикологии лаборатории микотоксинов ФГУ ФЦТРБ-ВНИВИ. Профессиональные интересы – ветеринарная микотоксикология.

Тел.: 89053779932



Тремасов Михаил Яковлевич – доктор биологических наук, профессор, заведующий отделом токсикологии, заместитель директора по науке ФГУ «Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности животных» (ФГУ ФЦТРБ-ВНИВИ), заслуженный деятель науки Республики Татарстан. Имеет более 350 научных работ в области профилактики и лечения микотоксикозов, индикации микотоксинов в различных объектах, сочетанного и комбинированного воздействия различных токсических веществ на организм, проблем химической и радиационной безопасности.

Тел.: 89600454876



ЭФФЕКТИВНОСТЬ АДСОРБЦИИ Т-2 МИКОТОКСИНА КОРОЙ ИВЫ *SALIX ACUTIFOLIA* L.

Показано, что кора ивы *Salix acutifolia* L. и шрот, полученный после экстракции салицина, его производных и др. биологических веществ из коры, способны адсор-

бировать и выводить Т-2 микотоксин. Установлено, что эффективность адсорбции Т-2 микотоксина зависит от способа экстракции.

Ключевые слова: кора ивы, экстракция, шрот, адсорбция Т-2 микотоксина, профилактика микотоксикоза.

В последние годы интенсивно увеличивается применение лекарственных растений и экстрактов из них взамен синтетических лекарственных препаратов, которые наносят серьезный вред организму человека. Важное место среди источников природных биологически активных веществ занимают растения семейства *Salicaceae*, содержащие в коре и листьях фенольные гликозиды. В частности, кора ивы *Salix acutifolia* L. содержит салицин и его производные, флавоноиды и прочие вещества, имеющие лекарственные свойства: противовоспалительное, анальгетическое, жаропонижающее, антисептическое, антиревматическое и др. Установлено, что салицин является ингибитором тромбина, а также ингибитором роста раковых клеток *in vivo*.

После извлечения биологически активных веществ из коры остается шрот, икает проблема его использования. В состав шрота входят клетчатка, лигнин, альные вещества, а также биологически активные вещества, не перешедшие в экстракт. Ранее [1] была показана эффективность применения некрахмалистых полисахаридов однолетних растений в качестве энтеросорбентов микотоксинов, которые, поступая в организм человека и животных с пищей и кормами, вызывают отравление организма – микотоксикозы – со всеми отрицательными последствиями для здоровья человека и животных [5, 6].

В настоящей работе рассмотрены адсорбционные свойства коры ивы остролистной *Salix acutifolia* L. и шрота, полученного при выделении из коры водорастворимых веществ (салицина и его производных, танинов и др.), по отношению к Т-2 микотоксину в условиях *in vitro* и *in vivo*.

Методика эксперимента

Взятую для экспериментов кору ивы сортировали и измельчали до частиц диаметром меньше 3 мм. Измельченную и высушенную на воздухе кору ивы экстрагировали органическими растворителями (вода, ацетон, этиловый спирт) или 0,001 М раствором фосфатного буфера, нагревая в колбе с обратным холодильником в течение 30 мин при гидромодуле 1 : 50.

При ферментативном методе экстракции биологически активных веществ (салицилатов) измельченную (до частиц диаметром меньше 3 мм) воздушно-сухую кору ивы экстрагировали буферным раствором фосфорного калия с рН 5,5 в течение 20 ч при температуре $(65 \pm 5)^\circ\text{C}$ и гидромодуле 1 : 50 с одновременным добавлением ферментного комплекса (препарат LaminexTM BG (Genencor International, США), содержащий ферменты целлюлазу и β -глюканазу) в количестве 0,1 % от массы растительного сырья с последующей инактивацией ферментов при температуре $(100 \pm 5)^\circ\text{C}$ в течение 10 мин.

Экстракты биологически активных веществ отделяли от шрота коры фильтрованием, шрот сушили при температуре 80°C до влажности 3 %. Кору ивы и шрот разделяли на волокнистую и неволокнистую фракции и использовали для определения эффективности адсорбции Т-2 микотоксина, которую оценивали методом, предложенным В.С. Крюковым и др., с учетом особенности индикации Т-2 микотоксина [4]. В качестве адсорбента применяли кору и шрот, образовавшийся

после экстракции салицина и его производных. Адсорбцию проводили при pH 7 и 2, моделируя условия адсорбции микотоксинов соответственно в ротовой полости и желудке животных. Вероятность десорбции микотоксинов в кишечном тракте животных моделировали десорбцией при pH 8, следующей после адсорбции Т-2 микотоксинов адсорбентами при pH 2. Температура опытов (37 ± 1) °С.

Обсуждение результатов

Анализируя результаты экспериментов, представленные в таблице, следует отметить, что адсорбционные свойства коры ивы и ее компонентов, а также компонентов шрота по отношению к Т-2 микотоксину при pH 2 (желудок) выше, чем при pH 7 (ротовая полость). Адсорбция Т-2 микотоксина корой будет происходить с момента поедания токсичного корма. Однако при pH 8 (кишечный тракт) наблюдается снижение истинной адсорбции Т-2 микотоксина за счет его десорбции. Эти закономерности были установлены нами и на адсорбентах, изготовленных из других видов сырья [2].

Адсорбционные свойства коры ивы, ее компонентов и шрота

Способ обработки коры	Компоненты коры	Эффективность адсорбции Т-2 микотоксина, %		Десорбция Т-2 микотоксина, % pH 8	Истинная адсорбция, %
		pH 7	pH 2		
Механическое измельчение	Смесь волокнистой фракции и корки*	54,4	57,2	12,7	44,5
	Волокнистая фракция	56,0	66,0	11,4	54,6
	Корка	59,0	66,1	7,9	58,2
Экстракция: а) этанолом	Волокнистая фракция	62,0	70,0	10,7	59,3
	Корка	70,0	76,0	7,9	68,1
б) с использованием ферментов	Волокнистая фракция	66,0	80,0	7,5	72,5
	Корка	56,0	70,0	7,1	62,9
в) водой	Волокнистая фракция	59,2	64,0	7,8	56,2
	Корка	59,2	61,6	8,1	53,5
г) 80 %-м ацетоном	Волокнистая фракция	69,0	76,0	7,9	68,1
	Корка	56,0	62,0	12,1	49,9
д) 0,01 М фосфатным буфером	Волокнистая фракция	71,2	76,0	11,8	64,2
	Корка	64,0	71,2	9,4	61,8

*Неволокнистая фракция

Адсорбционные свойства измельченной коры ивы по отношению к Т-2 микотоксину ниже адсорбционных свойств ее волокнистой фракции и корки (неволокнистая фракция). Это можно объяснить присутствием в коре, кроме клет-

чатки и лигнина, минеральных веществ, которые не обладают адсорбционными свойствами по отношению к Т-2 микотоксину. Следует заметить, что десорбция Т-2 микотоксина с корки, содержащей преимущественно лигнин, ниже десорбции с волокнистой фракции. В результате истинная адсорбция Т-2 микотоксина коркой несколько выше.

Адсорбционные свойства волокнистых фракций и корки, выделенных из шрота коры ивы, зависят от способа экстракции. Однако при всех способах обработки коры адсорбционные свойства ее компонентов по отношению к Т-2 микотоксину не снижаются, а в большинстве случаев превосходят адсорбционные свойства компонентов, выделенных из исходной коры. При этом волокнистые фракции по сравнению с коркой имеют более высокую истинную адсорбцию по отношению к Т-2 микотоксину. Видимо, применяемые в опытах для экстракции вещества в наибольшей степени активируют адсорбционные центры клетчатки. Высокая адсорбционная способность наблюдается у волокнистой фракции коры ивы, обработанной ферментами целлюлазой и β -глюканазой, которые способствуют разрушению клетчатки и увеличению количества адсорбционных центров на ее поверхности, обуславливающих взаимодействие с Т-2 микотоксином. На поверхности этой волокнистой фракции и отмечена минимальная десорбция Т-2 микотоксина.

10* Истинная адсорбция волокнистой фракции коры, обработанной этанолом и глицеролом, по сравнению с другими способами обработки несколько снижается повышенной десорбцией. Обработка коры ацетоном также снижает истинную адсорбцию корки, выделенной из этого шрота, за счет десорбции Т-2 микотоксина с ее поверхности при pH 8.

В условиях *in vivo* на белых нелинейных крысах проверена эффективность адсорбирующей способности компонентов коры ивы и шрота по отношению к Т-2 микотоксину. На основе клинических, гематологических, биохимических исследований установлена целесообразность применения этих продуктов в качестве адсорбентов для профилактики при подостром Т-2 микотоксикозе животных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрэкология [Текст] / В.А. Черников [и др.]. – М.: Колос, 2000. – 536 с.
2. Адсорбция Т-2 микотоксина некрахмалистыми полисахаридами / З.А. Канарская [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2009. – № 1. – С. 58–60.
3. Коптина, А.В. Межпопуляционная изменчивость ивы остролистной по продуктивности биомассы и содержанию фенольных компонентов [Текст] / А.В. Коптина, А.И. Шургин, А.В. Канарский // Лесн. журн. – 2008. – № 4. – С. 106–112. – (Изв. высш. учеб. заведений).
4. Крюков, В.С. Применение клиноптилолита для профилактики микотоксикозов [Текст] / В.С. Крюков, В.В. Крупин, А.Н. Котик // Ветеринария. – 1992. – № 9–12. – С. 28–29.
5. Микотоксины: прошлое, настоящее, будущее [Текст] / А.М. Зайченко [и др.] // Мікробіологічний журн. – 2003. – Т. 65. – № 1-2. – С. 141–148.
6. Спейерс, Г. О генотоксичных канцерогенах [Текст] / Г. Спейерс // Вопросы питания. – 2002. – Т. 71, № 1. – С. 11–15.

A.V. Koptina¹, A.I. Shurgin¹, A.V. Kanarsky², Z.A. Kanarskaya², E.Yu. Tarasova³,
M.Ya. Tremasov³

¹Mari State Technical University

²Kazan State University of Technology

³Federal Centre of Toxicological and Radiation Safety (Kazan)

Efficiency of T-2 Mycotoxin Adsorption by Bark of Willow *Salix Acutifolia* L.

It is shown that bark of the willow *Salix acutifolia* L. and meal produced under extraction of salicylates its derivatives and other biological substances from the willow bark are able to absorb and remove T-2 mycotoxin. It is established that the efficiency of T-2 mycotoxin adsorption is dependent on the extraction method.

Keywords: willow bark, extraction, meal, adsorption of T-2 mycotoxin, mycotoxicosis prevention.



ЮБИЛЕИ

УДК 06.091

СЛАВНЫЙ ЮБИЛЕЙ АКАДЕМИКА Н.А. МОИСЕЕВА

13 декабря 2009 г. исполнилось 80 лет со дня рождения Николая Александровича Моисеева, ведущего ученого страны в области лесной экономики, доктора сельскохозяйственных наук, профессора, заведующего кафедрой экономики и организации лесного хозяйства и лесной промышленности Московского государственного университета леса, академика Российской академии сельскохозяйственных наук и Российской академии естественных наук, заслуженного деятеля науки РФ, заслуженного лесоведа РСФСР.

Вся жизнь Николая Александровича, выпускника Бузулукского лесного техникума, а затем Ленинградской лесотехнической академии, посвящена лесной науке. Трудно оценить его вклад в изучение главных проблем развития лесного сектора России: теорию расчета лесопользования и воспроизводства лесных ресурсов при непрерывном, неистощительном пользовании лесом, являющуюся краеугольным камнем в лесоустройстве и лесной экономике; экономические основы организации многоцелевого лесопользования; экономическое обоснование оптимального возраста спелости; лесоэкономическое районирование; основы прогнозирования использования и воспроизводства лесных ресурсов; организацию и ведение лесного хозяйства на зонально-типологической основе; экономические и правовые аспекты устойчивого управления лесами России в условиях рыночных отношений; вопросы государственной лесной политики и т. д. По результатам исследований им опубликовано около 500 работ в нашей стране и за рубежом. За цикл работ «Основы прогнозирования использования и воспроизводства лесных ресурсов» ученый награжден золотой медалью Г.Ф. Морозова.

Неутомимая творческая деятельность Николая Александровича началась в 1960-х гг. в Архангельском институте леса и лесохимии АН СССР (ныне Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства), у истоков создания которого он стоял вместе с академиком И.С. Мелеховым. Здесь Н.А. Моисеев начал разрабатывать основы расчета и организации пользования лесом, принципы непрерывности лесопользования, способы определения расчетной лесосеки, возможности и пути организации непрерывно действующих сырьевых баз. Впервые на примере лесов Архангельской области он научно обосновал размер расчетной лесосеки как норматив неистощительного пользования лесом и устойчивого развития всего комплекса лесных отраслей. Установленная им расчетная лесосека области до сих пор остается без изменений. Все эти вопросы нашли отражение в первой его фундаментальной работе «Расчет и организация пользования лесом» (1963).

В течение 20 лет Николай Александрович возглавлял Всесоюзный научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства. За это время институт превратился в флагмана отечественной лесной науки, консолидировал исследования по важнейшим проблемам всех 14 НИИ СССР с их многочисленными лесными опытными станциями.

В качестве начальника управления науки, внедрения передового опыта и внешних сношений Государственного комитета СССР по лесному хозяйству Н.А. Моисеев отдал много сил организации комплексных научных исследований в стране, их координации и связям с международными организациями и учеными многих

стран. Под его руководством была разработана программа научных исследований по лесному хозяйству на 1990–2000 гг. (программа «Лес»), которая стала наставлением для планирования отраслевых научных исследований. Он руководил подпрограммой «Российский лес» Федеральной целевой научно-технической программы приоритетных исследований по разделу «Экология и рациональное природопользование».

Николай Александрович всегда находится в гуще общественно-политических событий в стране. Талантливый оратор-трибун, он отстаивает интересы лесного хозяйства и лесной науки в средствах массовой информации, больших и малых аудиториях. Как истинный ученый и патриот решительно встал на защиту фундаментальной и отраслевой лесной науки против непродуманных реформ.

Научные труды и разносторонняя деятельность принесли Николаю Александровичу международное признание. Он избран почетным членом научного лесного общества Финляндии, почетным доктором лесохозяйственных наук Дрезденского технического университета, почетным членом Итальянской лесной академии, почетным членом Международной академии наук высшей школы, иностранным членом (академиком) Шведской Королевской академии сельского и лесного хозяйства, Финской академии наук и письменности. В течение десяти лет он был членом исполкома Международного союза лесных исследовательских организаций (IUFRO). Принимал активное участие в мировых лесных конгрессах в Индонезии (1978 г.), Москве (1985 г.), Франции (1991 г.), а также с XIV (1971 г.) по XX (1995 г.) международных конгрессах IUFRO.

На протяжении всей своей деятельности Николай Александрович не прерывает связей с Севером, почти каждый год посещает Архангельск, где с большой заинтересованностью участвует в решении насущных лесных проблем. Авторитет крупного ученого и в то же время душевная простота и доброжелательность снижали ему большое уважение.

Лесные ученые Севера, работники лесного хозяйства и лесоустройства искренне поздравляют Николая Александровича с юбилеем, желают ему здоровья и дальнейшей плодотворной работы.

**Северный научно-исследовательский
институт лесного хозяйства,
Архангельский государственный
технический университет, коллеги, друзья**

*Northern Scientific-research Institute of Forestry,
Arkhangelsk State Technical University, colleagues, friends*

Glorious Jubilee of Academician N.A. Moiseev

УДК 06.091

ЮБИЛЕЙ В.А. БУГАЕВА

Исполнилось 85 лет Владимиру Агеевичу Бугаеву, доктору сельскохозяйственных наук, профессору кафедры лесной таксации и лесоустройства Воронежской государственной лесотехнической академии, заслуженному лесоводу РФ, почетному академику РАЕН.

Он родился в семье служащих 21 декабря 1924 г. в Харькове. После окончания 9 классов в 1942 г. был призван в ряды Красной Армии. Служил рядовым 33-й запасной бригады, а затем сержантом 256-й стрелковой дивизии на Волховском

фронте под Ленинградом. В боях на Сеньявинских высотах получил тяжелое ранение, после длительного лечения в госпитале был демобилизован по состоянию здоровья.

В сентябре 1943 г. 19-летний фронтовик В.А. Бугаев вновь сел за школьную парту. В июне 1944 г. окончил среднюю школу с отличным аттестатом и без вступительных экзаменов был зачислен на первый курс заочного отделения лесохозяйственного факультета Воронежского лесохозяйственного института. В августе 1945 г. он стал студентом-очником. Учебу приходилось совмещать с работой по восстановлению из руин главного корпуса института.

После окончания вуза в 1948 г. Владимир Агеевич поступил в аспирантуру при кафедре лесной таксации и лесоустройства, где его научным руководителем был талантливый ученый, профессор И.М. Науменко. Плодотворная научная работа завершилась в 1954 г. защитой кандидатской диссертации на тему «Признаки дешифрирования дубрав и особенности таксационных работ с применением материалов аэрофотосъемки». Этому способствовала и работа в комплексной экспедиции Академии наук СССР (г. Москва), где Владимир Агеевич занимал должность младшего научного сотрудника до сентября 1952 г.

Педагогическая деятельность В.А. Бугаева на кафедре лесной таксации и лесоустройства началась с 1952 г., в 1960 г. ему присвоено ученое звание доцента этой кафедры.

В 1972 г. состоялась успешная защита докторской диссертации на тему «Основы долгосрочного прогноза продуктивности леса». В августе 1974 г. после избрания по конкурсу на ученом совете Воронежского лесотехнического института В.А. Бугаев возглавил кафедру лесной таксации и лесоустройства, одновременно работая деканом лесохозяйственного факультета. С февраля 2002 г. по настоящее время он является профессором кафедры.

В.А. Бугаев – основной участник научных конференций, практических совещаний, член диссертационных советов. Его приглашали для чтения лекций в институтах лесного профиля, на производстве. В 1987 г. Владимиру Агеевичу присвоено почетное звание заслуженного лесоведа РСФСР. Он подготовил более 30 кандидатов наук, которые успешно трудятся не только в России, но и за рубежом.

Удивительная работоспособность и эрудиция ученого способствовали развитию его плодотворной научной и педагогической деятельности. Более 50 лет он посвятил прогнозированию, теории лесоустройства, опубликовал свыше 300 научных работ. Этот период был связан с выполнением важнейших государственных, хозяйственных тем, работой по грантам.

В.А. Бугаев награжден государственными и правительственными наградами: орденом Отечественной войны II степени, семью медалями, почетными знаками Министерства высшего и среднего специального образования СССР.

Владимир Агеевич уникальный человек. Его талант ученого, исследователя, педагога тесно переплетается с интеллигентностью, гуманностью, многогранностью интересов. Он прост в общении с коллегами, студентами, среди которых пользуется огромным авторитетом.

Желаем юбиляру доброго здоровья, благополучия, перспективных и благодарных учеников.

М.П. Чернышов, А.Н. Смольянов

Воронежская государственная
лесотехническая академия

M.P. Chernyshov, A.N. Smoljanov
Voronezh State Forestry Engineering Academy

Jubilee of V.A. Bugaev

**УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ,
ПОМЕЩЕННЫХ В «ЛЕСНОМ ЖУРНАЛЕ»
в 2009 г.**

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- Абрамова Л.В.** Анализ учета лесных ресурсов Архангельской области. № 2-39.
- Адамович И.Ю., Самошкин Е.Н.** Микоризы сосны обыкновенной при различных уровнях радио-активного загрязнения. № 3-41.
- Ананьев В.А., Грабовик С.И.** Рост и формирование березовых и березово-еловых древостоев после осушения и рубок. № 4-57.
- Бабич Н.А., Нечасва И.С.** Сорная растительность в лесных питомниках. № 2-15.
- Бузыкин А.И., Пшеничникова Л.С.** Реакция средневозрастных сосняков на рубки ухода. № 1-28.
- Вараксин Г.С., Поляков В.И., Люминарская М.А.** Строение и рост культур ели сибирской в Средней Сибири. № 1-14.
- Габделхаков А.К., Арсланов А.А.** Структура и продуктивность фитомассы лесных культур липы Башкирского Пред- уралья. № 6-13.
- Гаврилова О.И., Хлюстов В.К., Морозова И.В.** Закономерности формирования вейника лесного на сплошных вырубках в сосняках черничных Южной Карелии. № 1-33.
- Голядкина И.В.** Основные тенденции развития лесных сообществ в зоне влияния Нововоронежской АЭС. № 5-37.
- Гутаев А.Г., Сидоренко Г.И.** Анализ углеродного баланса Республики Карелия и роль лесного комплекса. № 4-33.
- Дюбанова Н.В.** Низовые пожары как фактор, лимитирующий распространение можжевельника обыкновенного в Национальном парке «Припышминские боры». № 2-18.
- Евдокименко М.Д.** Пирогенная дигрессия лиственничников Забайкалья и Северной Монголии. № 4-12.
- Зальвская О.С., Хрущева С.В., Бабич Н.А.** Свинец в системе почва – древесное растение в урбанизированной среде. № 1-39.
- Зарубина Л.В., Коновалов В.Н.** Особенности сезонной динамики пигментов в листьях растений сосняка кустарничково-сфагнового. № 4-24.
- Карпечко А.Ю.** Влияние разреживания на корненасыщенность почвы еловых древостоев южной Карелии. № 3-19.
- Козлов В.А., Кистерная М.В., Неронова Я.А.** Влияние лесохозяйственных мероприятий на плотность и химический состав древесины сосны обыкновенной. № 6-7.
- Корчагин О.М., Заплетин В.Ю.** Анатомическое строение листовых пластинок всходов дуба черешчатого в условиях различного затенения посевов. № 6-24.
- Корчагов С.А., Грибов С.Е.** Влияние лесных пожаров на качественные показатели древесины сосны обыкновенной. № 4-64.
- Косицын В.Н.** Динамика лесоустроительных работ и перспективы лесоустройства в России. № 3-7.
- Кругляк В.В., Карташова Н.П.** Состояние насаждений в городской среде Воронежа. № 5-40.
- Курбанов Э.А.** Моделирование бюджета углерода лесных насаждений на примере сосняков Поволжья. № 2-7.
- Мазуркин П.М., Попова А.О.** Закономерности распределения мутовок ели. № 5-16.
- Матвеев Н.М.** Особенности степных лесов крайнего юго-востока Европейской России. № 3-30.
- Мусиевский А.Л.** Рубки ухода в дубравах лесостепной зоны. № 5-7.
- Наквасина Е.Н.** Ассимиляционный аппарат как показатель адаптации сосны обыкновенной к изменению климатических условий произрастания. № 3-12.
- Наквасина Е.Н., Барабин А.И.** Рост полусибирских межгеографических гибридов сосны обыкновенной в испытательных культурах северной подзоны тайги Архангельской области. № 5-25.
- Новоселов А.С., Федяев А.Л., Петрик В.В.** Некоторые аспекты смолопродуктивности сосняков на объектах гидромелиорации в Вологодской области. № 5-44.
- Оскорбин П.А., Вайс А.А.** Динамика пространственной структуры темнохвойных древостоев Западной Сибири. № 1-21.

- Пахучая Л.М.** Лесоводственная эффективность гидромелиорации темнохвойных с участием кедра сибирского насаждений на крайнем северо-востоке европейской части России. № 4-7.
- Пестовский А.С.** Особенности роста сморчка обыкновенного на объектах лесосоошения и рубок. № 2-34.
- Роженцова Н.И.** Проверка достоверности прогнозов таксационных характеристик древостоев при проведении рубок промежуточного пользования. № 4-19.
- Романовский М.Г., Тарханов С.Н., Щекалев Р.В.** Подходы к описанию биоразнообразия равнинных лесов Европейской России. № 4-47.
- Румянцев Д.Е., Мельник П.Г.** Влияние экологических факторов на формирование технических свойств древесины ели в условиях Тверской области. № 2-28.
- Рябчук В.П., Юскевич Т.В.** Микроскопическое строение древесины подсаживаемых интродуцентов. № 1-7.
- Свиридов Л.Т., Гомзяков Н.Д., Новиков А.И., Томилин А.Н.** О новом перспективном технологическом комплексе машин и оборудования для обработки лесных семян. № 5-31.
- Сенькина С.Н.** Транспирация и устьичное сопротивление сосны обыкновенной в разных условиях произрастания. № 6-45.
- Сергеев Р.В., Шургин А.И.** Размножение *in vitro* генотипов ивы с повышенным содержанием биологически активных веществ для плантационного выращивания на салицин. № 6-40.
- Славский В.А., Николаев Е.А.** Сравнительная характеристика орехов рода *Juglans* в Центральном Черноземье и перспективы введения их в культуру. № 6-29.
- Торбик Д.Н., Феклистов П.А., Кононов О.Д.** Естественное возобновление в ельниках черничных, пройденных рубками обновления. № 6-34.
- Туунен А.В., Громцев А.Н.** Оптимизация использования зеленых зон в условиях таежной зоны на ландшафтной основе. № 3-47.
- Устинов М.М., Устинов М.В.** Товарная структура выбираемой при рубках ухода части древостоев ели в Брянской области. № 2-23.
- Цай Ю.Т., Груманс В.М.** Оценка энергозатрат рабочих при тушении лесных пожаров. № 3-25.
- Царев А.П., Царев В.А.** Экономическая эффективность полезащитных полос из тополей. № 5-51.
- Чибисов Г.А., Гуцин В.А.** Лесоводственно-экономическая оценка промежуточного лесопользования на Европейском Севере. № 4-70.
- Чмелев В.В.** О новой технологии и комбинированном орудии для создания культур хвойных пород семенным путем. № 6-20.
- Чураков Б.П., Кондрашкин А.И.** Зараженность древостоев сосны сосновой губкой в различных типах леса и ее влияние на выход деловой древесины. № 3-37.
- Шелуха В.П., Сидоров В.А.** Диагностика и распространение бактериоза березы в Брянской области. № 6-53.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

- Анкудинов Д.Т., Раевская Л.Т.** Исследование влияния конструктивных параметров на напряженно-деформированное состояние пневмомотора. № 1-55.
- Бавбель Е.И., Лыщик П.А.** Обоснование размещения лесотранспортных сетей. № 4-82.
- Борисов Г.А., Кукин В.Д.** Об оптимизации параметров лесотранспортных сетей в современных условиях. № 1-60.
- Грязин В.А.** Энергоемкость как фактор производительности валочно-трелевочных машин. № 2-54.
- Грязин В.А.** Влияние природных условий на энергоемкость трелевки древесины тракторами с чокерным оборудованием. № 3-68.
- Донцов И.Е.** Повышение курсовой устойчивости комбинированных машинно-тракторных агрегатов на лесовосстановлении. № 5-73.
- Занкин А.Н.** Моделирование режимов работы лесосечных машин. № 1-71.
- Заложных В.М., Бычков В.П.** Предельные грузообороты грунтовых и зимних лесовозных дорог. № 1-66.
- Коновалов А.П., Селиверстов А.А.** Сравнение технологических процессов лесосечных работ по комплексному критерию эффективности. № 5-63.
- Кочнев А.М.** Математическая модель циркуляции мощности в трансмиссии колесного трелевочного трактора. № 6-80.

- Миляев А.С.** Прочностные расчеты конструкций лесовозных дорог с нежесткими покрытиями при движении гусеничных машин. № 3-60.
- Морозов В.С., Фомин Е.Г.** Исследование реологических свойств мерзлого торфа. № 6-72.
- Морозов С.И., Попов А.А.** Методы определения параметров материалов при соударении двух тел. № 2-59.
- Мясищев Д.Г., Прокопьев А.Ф.** Обоснование параметров и выбор компонентов шасси мини-форвардера для рубок ухода в молодняках. № 3-53.
- Павлов А.Ф., Павлов Ф.А.** Лесовозные усы с глубоким дренированием земляного полотна. № 3-73.
- Перфильев П.Н., Барабанов В.А., Митрофанов А.А.** Методика расчета параметров линеек из плоских сплottedных единиц для условий лесосплава на криволинейных участках рек. № 6-67.
- Перфильев П.Н., Митрофанов А.А.** Исследования гидродинамических характеристик линеек из плоских сплottedных единиц. № 1-44.
- Посметьев В.И., Алимова О.С.** Оценка эффективности отделения хвои традиционными и перспективными способами. № 5-68.
- Потехин Б.А.** Совершенствование узлов трения в машинах и механизмах предприятий лесного комплекса. № 1-51.
- Соколов А.П., Герасимов Ю.Ю.** Геоинформационная система для решения оптимизационной задачи транспортной логистики круглых лесоматериалов. № 3-78.
- Тарасов Е.А.** Исследование эффективности рекуперативных элементов ходовой части трактора с помощью имитационной динамической модели. № 2-62.
- Харитонов В.Я.** Инерционные характеристики плотов, останавливаемых якорями. № 2-47.
- Шиловский В.Н., Гольштейн Г.Ю.** Об исследовании параметрического отказа гидросистемы манипулятора бесчорер-ного трактора. № 4-89.
- Ширнин Ю.А., Чернякевич В.И.** Напряжения и деформации грунтового основания железобетонных плит лесовозных дорог. № 2-41.
- Ширнин Ю.А., Чернякевич В.И.** Исследование напряжений дорожных плит поляризационно-оптическим методом. № 6-60.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

- Агеев С.П.** Классификация и свойства энергетических характеристик лесопильных рам. № 4-100.
- Агеев С.П.** Энергетическая характеристика механизма резания лесопильной рамы. № 1-95.
- Агеев С.П.** Энергетическая характеристика электропривода механизма резания лесопильной рамы. № 2-96.
- Алексеев А.Е., Бедердинова О.И.** Математическая модель определения производительности лесопильного потока на базе однопильного круглопильного станка. № 2-101.
- Алексеев А.Е., Бутаков С.В.** Экспериментальная оценка определения объемов древесных материалов газодинамическим способом. № 6-106.
- Алексеев А.Е., Емельянов В.П., Маркин Н.И.** Исследование параметров линейного электропривода узла резания маятникового торцовочного устройства. № 3-95.
- Алексеев А.Е., Емельянов В.П., Маркин Н.И.** Обоснование параметров узла резания маятникового торцовочного устройства с линейным приводом. № 5-94.
- Алексеева Л.В.** Коэффициент использования лесопильного потока малой мощности на базе однопильного ленточнопильного станка. № 2-92.
- Артемов А.В., Буриндин В.Г., Глухих В.В., Дедюхин В.Г.** Исследование физико-механических свойств древесных пластиков, полученных методом экструзии. № 6-101.
- Баланцев Г.А., Баланцева Н.Б.** Развитие методов расчета процессов влагопередачи при сушке древесины. № 5-87.
- Бунаков П.Ю., Стариков А.В., Харин В.Н., Гусев С.Я., Старикова А.А.** Перспективная САПР сложной корпусной мебели: концептуальные основы, парадигма проектирования, особенности реализации. № 1-100.
- Бунаков П.Ю.** Теория технологического сопутствия как основа интеграции конструкторской, технологической и экономической информации в комплексной САПР корпусной мебели. № 6-94.
- Дунаев В.Ф., Дунаева В.В.** Влияние сучков на посортный выход пилопродукции.

№ 2-79.

- Коняшкин В.И.** Теоретический анализ напряжений режущей части упрочненного инструмента. № 3-86.
- Курицын В.Н., Тюленева Е.М.** Экспериментальное уточнение реологической модели древесины. № 5-104.
- Курьянова Т.К., Платонов А.Д., Аралова О.В., Снегирева Ю.С.** Повышение водопроницающей способности древесины дуба после термохимической обработки. № 5-79.
- Мальгин В.И., Лобанов Н.В., Кремлева Л.В.** Методы оптимизации и оценки качества дереворежущих фрез при стандовом и математическом моделировании. III. Исследование влияния конструктивных параметров на динамическое качество сборных фрез при стандовом моделировании. № 1-83.
- Мальгин В.И., Перфильев П.В.** Методы оптимизации и оценка качества дереворежущих фрез при стандовом и математическом моделировании. IV. Аналитические методы оценки качества дереворежущих фрез по напряженно-деформированному состоянию. № 2-68.
- Пашков В.К., Щепочкин С.В.** О тепловом балансе процесса резания древесины круглыми пилами. № 3-101.
- Покровская Е.Н., Кононов Г.Н., Чистов И.Н., Великанова Н.В.** Химические превращения древесины при длительном контакте с грунтами. № 6-88.
- Прокофьев Г.Ф., Иванкин И.И., Ковалев Л.А.** Определение аналитическим методом точности пиления древесины круглыми пилами. № 1-78.
- Прохоров А.В., Думанский И.О.** Повышение упругих и динамических характеристик натяжных устройств ленточнопильных станков. № 5-83.
- Руденко Б.Д.** Свойства древесно-цементной композиции при использовании прямоугольной стружки. № 1-90.
- Руденко Б.Д.** Гипсополимерный композит на основе древесных частиц. № 3-91.
- Торопов А.С., Торопов С.А., Микрюкова Е.В.** Исследование пораженности древесины напеленной гнилью. № 4-95.
- Юрин Ю.М., Мальгин В.И.** К расчету напряжений при наплавке питателей целлюлозно-бумажного производства. № 2-85.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- Алашкевич Ю.Д., Пахарь Д.В., Ковалев В.И., Нестеров Е.Е.** Построение гарнитуры дисковых мельниц с криволинейной формой ножей. № 5-110.
- Безлаковский А.И., Дубовый В.К.** Связеобразование в минерально-волокнистых композитах повышенной прочности. № 6-125.
- Болотова К.С., Новожилов Е.В., Чухчин Д.Г., Соколов О.М.** Обезвоживание осадков сточных вод целлюлозно-бумажного производства методом прессования. № 2-120.
- Гиндулин И.К., Еранкин С.В., Юрьев Ю.Л., Суриков В.Т.** Катионообменные свойства древесного окисленного угля. № 3-108.
- Грачев А.Н., Сафин Р.Г., Хисматов Р.Г., Макаров А.А.** Экспериментальные исследования скорости убыли массы древесины в процессе быстрого абляциянного пиролиза. № 4-116.
- Епифанцева Н.С., Симкин Ю.Я.** Оценка качества древесины лиственниц, пораженных сибирским шелкопрядом, как сырья для углежжения. № 5-120.
- Кауров П.В., Кокушин Н.Н.** Сопоставление расчетных и экспериментальных данных при обезвоживании бумажной массы на гидропланках. № 6-135.
- Кирюшина М.Ф., Федулina Т.Г., Зарубин М.Я.** Щелочная варка древесины в присутствии соединений фосфора. № 3-112.
- Комаров В.И., Блинова Л.А., Спиридонов В.А.** Возможность определения величины силы трения в структуре волокнистых целлюлозно-бумажных материалов. № 6-131.
- Комаров В.И., Ларина Е.Ю.** Расчет жесткости при изгибе волокнистых целлюлозно-бумажных материалов с учетом пластических деформаций в сжатой зоне в плоскости листа. № 4-106.
- Комаров В.И., Носкова Е.С., Дьякова Е.В.** Использование теоретических аспектов нелинейной механики разрушения для анализа вязкоупругого поведения структуры бумаги и картона при приложении растягивающей нагрузки. № 2-104.

- Комиссаренков А.А., Пармонов Л.Л., Пругло Г.Ф.** Синтез и применение цинк-каолинита в композиции бумажной массы. № 6-114.
- Комиссаренков А.А., Хорьков В.Г.** Модифицирование мела НП АВ для использования в качестве добавки в процессе облагораживания макулатуры при роспуске. № 6-119.
- Кулешов А.В., Смолин А.С., Новожилов Е.В., Кондаков А.В.** Характеристики макулатурного волокна после ферментативного удаления крахмала. № 5-115.
- Леонтьев В.Н.** Системный подход к задаче совершенствования печатных свойств бумаг. № 3-125.
- Леонтьев В.Н.** Оценка влияния технологических параметров производства бумаги на показатели качества печати. № 4-111.
- Матонина Н.А., Чухчин Д.Г., Соколов О.М.** Практические аспекты применения электрогидравлического эффекта для обработки целлюлозы. № 1-116.
- Сиваков В.П., Музыкантова В.И., Вихарев С.Н., Мишин С.А.** Обоснование технического обслуживания оборудования целлюлозно-бумажного производства диагностированием. № 3-118.
- Троянская А.Ф., Вельямидова А.В.** Современное состояние почв по загрязнению устойчивыми хлорорганическими соединениями от применения пентахлорфенолята натрия на территории Архангельской области. № 1-108.
- Троянская А.Ф., Вельямидова А.В.** Современное состояние донных осадков бассейна реки Онеги по загрязнению хлорорганическими соединениями. № 2-111.
- Хабаров Ю.Г., Песьякова Л.А., Камакина Н.Д., Бровко О.С.** Изучение фотометрической реакции лигносульфоновых кислот с азотной кислотой. № 1-120.
- Чистова Н.Г., Алашкевич Ю.Д.** Подготовка древесного волокна в производстве древесноволокнистых плит. № 4-123.
- Чистова Н.Г., Алашкевич Ю.Д.** Оптимизация процесса размола в производстве древесноволокнистых плит. № 4-129.
- Шевелев Ю.В.** Высокая производительность поверки криостата КР-80. № 2-127.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- Большаков Н.М.** Новый подход к лесопользованию. № 4-133.
- Егоров Н.Е., Исавев А.П.** Формирование инновационно-промышленного кластера лесного комплекса Республики Саха (Якутия). № 5-128.

МЕТОДИКА И ПРАКТИКА ПРЕПОДАВАНИЯ

- Евдокимов И.В.** О преподавании истории лесного хозяйства в вузе. № 1-127.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

- Агеев С.П.** Показатели энергоиспользования лесопильных рам. № 3-131.
- Алексеева Л.В., Деснев А.Н.** К оценке ресурсов древесных отходов лесопиления. № 6-141.
- Веретнов М.Ю.** О повышении эффективности лесозаготовительного процесса при интеллектуальной поддержке разработки технологических карт. № 1-136.
- Захарова А.А.** Предварительные результаты интродукции видов рода *Abies* в Центральной России. № 2-137.
- Коптина А.В., Шургин А.И., Канарский А.В., Канарская З.А., Тарасова Е.Ю., Трмасов М.Я.** Эффективность адсорбции Т-2 микотоксина корой ивы *Salix acutifolia* L. № 6-145.
- Корчагов С.А., Грибов С.Е.** Качество древесины ели в культурах, созданных по разным технологиям. № 2-134.
- Левницкая И.В., Самошкин Е.Н.** Жизнеспособность пыльцы спиреи иволистной и японской из различных экологических условий. № 2-131.
- Любов В.К., Горюнов В.В.** Результаты исследования эффективности работы цеха по производству древесных гранул. № 5-135.
- Малыгин В.И., Стенин В.А.** Математическое моделирование теплопроводности при резании древесины. № 2-140.

Пиир А.Э., Верещагин А.Ю., Кунтыш В.Б. Методика проектирования и расчет теплопередачи в калориферах лесосушильных камер из биметаллических ребристых труб. № 1-129.

Фролов Ю.А., Штрахов С.Н. Основные показатели смолопродуктивности сосновых насаждений для расчета нормативов. № 3-129.

Чалых Д.Е., Оводов А.В., Гельфанд Е.Д. О цикличности формирования годичного слоя древесины культур сосны. № 6-139.

ИСТОРИЯ НАУКИ

Бугаев В.А., Чернышов М.П. Достойное служение лесному делу. № 4-140.

Захаренко И.А. Описание лесов Приморской области Дальнего Востока. № 3-139.

Неволин О.А. Неиссякаемый клад знаний о лесоустройстве и лесоправлении (второе издание капитальных трудов М.М. Орлова). № 1-139.

КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

Уголев Б.Н., Станко Я.Н. Сессия Координационного совета по древесиноведению. № 1-146.

ЮБИЛЕИ

Коллектив лесохозяйственного факультета С.-Петербургской государственной лесотехнической академии. Юбилей профессора А.С. Тихонова. № 1-149.

Ректорат Архангельского государственного технического университета, коллектив лесохозяйственного факультета, коллеги и ученики. Александр Иванович Барабин (к 70-летию со дня рождения). № 3-143.

Ректорат Архангельского государственного технического университета, редколлегия и редакция «Лесного журнала». Юбиляры «Лесного журнала». № 4-143.

Ректорат, коллектив факультета механической технологии древесины АГТУ, редколлегия и редакция «Лесного журнала». Юбилей Владимира Ивановича Мелехова. № 1-152.

Ректорат и коллектив АГТУ, Институт экологических проблем Севера, коллеги и ученики. К.Г. Боголицыну – 60 лет. № 3-144.

Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, Архангельский государственный технический университет, коллеги, друзья. Славный юбилей академика Н.А. Моисеева. № 6-149.

Чернышов М.П., Смольянов А.Н. Юбилей В.А. Бугаева. № 6-150.