

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

СЕВЕРНЫЙ (АРКТИЧЕСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

---

# Лесной журнал

**Научный журнал**

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

К 180-летию «Лесного журнала»

2/332

2013

ИЗДАТЕЛЬ – СЕВЕРНЫЙ (АРКТИЧЕСКИЙ)  
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА

Главный редактор – д-р техн. наук, проф. **В.И. Мелехов**

Заместители главного редактора:

д-р с.-х. наук, проф. **Н.А. Бабич**,

д-р хим. наук, проф. **К.Г. Боголицын**

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

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

д-р биол. наук, проф. **В.П. Бессчетнов**; д-р техн. наук, проф. **П.В. Билей**; д-р техн. наук, проф. **А.В. Воронин**; д-р техн. наук, проф. **Е.Д. Гельфанд**; д-р с.-х. наук, проф. **С.В. Залесов**; д-р техн. наук, проф. **А.А. Камусин**; д-р экон. наук, проф., акад. РАСХН **Н.И. Кожухов**; д-р биол. наук, проф. **И.Т. Кищенко**; д-р техн. наук, проф. **В.С. Куров**; д-р техн. наук, проф. **В.И. Малыгин**; д-р с.-х. наук, проф. **Р.Н. Матвеева**; д-р с.-х. наук, проф. **М.Д. Мерзленко**; д-р техн. наук, проф. **Д.Г. Мясищев**; д-р с.-х. наук, проф. **Е.Н. Наквасина**; д-р техн. наук, проф. **А.Н. Обливин**; д-р техн. наук, проф. **В.И. Онегин**; д-р техн. наук, проф. **Е.А. Памфилов**; д-р с.-х. наук, проф. **Е.М. Романов**; д-р с.-х. наук, проф., чл.-кор. РАСХН **М.В. Рубцов**; 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 с.-х. наук, проф. **А.М. Тараканов**; д-р техн. наук, проф. **Б.Н. Уголев**; д-р техн. наук, проф. **Ф.Х. Хакимова**; д-р с.-х. наук, проф. **В.Л. Черных**; д-р техн. наук, проф. **Ю.А. Ширнин**; проф. **Х.-Д. Энгельманн**

---

«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, информацию о научной жизни высших учебных заведений, рекламные материалы и объявления. Предназначается для научных работников, аспирантов, инженеров лесного хозяйства и лесной промышленности, преподавателей и студентов.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ  
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 2/332

Подписной индекс 70368

Редактор Л.С. Окулова

Компьютерная верстка О.В. Деревцовой, Е.Б. Красновой

Перевод С.В. Бирюковой

Графическое оформление В.А. Титовой

---

Сдан в набор 18.01.2013. Подписан в печать 14.03.2013. Заказ № 1161

Форм. бум. 70×108 1/16. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 10,067.

Уч.-изд. л. 13,776. Тираж 1000 экз. В розничную продажу не поступает.

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

---

Адрес редакции: 163002, г. Архангельск, наб. Сев. Двины, 17,

тел./факс: 8 (818-2) 28-76-18,

e-mail: forest@agtu.ru, forest@narfu.ru, <http://www.lesnoizhurnal.ru>

---

Свидетельство о регистрации средств массовой информации ПИ № ФС77-45647 от 05.07.2011.

Издательско-полиграфический центр им. В.Н. Булатова

ФГАОУ ВПО САФУ

163002, г. Архангельск, ул. Урицкого, 56



СОДЕРЖАНИЕ

<i>М.Д. Мерзленко.</i> «Лесному журналу» – 180 лет.....	7
<b>ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО</b>	
<i>Н.А. Моисеев.</i> Уроки двухвековой истории лесоуправления и учет их при определении ориентиров на будущее.....	11
<i>А.В. Жигунов.</i> Применение биотехнологий в лесном хозяйстве России.....	27
<i>А.П. Царев, Н.В. Лаур.</i> Перспективные направления селекции и репродукции лесных древесных растений.....	36
<i>В.П. Бессчетнов, Н.Н. Бессчетнова.</i> Образование и лигнификация ксилемы плюсовых деревьев сосны обыкновенной.....	45
<i>Б.В. Бабинов.</i> Становление и развитие гидромелиорации в лесном хозяйстве.....	53
<i>А.В. Волокитина, Т.М. Софронова, А.А. Белякин.</i> Восстановление напочвенного покрова после лесных низовых пожаров в Южном Прибайкалье.....	58
<i>С.В. Залесов, Е.С. Залесова, А.А. Зверев, А.С. Оплетев, А.А. Терин.</i> Формирование искусственных насаждений на золотоотвале Рефтинской ГРЭС.....	66
<i>Н.А. Бабич, С.А. Корчагов, О.А. Конюшатов, Н.Н. Стребков, И.Н. Лупанова.</i> Актуальные проблемы лесовосстановления на Европейском Севере России в рамках перехода к интенсивной модели ведения лесного хозяйства.....	74
<i>А.В. Грязькин, Н.В. Беляева.</i> Структура фенологических форм молодого поколения ели в условиях Ленинградской области.....	84
<i>Р.Н. Матвеева, О.Ф. Буторова, А.Г. Кичкильдеев, В.В. Нарзаяев.</i> Изменчивость клонового потомства плюсовых деревьев сосны кедровой сибирской на плантации юга Средней Сибири.....	93
<i>Ole Jakob Sørensen, Toralf Bjelkåsen, Sergey V. Ivantsov.</i> Examples of the Internal Stand Structures (α-Diversity in) Old Growth Forest in the Yula River Basin – Arkhangelsk Region.....	98
<b>ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ</b>	
<i>В.А. Александров.</i> Еще раз о хлыстовой технологии.....	108
<i>А.М. Кочнев, А.Н. Юшков.</i> Методология определения тягового КПД колесного трелевочного трактора.....	115
<b>МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ</b>	
<i>П.В. Билей, И.А. Соколовский.</i> Направления научных исследований в области древесиноведения, тепловой обработки и сушки древесины, проводимых в НЛТУ Украины.....	124
<i>С.Н. Рыкунин, Е.В. Кравцов.</i> Оптимизационная модель процесса поперечного раскря пиломатериалов на заготовки.....	130
<i>Е.Н. Серов, Б.В. Лабудин.</i> Клееные деревянные конструкции: состояние и проблемы развития.....	137
<i>Г.Ф. Прокофьев.</i> Интенсификация пиления древесины на лесопильных станках.....	147
<i>И.В. Григорьев, О.А. Куницкая, Г.В. Григорьев, Г.Ю. Есин.</i> Исследование кинетики центробежной пропитки древесины.....	156

*ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ*

<i>А.С. Смолин.</i> О развитии технологии бумаги и картона.....	163
<i>А.П. Карманов.</i> Исследование лигнина свилеватой древесины березы.....	172
<i>Я.В. Казаков.</i> Количественная оценка неоднородности деформирования бумаги при одноосном растяжении с постоянной скоростью.....	180

*КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ*

<i>Л.Л. Кротова.</i> О развитии технологии сушки пиломатериалов в Сибирском регионе.....	187
--	-----

---

---



CONTENTS

<i>M.D. Merzlenko.</i> The 180th Anniversary of the Forest Journal.....	7
<i>FORESTRY</i>	
<i>N.A. Moiseev.</i> Lessons Learned from Two Centuries of Forest Management and their Use for Setting Guidelines for the Future.....	11
<i>A.V. Zhigunov.</i> Use of Biotechnology in the Russian Forest Sector.....	27
<i>A.P. Tsarev, N.V. Laur.</i> Promising Trends of Breeding and Reproduction of Woody Plants.....	36
<i>V.P. Besschetnov, N.N. Besschetnova.</i> Formation and Lignification of Xylem of Scotch Pine Elite Trees.....	45
<i>B.V. Babikov.</i> Establishment and Development of Hydromelioration in a Forestry Enterprise.....	53
<i>A.V. Volokitina, T.M. Sofronova, A.A. Belyakin.</i> Ground Cover Regeneration after Surface Fires in the Forests of Southern Cisbaikalia.....	58
<i>S.V. Zalesov, E.S. Zalesova, A.A. Zverev, A.S. Opletaev, A.A. Terin.</i> The Method of Growing Artificial Pine Stands at the Ash Dumps of the Reftinskaya Power Plant	66
<i>N.A. Babich, S.A. Korchagov, O.A. Konyushatov, N.N. Strebkov, I.N. Lupanova.</i> Topical Issues of Reforestation in the European North of Russia in the Context of Switching to the Intensive Model of Forest Management.....	74
<i>A.V. Gryazkin, N.V. Belyaeva.</i> The Structure of Phenological Forms of the Young Generation Spruce in the Leningrad Region.....	84
<i>R.N. Matveeva, O.F. Butorova, A.G. Kichkildееv, V.V. Narzyaev.</i> Variability of Clonal Offsprings of Siberian Pine Elite Trees at a Plantation in South-Central Siberia.....	93
<i>Ole Jakob Sørensen, Toralf Bjelkåsen, Sergey V. Ivantsov.</i> Examples of the Internal Stand Structures (α-Diversity in) Old Growth Forest in the Yula River Basin – Arkhangelsk Region.....	98
<i>WOODEXPLOITATION</i>	
<i>V.A. Aleksandrov.</i> The Tree-Length Method Revisited.....	108
<i>A.M. Kochnev, A.N. Yushkov.</i> Methodology for Estimating Tractive Efficiency of a Wheeled Skidder.....	115
<i>MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOODSCIENCE</i>	
<i>P.V. Bilei, I.A. Sokolovsky.</i> Research Trends of the National Forestry University of Ukraine Within Wood Science, Heat Treatment and Wood Drying.....	124
<i>S.N. Rykunin, E.V. Kravtsov.</i> Optimization Model for Timber Cross-Cutting into Blanks.....	130
<i>E.N. Serov, B.V. Labudin.</i> Glued Timbering: Present State and Development Problems	137
<i>G.F. Prokofyev.</i> Intensification of Wood Sawing by Means of a Sawing Machine.....	147
<i>I.V. Grigoryev, O.A. Kunitskaya, G.V. Grigoryev, G.Yu. Yesin.</i> Kinetics of Centrifugal Wood Treatment.....	156
<i>CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD</i>	
<i>A.S. Smolin.</i> The Development of Paper and Cardboard Technology.....	163

<i>A.P. Karmanov.</i> The Study of Lignin of Cross-Grained Birch Wood.....	172
<i>Y.V. Kazakov.</i> Quantitative Estimation of Deformation Heterogeneity in a Paper at Uniaxial Stretching at Constant Rate of Speed.....	180
<i>SUMMARIES AND EXCHANGE OF TEACHING</i>	
<i>L.L. Krotova.</i> Development of Sawn Timber Drying in Siberia.....	187

---

УДК 630\*:05

*М.Д. Мерзленко*

Институт лесоведения РАН

### «ЛЕСНОМУ ЖУРНАЛУ» – 180 ЛЕТ

В 2013 г. исполняется 180 лет со дня выхода в свет «Лесного журнала» – первого в России лесохозяйственного периодического издания. На протяжении этого времени функционирование журнала красной нитью вписано в становление, развитие и расцвет отечественной лесной науки.

До XIX в. отраслевых журналов еще не было, и вопросы лесного дела освещались в периодической печати наряду с вопросами литературы, общественной жизни, техники и пр. С начала XVIII в. статьи по лесоводственным и лесотехническим вопросам печатались в нескольких периодических изданиях: «Календарь или месяцеслов», «Сочинения или переводы к пользе и увеселению служащие» (1728–1769 гг.), «Ежемесячные сочинения и известия о ученых делах», «Сельский житель» (1778 г.), «Экономический магазин» (1780–1789 гг.), «Новые ежемесячные сочинения» и «Технологический журнал» (1768–1826 гг.). Очень большую роль в разработке аграрных проблем, в том числе и по лесному хозяйству, внесли «Труды Императорского вольного экономического общества» (1765 г.).

Однако время требовало самостоятельного лесохозяйственного периодического органа. Это стало возможно благодаря Обществу для поощрения лесного хозяйства, высочайше утвержденному 25 февраля 1832 г. императором Николаем I. Уже на десятом заседании этого общества 16 декабря 1832 г. его президент предложил по составленному коллежским советником Фон-Фоком проекту приступить в 1833 г. к изданию журнала. Созданная по этому поводу специальная комиссия на одиннадцатом заседании общества 27 января 1833 г. утвердила положительное решение. И уже 16 мая 1833 г. цензор А. Крылов дал дозволение к печатанию первого номера «Лесного журнала».

В истории издания журнала дореволюционного времени академик ВАСХНИЛ И.С. Мелехов выделил четыре периода:

**1833–1844 гг.** Журнал издавался Обществом для поощрения лесного хозяйства. Подбор статей для журнала осуществлялся по следующей программе: лесохозяйственные науки; вспомогательные науки; литература лесных наук; достопримечательности природы, новейшие изыскания и наблюдения; смесь. Много работ публиковалось по биологии, охотоведению и лесной технологии.

Первым редактором журнала был А. Юханцев, затем – Ланге; главными и постоянными сотрудниками состояли В.С. Семенов, А.П. Гильдеман, А.А. Длатовский и др.

Большинство первых статей являлись переводами немецких и реже французских работ. Однако на страницах «Лесного журнала» уже в первой половине XIX в., наряду с обычными малополезными переводными статьями и заметками, появились намного превосходящие их по своему значению самобытные статьи русских авторов. К их числу следует отнести В.С. Семенова, Левиса, Гаффельдера, Н.Г. Мальгина, А.Е. Теплоухова, А.Р. Варгаса де Бедемара.

Генерал корпуса лесничих В.С. Семенов опубликовал 68 статей по самым разнообразным лесохозяйственным вопросам. Его воззрения основывались на русской лесной действительности. Интересен тот факт, что он по возвращении из заграничной практики (командировки) сначала окупился в знакомство с состоянием родных ему лесов России, чтобы иметь представление о их отличии от иностранных.

**1845–1851 гг.** Журнал издавался Императорским вольным экономическим обществом. Цель журнала – «... распространить в отечестве понятие о рациональном лесном хозяйстве и возбудить желание к его изучению». Журнал включал следующие разделы: 1) леса и лесоводство России; 2) леса и лесоводство в иностранных государствах; 3) библиография; 4) смесь.

Представляют интерес статьи Г.Н. Анненкова, А.Е. Теплоухова. В это время редактором «Лесного журнала» был Арсеньев, а постоянными сотрудниками А.А. Длатовский и Ф.К. Арнольд.

Журнал этого периода поставил ряд важных лесоводственных как практических, так и научных проблем и обозначил направление для их решения, что способствовало положительному развитию российского лесного хозяйства.

Затем последовал перерыв в издании «Лесного журнала». Частично его в 1855–1859 гг. заменило еженедельное периодическое издание – «Газета лесоводства и охоты».

**1871–1904 гг.** Журнал издавался Петербургским лесным обществом. Содержание журнала состояло из восьми разделов: 1) статьи по всем отраслям лесного хозяйства; 2) влияние законов и обычаев на успехи лесного хозяйства; 3) лесоторговый отдел, движение лесной торговли в разных местностях, рыночные цены на лесной материал и т.п.; 4) лесохозяйственная библиография, разбор важнейших русских и иностранных сочинений по лесному хозяйству; 5) лесная хроника и смесь; 6) известия о деятельности Лесного общества; 7) обзор вновь выходящих постановлений по Лесному управлению; 8) объявления, касающиеся предметов лесного хозяйства.

Редактором журнала был избран Н.С. Шафранов. Кроме него, редакторами «Лесного журнала» были известные лесоводы А.Ф. Рудзкий, Н.С. Нестеров, Л.И. Яшнов и др.

На протяжении многих лет этого периода «Лесной журнал» был светочем русской лесоводственной мысли, боролся за дальнейшее развитие отечественного лесоводства, внедрение в практику передовой научной мысли и укреплял престиж российского лесничего. Журнал пользовался популярностью не только в России, но и за границей. Его номера поступали даже в Америку.

Этот период следует охарактеризовать полным становлением отечественной лесной науки в ее практическом применении, хотя западная печать продолжала указывать на влияние немецкого лесоводства на ведение хозяйства в лесных дачах России. Так, немецкий лесовод Гузе утверждал что, если и есть в России образцовые лесные дачи, то содержатся они лишь благодаря немецким специалистам. В ответ на такое высказывание лесничий К.Ф. Тюрмер, работавший в Поречьской даче графа А.С. Уварова, выступила с критикой на страницах «Лесного журнала». Он отмечал, что большинство немецких лесных хозяев, встречающихся в России, недостойны этого звания (лесоводов). Он разделил немцев-лесничих на три категории: «егерей» без образования, делающих незавидную честь немецкому имени и немецкой лесной науке; настоящих немецких лесничих-специалистов, которые не знают и не хотят знать местных условий и полагают, что все в России нехорошо, кроме их собственной персоны, принося русскому лесному делу несравненно больше вреда, чем пользы; лесничих-авантюристов, непризнанных «гениев», странствующих по России.

В числе авторов журнала этого периода встречаются имена выдающихся российских лесоводов – А.Ф. Рудзкого, Ф.К. Арнольда, В.Т. Собичевского, В.И. Гомилевского, М.К. Турского, П.И. Жудру, Н.К. Генко и многих других, сильно продвинувших отечественное лесоводство на новые высоты.

**1905–1918 гг.** Журнал продолжал издаваться Лесным обществом. Его редактором был Г.Ф. Морозов. Последнее наложило своеобразный отпечаток на внутреннее содержание и значимость журнала в обществе. Этот период по праву можно назвать его расцветом. На первом месте в программе стоял пункт «Оригинальные статьи по всем отраслям лесного хозяйства». О сущности значения такого пункта Г.Ф. Морозов пояснял, что «... «Лесной журнал» должен обнимать вопросы лесоведения и лесоводства, экономики лесного хозяйства и организации его, наконец, политики лесного хозяйства».

Как редактор, Г.Ф. Морозов выполнял огромнейшую работу: в течение нескольких лет не только руководил изданием «Лесного журнала», но при отсутствии у Общества средств на приглашение специального лица для корректуры, улаживания различных мелких вопросов по расчету с типографией, оформлению различных документов и т.д. бескорыстно исполнял всю эту черновую работу. С 1906 г. журнал стал выходить шесть раз в год. Его тираж поднялся к 1915 г. с 500 до 2000 экземпляров. В качестве приложения к «Лесному журналу» было предпринято издание «Материалов по изучению русского леса».

Публиковались интересные статьи А.А. Крюденера, М.М. Орлова, Д.Н. Кайгородова, Г.Ф. Морозова, Д.М. Товстолеса, Г.Н. Высоцкого, П.П. Серебренникова, В.Д. Огиевского, Н.С. Нестерова и других деятелей как лесной науки, так и практики.

На основе почти векового опыта отечественных ученых и практиков в журнале пестовалось учение о типах насаждений; освещались вопросы лесоведения и лесного опытного дела; поднимался вопрос о принципах и методах регулирования пользования лесом; обсуждались проблемы социального

порядка. Стали появляться рецензии на книги и статьи по вопросам сельского хозяйства и ботаники, по аграрным и экономическим вопросам. Все это не замедлило сказаться на проявлении к журналу интереса не только в широких кругах работников леса, но и смежных научных дисциплин.

В преддверии революционных событий журнал активно обсуждал социально-политическую жизнь государства. Так, после Февральской революции журнал печатал обращения профсоюзов и ряд других воззваний. В частности, обращение Союза лесных и межевых техников г. Архангельска начиналось следующими словами: «Товарищи! Солнце свободы, солнце новой жизни возшло над Россией: старый порядок разрушен! Отныне не кучка ставленников царя будет управлять нами, а все граждане призываются принять участие в государственном устройстве Родины... Все чувствуют, что лишь в единении сила» (1917 г., с. 327). Русские лесоводы сразу же выступили за передачу всех лесов в ведение государства, поскольку они являются «общим национальным достоянием» (1917 г., с. 611 и 615). В конце 1917 г. уже тяжело больной редактор журнала Г.Ф. Морозов был вынужден выехать на лечение из Петрограда на юг России. В тяжелых условиях гражданской войны выпуск «Лесного журнала» прекратился в 1918 г.

**С 1958 г. и до наших дней.** Мысль о возрождении «Лесного журнала» высказывалась неоднократно. В первом десятилетии после революции вышло несколько сборников «Лесоведение и лесоводство», связанных с «Лесным журналом».

Под своим историческим названием журнал был возрожден в 1958 г. и стал издаваться Министерством высшего образования СССР в серии «Известия высших учебных заведений» в г. Архангельске. Во многом возрождению журнала в XX в. мы обязаны инициативе академика И.С. Мелехова. В состав редакционной коллегии вошли ведущие ученые лесотехнических вузов СССР. С 80-х гг. XX в. главным редактором «Лесного журнала» был И.С. Мелехов, остававшийся на этом ответственном посту до последних лет жизни.

Ныне, продолжая и развивая лучшие традиции, «Лесной журнал» охватывает все отрасли лесного хозяйства, лесной промышленности и науки, он публикует научные статьи по вопросам не только лесного хозяйства, но и лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности, охраны окружающей среды, экономики лесной отрасли и др., информирует о научных конгрессах, конференциях, совещаниях, публикует рецензии и др. «Лесной журнал» высоко котируется в научно-педагогической среде и входит в перечень изданий, рекомендованных ВАК для публикации трудов соискателей ученых степеней.

*M.D. Merzlenko*

Institute of Forest Science, Russian Academy of Sciences

**The 180th Anniversary of the Forest Journal**

---



УДК 630\*8(091)

**Н.А. Моисеев**

Московский государственный университет леса

Моисеев Николай Александрович родился в 1929 г., окончил в 1954 г. Ленинградскую государственную лесотехническую академию, доктор с.-х. наук, профессор, академик РАСХН, зав. кафедрой экономики и организации лесного хозяйства и лесной промышленности МГУЛ. Имеет более 400 печатных работ в области лесной экономики, лесоустройства, лесопромышленности, государственной лесной политики и лесного законодательства.

E-mail: moiseev@mgul.ac.ru



## **УРОКИ ДВУХВЕКОВОЙ ИСТОРИИ ЛЕСОУПРАВЛЕНИЯ И УЧЕТ ИХ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ОРИЕНТИРОВ НА БУДУЩЕЕ**

Статья посвящена анализу и обобщению двухвековой истории лесопромышленности в России для сопоставления положения лесных дел в дореволюционной России и в период перестройки, общим для которых была частнокапиталистическая рыночная экономика. Выявлены положительные стороны управления государственными лесами, которые полезно учесть при определении ориентиров на будущее.

*Ключевые слова:* Лесной департамент, краткосрочные контракты, лесные торги, лесные таксы, лесничества, лесная стража, надзор за лесозащитой.

*«Ничто на земле не проходит бесследно...»*

Прошедший 2012 г. отмечается в печати как многократно юбилейный: и 1150-летие Российской государственности, и 400 лет со времени пережитой ранее смуты, и 200 лет изгнания полчищ всей Европы под предводительством Наполеона, и разгром под Москвой подобных же всеевропейских полчищ, пришедших уже позже по наущению фюрера. Это все даты общеполитического значения, определявшие судьбу России, которую «много раз пытали, быть Россией или не быть». Но в этих исторических рамках проходила и тесно связанная с ними история управления лесами страны, которая от пристального взгляда вершителей судеб российских обычно ускользает, повторяя не лучшие уроки прошлого. Однако к истории обращаться надо, ибо под влиянием политического и социально-экономического развития изменяется не только облик лесов, но и их влияние на природу, на жизнь народа.

Из-за длительного периода лесовыращивания, измеряемого десятками и даже сотнями лет, многие ошибки уже неисправимы. Достаточно, например, вспомнить отдельные факты. Первопричиной невиданного за всю историю России голода в 90-х гг. XIX в. явился ширококомасштабный процесс обезлеси-

вания из-за хищнического отношения к лесам большинства частных владельцев, особенно в «черноземной житнице» страны, приведший к резкому (в среднем 3-кратному) снижению лесистости, эрозии почв, смыву черноземов, аридизации климата, учащению засух и суховеев.

В этом же году исполняется 120 лет со времени знаменитой экспедиции проф. В.В. Докучаева, давшего рекомендации по недопущению отмеченных бедственных, казалось бы стихийных по своей природе, явлений, порожденных неразумным поведением «хозяев».

Причиной катастрофического наводнения в Крымске, которое уже не первый раз наказывает нас, также явилось многовековое неразумное ведение хозяйства в горных лесах Кавказа, приведшее к сокращению лесистости и деградации оставшихся лесов, к неспособности почв удерживать выпадающие осадки и переводить их в грунтовый сток, к увеличению поверхностного стока и, как следствие, к разрушительным последствиям. О первопричинах таких явлений известно уже давно, и они были описаны Ф. Энгельсом в его талантливом произведении «Диалектика природы», а еще раньше – Платоном [7].

Что же касается многовековой истории российских лесов и управления ими, то для тех, кого она интересует и кто хотел бы извлекать полезное из ее уроков, напомним те труды, которые доступны для широкого круга читателей. К числу их относятся «Столетие учреждения лесного департамента. 1798–1898 гг.» и двухтомник «Двухсотлетие учреждения лесного департамента. 1798–1998 гг.», изданные под руководством официальных учреждений, ведавших лесами [2, 6].

Знакомясь с этими полезными трудами, следует иметь в виду, что любая власть, независимо от сменяющих друг друга политических и экономических систем, обычно склонна сглаживать те или иные недостатки, допущенные ею, оправдывая их теми или иными обстоятельствами, но не собственными промахами. Поэтому в качестве незаменимых, дополняющих и более полно описывающих картину бытия являются труды независимых профессиональных экспертов, компетентно представляющих причину тех или иных неблагоприятных событий и рецепты для избежания их в будущем.

В этом отношении историческое значение сохраняют труды таких корифеев, как Ф.К. Арнольд, которого называют «дедушкой русского лесоустройства» [1], и проф. М.М. Орлов – лидер отечественного лесоуправления [3–5]. Труды этих двух представителей старшего поколения лесной науки и практики имеют особое значение потому, что они в отличие от многих других знатоков обладали способностью целостного охвата положения лесных дел в России. Причем будучи активными и весьма авторитетными старателями и словом, и делом, и обучением, и своим влиянием в лесной общественности наводили тот порядок в лесах страны, который требовался, учитывая катаклизмы, происходящие в этот период.

Наиболее значимы труды по вопросам структуры, отношения между государством и частным сектором, особенно в области лесозаготовки, содержания контроля, лесоустройства, науки и подготовки кадров и роли первых

лиц государства в решении всех перечисленных вопросов. Особую роль правомерно приписывают Петру I. Именно с него начинает формироваться и укрепляться государственный взгляд на леса, на их общегосударственное значение, на приоритет государственной собственности на леса над всеми другими видами собственности, независимо от их доли в общей площади лесов. Именно это отношение Петра I, великого государственника, у которого нужды государства всегда были на первом плане, распространилось и на значение лесов. Когда частные владельцы лесов забывали об этом, руководствуясь интересами личной выгоды, самодержец напоминал им своими указами, что в случае неповиновения он готов отобрать их на общегосударственные нужды. Именно с него начались первые формы государственного управления лесами в стране, и были приняты законы для их поддержания.

Ф.К. Арнольд, составитель первой инструкции по лесоустройству (1845 г.) в России, в своем капитальном труде «История лесоводства», подчеркивает, что судьба лесоохранительного закона всегда зависела от взглядов верховного правителя России: «... при одних государях он поддерживался и даже несколько развивался, при других же его значение падает и даже сводится к ничтожеству» [1, с. 344].

Вступившая на трон Екатерина I не сочувствовала строгим законам своего супруга, и этим не замедлили воспользоваться лесовладельцы и лесопромышленники, «... так что повсюду началось усиленное лесоистребление». При этом леса (с 30.12.1726 г.) были переданы в ведение воевод [6, с. 3]. Последствия такого послабления не замедлили сказаться на состоянии лесов. С изданием в 1762 г. грамоты о вольности дворянства идея Петра Великого о государственном значении лесов отошла на задний план и «находилась в загоне».

Император Павел I хотел относиться к лесу так же, как и его великий прадед. Именно с его правлением связывают возникновение формы государственного управления лесами в виде Лесного департамента (1798 г.) и указов, регулирующих отпуск леса и его стоимостную оценку в виде лесных такс. Но «после великого акта эмансипации, совершенного в период предшествующих царствований, произвол в распоряжении лесами действовал безгранично» [1, с. 347].

Первое столетие существования Лесного департамента, зародившегося при Павле I, составители первого тома по описанию его деятельности разделяют на шесть разных по значению периодов. Ф.К. Арнольд считал заслуживающим внимания их укрупнение до двух периодов, кульминационной точкой разделения которых является образование министерства государственных имуществ, созданного указом императора Николая I (26.12.1837 г.), в ведение которого были отнесены леса казенного ведомства. Именно начальному периоду Лесного департамента в рамках нового министерства следует уделить особое внимание, ибо это позволяет выделить все недостатки управления лесами уже в современной России в рамках Министерства природных ресурсов РФ. При этом полезно сравнить отношение бюрократии и независимых от нее передовых деятелей при самодержавии, да еще в условиях крепостного строя,

с нынешними отношениями правящей элиты и инициативной общественности, озабоченной совершенствованием лесных отношений, в условиях так называемой демократии и свобод.

Рассмотрим, что предшествовало образованию Министерства государственных имуществ, в ведении которого были казенные леса. Созданный Павлом I Лесной департамент с учреждением министерства финансов 31.12 1811 г. «прекратил» самостоятельное существование и вошел в состав Департамента государственных имуществ. Как отмечается в официальном издании [6, с. 65], мотивы, которыми руководствовалось правительство при этой реформе, закрывая Лесной департамент, отличавшийся «обширностью и разнообразием упражнений», неизвестны.

При этом министр финансов граф Канкрин, «не имея достаточных средств, не мог управиться со всей необъятной массой лесов», потому ничего не мог предложить лучшего, как раздать казенные леса по разным ведомствам, полагая, что последние, преследуя свои выгоды, будут заботиться о сбережении переданных им лесов, составляющих их «условную собственность». Поэтому управление казенными лесами оказалось раздробленным так, что уследить за их состоянием представлялось все менее возможным. Принимаемые даже строгие меры наказаний за самовольную вырубку лесов должного эффекта не оказывали.

В 1837 г. граф Бенкендорф доносил графу Киселеву о больших беспорядках в Казанской губернии, а последний сообщал императору, что «подобные беспорядки и упущения существуют... во всех прочих губерниях». Например, «в Казанской губернии казенные леса, с 1801 г. по 1803 г. ... находясь в ведении волостных правлений, претерпели опустошение до такой степени, что многие дачи превратились в пашни» [6, с. 92]. В Архангельской губернии «происходит неимоверное истребление лесов», и если «этот беспорядок еще продолжится, то эта губерния оскудеет совершенно корабельным и строевым лесом» [6]. В Вологодской губернии «почти везде на расстоянии 10 верст от рек ... леса опустошены». В Олонецкой губернии «вблизи лесопильных заводов леса «чрезмерно истреблены... Всякий рубит, где ему ближе и где находятся лучшие деревья». В Воронежской губернии из имевшихся «при Петре Великом 24 тыс. десятин корабельных дубрав сберегли только 2,6 тыс. десятин, а остальной лес годен только на дрова, колья и жерди». В Трубчевском уезде Орловской губернии «из 66 тыс. десятин казенного леса нет ни одного строевого дерева». «Казенные леса в Ярославской губернии в самом дурном положении». Примеры подобного рода в других губерниях можно продолжать.

По заключению проверявших состояние казенных лесов в России следует, что «со времени перехода лесного управления в ведение Департамента государственных имуществ [в составе Министерства финансов – Н.М.] леса много пострадали от значительных опустошений».

Все эти донесения вынудили императора дать указание выделить из состава Министерства финансов управление государственных имуществ в виде самостоятельного министерства, а в составе последнего восстановить Лесной департамент (1837 г.). Министром вновь созданного министерства стал граф Киселев.

Однако восстановление Лесного департамента произошло в таком виде, что многие лесные дела, функционально относящиеся к нему, были розданы по другим департаментам министерства, что уже предопределяло низкую его эффективность [6]. Тут мы обращаем внимание на подобное же положение, в котором оказалось нынешнее управление лесами в составе министерства природных ресурсов РФ, в который федеральный орган управления лесами попал второй раз после ликвидации в мае 2000 г. Федеральной службы лесного хозяйства России.

В критической записке «О лесном управлении», подготовленной генерал-адъютантом бароном Делинсгаузенем, директором 3-го департамента Министерства государственных имуществ, представленной министру графу Киселеву, аргументированно доказывалась необходимость объединения всех дел, связанных с управлением лесами, в одном Лесном департаменте, который в рамках Министерства государственных имуществ должен быть самостоятельным и независимым в ведении своих дел, особенно в административном и финансовом отношениях, от других департаментов Министерства. При этом обращалось внимание на весьма бедственное положение переданных из Министерства финансов лесов, продолжающееся быстрое их истребление, а также на то положение, что если «ошибки по другим отраслям довольно скоро исправимы, то ошибки, касающиеся лесов, трудно бывает исправить веками» [1, 263 с.]. Автор записки предлагал не только централизовать все лесные дела в одном Лесном департаменте, но и учредить «военную лесную стражу для охранения лесов», создав на основе ее военизированный «корпус лесничих», особое внимание обратив на формирование его состава из лесных чинов, получивших специальное лесное образование.

Эта записка была рассмотрена 22 января 1838 г. на Совете Министерства государственных имуществ, который посчитал, что условия для реализации представленных в записке предложений еще не созрели. Уже через год (январь 1839 г.) «Положение о корпусе лесничих» граф Киселев представил на высочайшее утверждение, а еще через 4 года (18 января 1843 г.) – особый доклад на усмотрение императора о необходимости сосредоточить все дела по лесной части в отдельном самостоятельном ведомстве для учреждения особого Лесного департамента. Этот доклад был утвержден, и на его основе 15 февраля 1843 г. объявлено об открытии такого Лесного департамента. Во главе его поставлен флигель-адъютант граф Н.М. Ламсдорф.

Это и была та кульминационная точка в системе лесоправления в дореволюционной России, когда все дела по управлению казенными лесами были, наконец, сосредоточены в одном самостоятельном ведомстве при содействии этому самого министра госимуществ, который продолжал шефствовать над

этим департаментом. За все последующее время состав Лесного департамента подвергался лишь незначительным изменениям, несмотря на то, что в руководстве им в последующем сменился десяток директоров.

Описанный выше пример внимательного отношения правящей элиты дореволюционной России к управлению казенными лесами, которые оказались в то время в бедственном положении, было бы нелишне позаимствовать и в нынешней России, когда государственные леса также попали в аналогичное положение в составе Министерства природных ресурсов, потеряв самостоятельность органа управления ими и будучи к тому же раздробленными между субъектами РФ, которым переданы полномочия управления федеральными лесами, что напоминает действия императрицы Екатерины, передавшей казенные леса в ведение «воевод».

Сегодня в нашей стране для исправления лесных дел, которые находятся в крайне неблагоприятном положении, нам нехватает лиц, подобных императору Петру I и министру Киселеву, которые руководствовались прежде всего взглядами на исключительно важное общегосударственное значение лесов.

В официальном издании о деятельности Лесного департамента отмечается, что «Министерство госимуществ далеко не разделяло ... взглядов министра финансов графа Канкрин, который считал невозможным справиться с необъятною массою лесов, находившихся в его заведывании». «Напротив того» Министерство госимуществ «сознавало свои силы и, сосредотачивая в своих руках управление всеми государственными лесами, считало такую централизацию надежным ручательством преуспевания лесного хозяйства» [6, с. 147]. «Граф Киселев строго держался неотчуждаемости казенных земель и лесов; он считал своею обязанностью охранять государственное достояние от незаконного завладения или пользования, от перехода его тем или иным способом, в частное владение; сверх того, леса он берег от истощения неумеренными порубками» [6, с. 142]. В отчете о своей деятельности на посту министра Госимуществ (1956 г.), он писал, что «... по лесному хозяйству положены начала, которые при постоянном продолжении принятого способа действий должны водворить устройство в лесах и обеспечить сохранность сего важного по климатическому нашему положению государственного богатства» [6, с. 142].

Конечно, у царского правительства и без того забот хватало. Впереди маячила реформа 1861 г., связанная с освобождением крестьян от крепостной зависимости, решением для них земельного вопроса в условиях частной собственности на землю высшего сословия. Все эти вопросы относятся уже к общеполитической проблематике. Здесь же для сравнения с нынешним положением лесных дел в условиях частнокапиталистической экономики нелишне вкратце показать, как в дореволюционной России решались вопросы организации управления лесами по вертикали, отпуска леса, экономических форм лесопользования и контроля за ним.

Конечно, структура управления государственными лесами по вертикали выстраивалась не сразу, чаще всего методом проб и исправления ошибок.

В данном случае нас должны интересовать не частности, а общая тенденция, направленная на совершенствование управления ими. Вначале рассмотрим структуры самого Лесного департамента и подчиненных ему служб по вертикали, сложившихся форм отпуска леса и его стоимостной оценки, контроль за лесоэксплуатацией, лесоустройством, роль и результативность лесоохранительного закона 1888 г.

Сам Лесной департамент после объединения в нем всех лесных дел состоял из шести отделений [1]: 1 – инспекторское, 2 – по управлению лесами, 3 – по охране от лесонарушений, в том числе «судные дела»; 4 – по организации и ведению правильного лесного хозяйства, 5 – по употреблению лесов, включая отпуск леса, 6 – «счетное» (отчеты и контроль финансов по лесной части). При Департаменте был создан Специальный лесной комитет для рассмотрения возникающих по ходу дел технических вопросов, требующих «особых соображений».

Первоначально все казенные леса по различию климатических и др. условий были разделены на «шесть инспекций», под надзором и личным руководством особых вице-инспекторов предписывалось подобрать наиболее удобные «лесные дачи», организовать в них правильное лесное хозяйство с учетом местных условий и на их примере знакомить лесных чинов (офицеров) с родом хозяйства, применительно к обстоятельствам края [1].

В губернских палатах Министерства госимуществ лесную часть возглавлял губернский лесничий. Каждая губерния для управления лесами разделялась на округа, возглавляемые окружными лесничими, которые с 1845 г. были переведены на положение окружных лесных ревизоров для надзора за входящими в округ (от трех и более) лесничествами, возглавляемыми лесничими. В состав последних входили лесные участки, позже названные подлесничествами, а затем участковыми лесничествами, возглавляемые младшими лесничими, или участковыми лесничими. В состав последних входили объезды, возглавляемые объездчиками, а в них – обходы, возглавляемые лесниками. Вся эта иерархия представляла лесную стражу, которая в виду особых условий ее деятельности, сопряженных с опасностью для жизни, с самого начала формировалась на военизированной основе. Действующая ранее система охраны лесов на основе полесовщиков и сторожей, набираемых из числа местных крестьян, себя не оправдала.

Более оправдавшей исторически явилась семейная форма поселения членов лесной стражи, начиная с лесников в закрепленном за ним обходе на выделенном земельном наделе с постройкой жилого дома и хозяйственных сооружений. Хозяин такого поселения имел не только вооруженного стрелка, но и его помощников.

Первой заботой руководителей Лесного департамента явилась подготовка кадров лесных чинов по всей вертикали управления, увеличения их числа, а также их материально-технического обеспечения, что должно было улучшить не только охранение лесов, но и управление ими, повысить доход-

ность лесов, а соответственно, и получить финансовую основу для решения выше перечисленных задач.

Описанная структура управления в отдельных звеньях хотя со временем уточнялась и частично видоизменялась, но в своей основе в последующем устоялась и себя оправдала. Она не только сохранилась вплоть до 1917 г., но пережила и советское время, и две-трети периода «перестройки», вплоть до введения последнего Лесного кодекса РФ, монопольные составители которого (допускаем, что не предполагали), ликвидировав лесную охрану и заменив разрешительный порядок, который был в основе лесопользования, на заявительный, разрушили управление лесами и породили беспрецедентный масштаб нелегальных рубок и других лесонарушений, включая участвовавшие самозахваты участков государственных лесов и потерю контроля за многочисленными лесопользователями.

Рассмотрим первые шаги в упорядочивании лесопользования, осуществляемые возрожденным Лесным департаментом. Самым слабым местом на начальном этапе были малочисленность лесных чинов и слабая их подготовка.

До конца XVIII в. от поступающих на лесную службу еще не требовались знания специального дела, но уже в 1798 г. их стали подвергать испытанию знаний в лесоводстве, а с 1802 г. начали вводить экзамены. Для подготовки будущих специалистов в 1803 г. открыли первое лесное училище в Царском селе, в 1811 г. на его базе создали в Санкт-Петербургский Лесной институт, который в последующем был удостоен именоваться Императорским. В 1835 г. было создано Лисинское учебное лесничество, а при нем – низшее лесное учебное заведение. Это были первые ростки лесного образования, которые позже стали множиться, появились дополнительные высшие, средние и низшие учебные заведения и сеть опытных лесных хозяйств. У истоков их организации стояли наши известные классики – профессора М.М. Орлов и Г.Ф. Морозов.

В 1837 г. на службе по лесному управлению на всю страну классных чинов состояло всего 507 чел., в том числе со специальным образованием – 84 чел. Из их числа на каждую губернию приходилось менее 10 чел. (4 окружных лесничих и 4-5 лесничих). При них состояло 409 объездчиков и 526 вольнонаемных сторожей, а также около 40 тыс. чел. из числа крестьян, приставленных для надзора старост, выполняющих свою повинность без вознаграждения и целиком зависимых от общин, с которыми они были связаны «круговой порукой».

Таков был неприглядный вид лесного управления, который на начальном этапе возрождения Лесного департамента принял из Министерства финансов граф Киселев, министр госимуществ.

«Предметом первой необходимости было увеличить вообще число лесных чинов ...» и подготовить специально образованных лесных офицеров в духе ... строгой нравственности, а вместе с тем упрочить и быт их» [1, с. 270]. Представленную задачу ему и его последователям удалось решить,

увеличив в 40 раз за последующие полвека подготовку лесных чинов со специальным образованием. И если в начале их удельный вес занимал 16,6, то в 1893 – 82,7 % от числа всех служащих. Вместо вольнонаемных сторожей и полесовщиков костяком лесной стражи к 1893 г. были 4 286 объездчиков и 18 459 лесников с окладом соответственно 250 и 100 р./год.

Рассмотрим организацию лесозаготовки и формы отпуска леса, которые всегда были главной заботой лесопромышленности. Интерес к лесам России, в том числе и внешних потребителей, имеет многовековую историю. Даже труднодоступные леса Европейского Севера осваивались уже в XI в., промышленные масштабы это приобрело в XIV–XV вв. в связи с возросшим спросом на мачтовый лес. При этом низший отпускной диаметр начинался с 45 см на высоте груди, к началу XX в. он снизился до 32...35 см. В настоящее время в истощенных лесах Архангельской области средний диаметр деревьев в спелых древостоях хвойных пород составляет 22 см.

Такая древесина могла быть заготовлена только выборочными рубками на прииск, позже перешедшими в подневольно-выборочные. Первоочередной вырубке подлежали, главным образом, крупномерные высокосортные сосновые стволы. Наиболее интенсивной эксплуатации подвергались леса, имевшие выход по сплавному пути к морскому порту. Таким в первую очередь был Архангельск, занимавший выгодное геополитическое положение.

Не лишне вспомнить, что в 1692 г. право торговли мачтовым лесом из Архангельской губернии было отдано иностранцу Артману на 5 лет со взиманием в пользу казны за каждое дерево по 5,0 р., а в 1698 г. контракт был продлен еще на 10 лет, но с внесением в казну 3,5 руб. [6].

Возросшие объемы отпуска лесоматериалов за границу и поступающие сигналы об истощении лесов вынудили власть уже в 1751 г. принимать меры к ограничению торговли и поиска ее более приемлемых форм, заслуживающих большего доверия, путем привлечения к лесным делам известных лиц из приближенной знати. Например, в 1752 г. генерал-фельдмаршалу графу Шувалову было разрешено в Архангельской губернии ежегодно заготавливать и отпускать за границу мачтовый лес и др. лесоматериалы с обязанностью построить лесопильные заводы для казны. Но это знатное лицо посчитало для себя обременительным данное ему право и уже в 1760 г. он передал его английскому купцу Гамму по контракту на 30 лет за 120 тыс. р. [6]. Другими словами, все вернулось на «круги своя». Неспособность власти охранять леса и контролировать их эксплуатацию вынудила императора Павла I в 1798 г. запретить заграничный отпуск бревен и досок из Санкт-Петербургского и Архангельского портов впредь до разработки «правил для лесного торга, выгодных для промышленников и невредных для лесов» [6, с. 203]. С того момента, когда началась история Лесного департамента, обозначились и общие контуры тех правил, которые актуальны и для ныне существующей практики.

С именем Павла I связывают не только создание Лесного департамента, но и введение лесных такс в их современном экономическом значении, более

цивилизованные формы отпуска леса в виде кратковременных контрактов и доступные для этого времени способы контроля за их исполнением. Сменяющие друг друга правители по предложениям руководителей Лесного департамента уточняли те или иные положения через соответствующие инструкции и циркулярные разъяснения, сохраняя руководящий принцип постоянства пользования лесом и повышение доходности лесного хозяйства. Общий подход при этом сводился к тому, что продажа леса должна, как правило, производиться только на торгах, в условиях конкуренции. В результате торгов между продавцом и покупателем должен заключаться контракт, в котором отражаются все условия его реализации, включая места рубок, площади и количества вырубаемых деревьев с учетом их породного состава, размера, сортности, расстояния доставки (до места сплава или места обработки), общей цены проданной древесины, срока эксплуатации и расчета. В последующем дополнялись и др. условия, включая условия очистки лесосек от порубочных остатков и т.д.

Что касается конечной платы или цены древесины на корню, то в качестве отработанного в последующем правила за основу брались цены на торгах за последние 3 года или рыночные цены соответствующих лесоматериалов на тех рынках сбыта, к которым тяготеют леса, за вычетом затрат на заготовку и доставку древесины с учетом расстояний от проданных лесосек. Такой подход сохраняется до сих пор и в промышленно развитых странах (только не в нынешней России). Этот подход учитывает известные рентообразующие факторы, включая различие пород, размерность и сортность древесины, условия заготовки и расстояния от рынков сбыта.

Уже на начальном этапе формирования лесных такс различие пород при всех прочих равных условиях выражалось в следующих соотношениях: еловая древесина ценилась дешевле сосновой на 1/3, береза и осина – в среднем на 1/2.

Правила продажи лесных материалов из казенных дач утверждались императором. С течением времени они приобретали все большую конкретность. Например, в 1883 г. для исключения субъективизма в оценке предлагаемых к продаже лесосек предлагалось составлять для практического использования местные массовые сортиментно-сортные таблицы, с помощью которых до продажи использовать перечислительный метод таксации, а для больших массивов – метод закладки проб.

Однако после заключения контракта лесопромышленник имел право приступить к заготовке древесины только при условии выдачи ему лесничим лесорубочного билета. После вырубki лесничий должен был освидетельствовать выполнение условий, предписанных в этом билете. При выборочной вырубке сверх установленного объема или при оставлении бревен в лесу промышленник выплачивал штраф, который сохранялся, даже если нарушивший правила заготовки возмещал ущерб.

Но контрольная функция этим не ограничивалась. Лесные чины должны проверить и лесоматериалы, подготовленные к сплаву или сухопутному виду транспорта и выдать сплавной билет или билет на провоз др. видом транспор-

тировки. Последний служил правом провоза или сплава бревен через соответствующие «лесные заставы», которые устанавливались в целях исключения самовольных рубок.

Контракты заключались на срок до 4 лет. Для лесопильных заводов могли закрепляться лесные участки в виде «условной собственности», при этом контракты на пользование ими могли продляться. Для лесопильных заводов допускался способ оценки и контроля через производственную мощность пильных рам. При этом заключались контракты с учетом «платежей порамных денег». После истечения срока контракта рамы «опечатывались лесными чинами в присутствии члена земского суда» [1]. При этом приплавленный лес подвергался контролю и в запанях.

Государственный контроль распространялся на продажу и рубку леса и в частных лесовладениях, при том и до назначения выдачи разрешения и после рубки для контроля соответствия их установленным правилам.

Из вышеизложенного следует, что при всех трудностях осуществления контроля в процессе укрепления Лесного департамента в центре и на местах выдерживалась общая линия на использование разрешительного порядка отпуска леса (по легкомыслию или намеренно отмененного в Лесном кодексе РФ, принятом в 2006 г.), реализуемого на торгах по рыночным ценам и контролируемого через лесорубочный билет, выписываемый на основе таксации лесосек лесной службой, заинтересованной в повышении доходности используемых лесов. В нынешних же условиях государственная власть самоустранилась от стоимостной оценки лесосек, поступающих в рубку, предоставив лесопромышленнику, заплатившему лишь арендную плату, ничего общего не имеющую с рыночной ценой заготавливаемых лесоматериалов, определять порядок рубки. Отсюда низкая доходность лесов и отсутствие средств для повышения уровня лесопромышленности и интенсификации лесного хозяйства.

В царской России не допускалась нынешняя форма передачи лесов частному сектору в аренду сроком до 49 лет (а в планах было и до 99 лет). Ограничивались краткосрочными контрактами, доступными не только для крупных лесопромышленников, но и для крестьян, и для общин.

Организуемые торги по краткосрочным контрактам создавали конкурентную среду и соответствие цен растущему спросу на лесоматериалы и, как следствие, повышение государственного дохода от использования казенных лесов. В приложении к [6] на графике за 1844–1997 гг. показан рост лесных доходов (за последнее десятилетие в виде экспоненты), значительно превышающих расходы на управление лесами и хозяйство в них.

Однако и управление лесами, и пользование ими сковывалось тем, что леса еще не были приведены в известность, поскольку с самого начала организации управления лесами отсутствовала сама служба лесоустройства, как важнейший инструмент лесопромышленности по определению проф. М.М. Орлова [3].

Предписания, распоряжения и указы о необходимости описания лесов и приведения их в известность издавались и Петром I, и последующими прави-

телями, однако они не воплощались в широкомасштабные практические действия из-за отсутствия необходимых для этого специализированных организаций. Мысль о необходимости создания специальной службы для устройства лесов с распространением на всю Россию зародилась в 1841 г., практические действия начались весной 1842 г. с устройства Лисинского учебного лесничества под руководством Е.А. Петерсона. Первая инструкция по устройству лесов была разработана Ф.К. Арнольдом и издана в 1845 г.

Однако расширение этих работ требовало подготовки специальных кадров и выделения необходимых средств. Первый набор будущих таксаторов был произведен за счет лучших выпускников Санкт-Петербургского лесного института. Что касается необходимых средств для содержания таксаторских партий и производства работ, предполагалось использовать прибыль от использования устроенных лесов, на что по просьбе министра Киселева было получено согласие императора Николая I.

Для очередности устройства лесов дачи были разделены на три разряда по степени сбыта лесоматериалов. Главное назначение лесоустройства с самого начала сводилось к составлению такого плана хозяйства, с помощью которого леса приводились в «возможно правильное состояние», с определением не только размера, но и размещения рубок леса, их стоимостной оценки с учетом лесных такс, организации «правильного лесного хозяйства с обоснованием состава лесов и затрат на их восстановление. Общий план составлялся на оборот рубки, но выбор древостоев в рубку намечался на первое десятилетие, в числе их на первое пятилетие отграничивались в виде лесосек с постановкой столбов. Размещение их производилось так, чтобы сохранить устойчивость окружающих лесов.

Институт лесоустройства находился в непосредственном ведении Лесного департамента и обеспечивал удобную живую связь между центральным управлением и деятельностью местных лесных чинов. Стало общим мнением, что в лесоустройстве собраны «сливки всего корпуса лесничих». Считалось за честь попасть в эту организацию. Именно из ее состава выдвигались кандидатуры для занятия высших должностей в иерархии корпуса лесничих. Лесоустройство стало важнейшим инструментом улучшения лесоуправления и повышения доходности лесов, которое в свою очередь способствовало дальнейшему расширению площади лесоустроительных работ. Начавшись с Лисинского лесничества, оно к 1859 г. охватило 2846 тыс. десятин лесных дач. С начала крестьянских реформ оно было направлено на выделение из состава государственных лесов крестьянских лесов по упрощенным правилам.

История последующего лесоустройства описана подробно в трудах проф. М.М. Орлова [3, 4] и его последователей. Следует отметить два драматических периода, которые привели к деформации лесоустройства и потере его целевого назначения. Один из них был связан со злополучной дискуссией 30-х гг. XX в., которая привела к отмене принципа постоянства пользования лесом, который якобы сковывал курс на индустриализацию, сдерживая фор-

сированную лесозэксплуатацию в лесах вдоль магистральных путей транспорта. Последствия отмены этого принципа известны: они обернулись быстрым истощением освоенных лесов, закрытием и перебазированием лесозаготовок (курс на север сменился курсом на восток), удлинением лесных грузопотоков и ростом связанных с этим затрат. Юридически принцип постоянства пользования был восстановлен лишь в «Основах лесного законодательства Союза ССР и союзных республик» (1977 г.).

Второй период, приведший к ликвидации лесоустройства, возник с введением «Лесного кодекса РФ» (декабрь 2006 г.). Политическим мотивом для устранения лесоустройства на практике явилось стремление радикальных либерал-реформаторов, явившихся в лице руководства МЭРТ монопольными составителями этого кодекса, к тотальной приватизации лесов через аренду. Они полагали, что частный лесовладелец сам будет принимать решения, что делать ему со своими лесами, а поэтому лесоустройство, как проводник государственной лесной политики, может стать помехой для реализации такого замысла. С этим же мотивом связана и последующая ликвидация ряда полномочий федерального органа управления лесами. За ним оставлена только надзорная функция, но при этом одновременно ликвидирована государственная лесная охрана.

Теперь уже для многих очевидны пагубные последствия этого шага, выразившиеся не только в беспрецедентном масштабе нелегальных рубок и периодически повторяющихся лесных пожарах, но и в потере контроля за деятельностью многочисленных лесопользователей, что приводит к финалу, который наблюдался после акта «О вольности дворянства» накануне восстановления Лесного департамента в качестве самостоятельного лесного органа.

Настойчивое нежелание либерал-реформаторов исправлять созданную кодексом опасную ситуацию с лесами в стране напоминает о том, что взятый ими курс на приватизацию государственных лесов остается в силе и ждет лишь удобного случая для его реализации.

Вернемся к лесоохранительному закону, принятому в 1888 г., и его судьбе. Но в начале рассмотрим, что привело к нему.

За длительную историю лесопользования было немало указов и распоряжений, относящихся к охране и сбережению лесов, но они, к сожалению, не выстраивались в общую и последовательную политику, которая органичивала бы злоупотребления, приводящие к продолжающемуся лесоистреблению. «Главную опасность», как отмечает Ф.К. Арнольд, представляли частные лесовладельцы, а потому требовалось «удержать лесовладельцев от неправильных распоряжений в принадлежащих им лесах», «ибо наибольший вред лесу может принести не случайный посетитель его, не самовольный порубщик или поджигатель, а лицо, имеющее право полного распоряжения им – лесовладелец», который обращается к вырубке своих лесов, «как к наиболее легкому средству, имевшемуся в руках, для выхода из затруднительного финансового положения» [1, с. 337]. Такому поведению частных лесовладельцев способ-

ствовал «продолжительный период невмешательства правительства в частную лесную собственность». Поворот во взгляде на необходимость установления надзора за частными лесами начался в царствование Александра II в связи с крестьянской реформой. Но «это было начало перемены только взгляда, но не действий». Вслед за реформой лесоистребление стало только расширяться до таких масштабов, что принятие общего лесоохранительного закона для всех видов владений стал неотложной необходимостью.

О том, что представляли собой частновладельческие и крестьянские (общинные) леса, как главный объект внимания лесоохранительного закона, обратимся к данным проф. М.М. Орлова, относящимся к 1914 г. [5]. Еще со времен императрицы Екатерины для удобства статистического описания территория Европейской части России была разделена на три полосы: северную, среднюю и южную. Первая из них занимала 35,4 % территории, вторая – 32,9 %, третья 31,7 %. Площадь лесов в их составе представлялась соответственно следующим процентным соотношением: 58,8; 33,6 и 7,6 от всей лесной площади.

По видам собственности леса в означенных полосах подразделяются следующим образом. На государственные леса в северной полосе приходилось 84,0 %, в средней – 29,2 %, в южной – 27,7 %; на частновладельческие – соответственно – 11,1; 45,6 и 51,8 %; на крестьянские – соответственно 4,5; 23,7 и 17,9 %. Остальную (весьма незначительную) долю занимали леса прочих видов собственности. Итак, частные леса доминировали в средней и южной полосах (47 % вместе взятой их площади), на крестьянские приходилось менее 23 %, на прочие – 1 %.

Что представляют собой частные и крестьянские леса, вызывавшие наибольшую озабоченность общественности. В частных лесах строевой лес составлял только 20 %, дровяной – 45 %, заросли – 63 %. Из этих цифр наглядно видно, что в основной своей массе – это леса истощенные и деградированные, уже не представляющие собой коммерческого интереса для лесопромышленников.

Но при этом резко сократилась и площадь лесов там, где преобладали эти виды собственности, особенно в южной полосе России со средней лесистостью 8 %. Между тем на начало XVII в. зоне черноземов (основной «житницы России») она была около 30 %. И частновладельческие, и крестьянские леса нещадно вырубались, освобождая площади под пашни, пастбища и выгоны.

На общем фоне выгодно выделялись государственные леса, которые доминировали в северной полосе. При общем среднем составе на крупную деловую древесину приходилось 30 %, на среднюю и мелкую – 40 %, на дровяную – 30 %. Давно ожидаемый лесоохранительный закон наконец был принят 4 апреля 1888 г. под названием «Положения о сбережении лесов». Общий надзор за его исполнением был возложен на Министерство государственных имуществ по Лесному департаменту, а в каждой губернии – на Лесоохранительный комитет под председательством губернатора, состоящий из членов казенного лесного управления, полиции и уездных по крестьянским делам учреждений [6, с. 161].

Однако принятый закон не переломил ситуацию. Причина одна: «лесоохранительные комитеты не обладают достаточными средствами для надзора за частными лесами», а потому продолжается «во многих местностях истребление частных лесов». «Вот важнейшие болячки нынешнего лесного управления», – заявлял Ф.К. Арнольд, завершая свое историческое исследование [1, с. 340].

Однако подоплекой слабости средств для надзора за частными лесами было и то обстоятельство, что правящая элита в основной своей массе представляла собой крупных землевладельцев, а потому и занимала нерешительную позицию в отношении нерадивых лесовладельцев. Именно это обстоятельство подготовило общественное мнение к единственно возможному решению для предотвращения истребления частных лесов путем их национализации. Это мнение усиливалось на протяжении двух десятилетий, предшествовавших революции, и было отражено в выступлении отечественного лидера в области лесоводства проф. Г.Ф. Морозова на Всероссийском съезде Союза лесоводов в Санкт-Петербурге в 1917 г. Он подчеркнул, что «лес должен принадлежать только государству, и последнее должно быть хозяином в нем. Не только принципиальная сторона, но и уроки и факты истории доказали право государства вести лесное хозяйство». «Государственность – это общность интересов, лес, принадлежа государству, принадлежит, тем самым, всем, и только государство может целесообразно распорядиться им в интересах всенародных» [2, с. 27].

Изложенное выше дает наглядное сопоставление прошлой и нынешней систем организации пользования и управления государственными лесами в условиях тогда и теперь частнокапиталистической рыночной экономики. Из этого сопоставления видно, что нынешний возврат к частнокапиталистической рыночной экономике повторяет не лучшие уроки прошлого и игнорирует положительные примеры лесопользования в рамках дореволюционного Лесного департамента, как самостоятельного органа, в котором были централизованы все дела, связанные с организацией управления и пользования лесами, контроля за ними, с экономическими отношениями государства и бизнеса. Особого внимания при этом заслуживают необходимость возврата к разрешительному порядку лесопользования, к стоимостной оценке древостоев, отводимых в рубку, положительному опыту краткосрочных контрактов, обеспечивающих более конкурентную среду и рост доходов по сравнению с монопольным характером долгосрочной аренды. 200-летняя история лесопользования в России высветила и недостатки частного лесовладения, которое привело к значительной потере лесов и деградации оставшихся.

Органам исполнительной и законодательной власти РФ было бы полезно извлечь уроки из 200-летней истории лесопользования и учесть их при подготовке национальной лесной политики и при неотложном пересмотре Лесного кодекса РФ, который усугубил управление лесами и не способствует выходу лесного сектора России из чрезмерно затянувшегося системного кризиса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Арнольд Ф.К.* История лесоводства (репринтное изд. 1895 г.). М.: Изд-во МГУЛ, 2004. 403 с.
2. Двухсотлетие учреждения лесного департамента. 1798–1998. Т. 2 (1898–1998). М.: ВНИИЦлесресурс, 1998. 243 с.
3. *Орлов М.М.* Лесоуправление как исполнение лесоустроительного планирования. М., 2006. 479 с.
4. *Орлов М.М.* Нужды русского лесного хозяйства // Изв. Императорского лесного института. Вып. XIV, СПб. 1906. 166 с. (переиздана: Орлов М.М. Основные направления организации лесного хозяйства. М., 2009. 399 с.).
5. *Орлов М.М.* Об основах русского государственного лесного хозяйства. Петроград, 1918. 132 с.
6. Столетие учреждения лесного департамента. 1798–1898. СПб.: Типография Ю.Я. Римана, 1898. 252 с.
7. *Энгельс Ф.* Диалектика природы, Ленинград: Госполитиздат, 1952. 328 с.

Поступила 24.10.12

*N.A. Moiseev*  
Moscow State Forest University

**Lessons Learned from Two Centuries of Forest Management  
and their Use for Setting Guidelines for the Future**

The article is devoted to the analysis and summary of two centuries of forest management in Russia in order to compare the forest sector situation in pre-revolutionary Russia and during Perestroika. These periods had private capitalist market economy in common, which helped us identify positive aspects of state forests management that can be useful for setting guidelines for the future.

*Key words:* Forest Department, short-term contracts, timber tenders, stumpage price, forestries, forest guards, forest exploitation control.

УДК 630\*611

**А.В. Жигунов**

С.-Петербургский НИИ лесного хозяйства

Жигунов Анатолий Васильевич родился в 1950 г., окончил в 1972 г. Ленинградский государственный университет, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заместитель директора С.-Петербургского НИИ лесного хозяйства. Имеет более 150 печатных работ в области лесных культур, селекции, семеноводства, лесной биотехнологии.  
Email: a.zhigunov@bk.ru



## **ПРИМЕНЕНИЕ BIOTEKHOLOGIЙ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ РОССИИ**

Рассмотрены вопросы применения методов биотехнологии для производства посадочного материала хвойных и лиственных пород в целях создания плантационных культур, перспективы применения генетической модификации древесных пород для ускорения роста, повышения их устойчивости и улучшения свойств древесины, использования методов молекулярного маркирования в изучении популяционно-генетической структуры хвойных видов и селекционной работе.

*Ключевые слова:* биотехнология, микрклональное размножение, органогенез, соматический эмбриогенез, генетические маркеры, генетическая модификация.

По определению академика А.А. Баева, биотехнология – это использование живых организмов и их систем в промышленных целях. Несмотря на то, что практическому применению достижений биотехнологии предшествует проведение огромного числа фундаментальных исследований, основной их целью является получение коммерческого продукта. В настоящее время в России имеется обширная литература, в которой изложены основные принципы и методы биотехнологии древесных пород [11, 15], обсуждаются перспективы применения биотехнологий в лесном хозяйстве [1, 3, 4, 21, 29, 31, 34, 38, 39, 42].

В настоящее время в лесном секторе России методы биотехнологии используются для выращивания посадочного материала, производства биологических средств защиты лесов, создания новых форм древесных растений с заданными признаками, в том числе с применением методов геной инженерии, для повышения эффективности селекционной работы с помощью методов молекулярного маркирования, сохранения генетических ресурсов с использованием криобанков и банков депонирования растительного материала *in vitro*, генетической паспортизации и сертификации семян, оценки законности происхождения срубленной древесины.

Наиболее широкое применение нашли методы клонального микроразмножения растений (включая соматический эмбриогенез) для ускоренного использования селекционных достижений на основе производства высокока-

чественного посадочного материала для создания лесосырьевых плантаций. Работы по культуре *in vitro* лиственных пород родов *Populus*, *Betula*, *Pinus*, *Salex* и *Fraxinus* ведутся достаточно давно и интенсивно. Принимая во внимание результаты многолетних исследований российских ученых по культуре *in vitro* осины, гибридных тополей и ив в Научно-исследовательском институте лесной генетики и селекции [17–19], различных видов березы в Институте леса КарНЦ РАН [3], триплоидной осины и различных клонов березы в С.-Петербургском НИИ лесного хозяйства (СПбНИИЛХ) [5, 25], ясеня и ив в ИБХ РАН [12], можно прогнозировать успешное внедрение этих пород в практику плантационного лесовыращивания [8, 31–33].

Хвойные растения являются наиболее сложными объектами для различных методов *in vitro*, поэтому разработка эффективной системы клонального микроразмножения для некоторых видов является актуальной задачей [13, 14]. В настоящее время соматический эмбриогенез считается одним из наиболее перспективных методов в лесной биотехнологии микроклонального размножения в культуре *in vitro*. Его использование обеспечивает в перспективе получение «искусственных семян», что позволит примерно в десять раз снизить стоимость посадочного материала. Разработка методов получения посадочного материала на основе использования соматического эмбриогенеза сибирских видов хвойных (*Larix sibirica*, *L. gmelini*, *L. sukaczewii*, *Pinus sibirica*, *P. pumela*, *Picea ajaensis*) проводится в Институте леса им. В.Н. Сукачева СО РАН [27], *Pinus sylvestris* и *Picea abies* – в Институте биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова [13, 14], *Picea abies* – в СПбНИИЛХ [2]. Однако в этих экспериментах только экспланты единичных донорских растений формируют эмбриогенный каллус. Получить соматические зародыши и растения пока удается только из эксплантов зародышей семян. Посадочный материал, полученный таким способом, аналогичен посадочному материалу из семян, и уровень наследуемости ценных признаков будет всего 10...20 % [7].

Первые работы по органогенезу *Pinus sylvestris* и *Picea abies* в России выполнены на основе использования эксплантов гипокотыля или семян в Российском государственном сельскохозяйственном университете (МСХА им. К.А. Тимирязева) и Институте биоорганической химии РАН [13, 14, 24]. В настоящее время в ходе совместной работы Института биоорганической химии и СПбНИИЛХ выполнен органогенез на основе использования почеч плюсовых деревьев, разработаны рекомендации по адаптации полученных микрогенерантов в торфяном субстрате в условиях пленочных теплиц [31, 34]. Выращенным таким образом посадочным материалом заложено несколько опытных участков лесных культур и проводится наблюдение за их ростом, контролем служат варианты культур с использованием двухлетних сеянцев из посевного отделения питомника, имеющих на момент посадки примерно одинаковые биометрические параметры с микрочеренкованными саженцами.

В лесной зоне России широко используемые на практике упрощенные технологии закладки и выращивания лесных культур, как правило, не дают им преимуществ в росте по сравнению с молодняками естественного происхождения и даже не останавливают процесс смены ели и сосны осиной и березой. В отличие от таких посадок культуры ели и сосны, заложенные с использованием интенсивных агротехнических приемов, растут по II – Ib классам бонитета, т.е. в среднем в 1–3 раза превосходят по продуктивности обычные культуры. Форсировано высокая скорость роста таких культур достигается благодаря сочетанию определенных факторов и условий. К числу наиболее значимых факторов, имеющих огромный потенциал улучшения, относится применение селекционно-улучшенного посадочного материала. Однако разработка методов клонального микроразмножения хвойных пород в практике лесного хозяйства России пока делает только первые шаги.

Из признаков, используемых в популяционной лесной генетике, молекулярные (включая биохимические) маркеры генов отличаются многими полезными свойствами. Они не требуют многих лет анализа наследования в череде поколений, их проявление не зависит от модифицирующего действия среды. Молекулярные маркеры, в отличие от морфологических признаков у хвойных видов, имеют моногенный характер наследования и поэтому являются объективными генетическими маркерами степени различий между популяциями и таксонами. Хронологически первыми молекулярными маркерами были аллозимы (изоферменты) – наследственные формы ферментных белков. Несмотря на быстрое развитие методов анализа ДНК, изоферменты остаются очень полезными генетическими маркерами, поскольку с их помощью можно получить надежную и полную генетическую информацию [22]. К настоящему времени результаты генетических исследований с использованием метода изоферментного анализа позволили решить сложные вопросы систематики видов сосновых [22], еловых [6, 10, 12, 23], лиственниц [20]. Широко применяется метод молекулярного маркирования для генетической паспортизации клоновых лесосеменных плантаций и архивов клонов хвойных пород [9, 30, 35].

Другие применения данного метода относятся к изучению процессов переноса генов и анализу систем скрещивания. Маркер-вспомогательная селекция относится к непрямой селекции и заключается в статистическом связывании молекулярных маркеров, прежде всего ДНК-маркеров, с хозяйственно-важными признаками. В силу того, что на маркеры не оказывают влияние условия среды или особенности онтогенеза, данный инструмент предоставляет широкие возможности, особенно при ранней диагностике (качество древесины на стадии сеянцев), что важно для лесных пород, характеризующихся длительными периодами выращивания.

В лесоводстве значительный интерес направлен на гены, контролирующие развитие древесных волокон, поскольку их микроструктура во многом определяет коммерческую стоимость древесины. Известно, что параметром, определяющим механическую прочность древесины и предел прочности

бумаги на разрыв, является угол ориентации целлюлозных микрофибрилл в клеточной стенке древесных волокон. Знание биосинтеза клеточных стенок также полезно для понимания процессов сжатия–растяжения древесины [36, 41]. Данные факторы имеют непосредственное отношение к устойчивости древостоев, а также к качеству древесины, используемой для лесопиления и в целлюлозно-бумажной промышленности. В настоящее время идентифицированы гены, контролирующие синтез составных частей клеточных стенок целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина. Например, гены синтеза целлюлозы клонированы для осины [43], тополя [40] и сосны лучистой [37].

В большей степени развитие селекционных маркеров важно для долгосрочных исследований фундаментального порядка [43]. Оно вносит существенный вклад в понимание работы основополагающих генетических механизмов и организации генома на молекулярном уровне. Особенно большое внимание в этой работе уделяется исследованиям количественных признаков лесных видов.

Генетические маркеры могут быть полезны в целях использования генетической вариации при подборе выборок для сохранения генов и создания архивов клонов для применения в дальнейшей селекционной работе. Несомненно, использование генетических маркеров в лесоводственных исследованиях со временем будет только возрастать.

Несмотря на всю привлекательность метода для практической селекции, существует ряд ограничений, которые будут препятствовать его применению, по крайней мере, в среднесрочной перспективе:

отбор на основе маркеров все еще достаточно дорог для какой-либо достаточно крупной группы особей;

связь между маркерами и хозяйственно-ценными признаками должна устанавливаться для каждой семьи отдельно, поэтому даже если стоимость этого вида анализов значительно снизится, маркер-вспомогательная селекция будет прерогативой продвинутых и «утонченных» селекционных программ, тех в которых будет возможно создание и поддержание структуры наследования и где целесообразно использование клонового лесоводства [36, 40]. Скорее всего, для большинства пород древесных видов в настоящее время предпочтительнее развитие классических селекционных программ.

Технологией будущего десятилетия является трансгенез (генмодификация) древесных растений [16]. Повышение скорости роста основных лесных пород, повышение их устойчивости и улучшение свойств древесины – приоритетные задачи современной лесной науки. Создание новых форм лесных пород традиционными методами селекции – длительный и малоэффективный процесс. Генетическая трансформация методом агробактериального переноса рекомбинантных целевых генов дает возможность в короткие сроки модифицировать свойства древесных растений.

Комплекс методов генетической трансформации позволяет точно модифицировать отдельные признаки растений: придавать устойчивость к гер-

бицидам, понижать содержание лигнинов, повышать продуктивность, т.е. создавать формы целевого назначения. Данное направление лесной биотехнологии ориентировано исключительно на плантационный способ лесовыращивания. В мире зарегистрировано более 150 полевых полигонов для изучения роста трансгенных лесных пород. Большая их часть проводится на территории США (103), Китая (9), Канады (7) и Финляндии (5).

В России работы по генетической модификации древесных пород были начаты в 1999 г. в Сибирском институте физиологии и биохимии растений СО РАН [27]. Генетическую трансформацию в целях увеличения скорости роста осины (*Populus tremula* L.) тополя (*Populus balsamifera* L.) и сосны кедровой (*Pinus sibirica* de Tour) проводили на основе использования гена *ugt*, выделенного из кукурузы. Ген кодирует синтез УДФГ-трансферазы – фермента, осуществляющего связывание индолилуксусной кислоты с глюкозой, благодаря чему в растениях создается значительный пул ИУК, меняющий ауксиновый статус. Растения, получившие этот ген, развиваются значительно быстрее, и их с успехом можно было бы использовать на плантациях с коротким оборотом рубки. В зависимости от использованной конструкции трансформации растения обнаруживали усиление роста побега, увеличение количества и длины корней, числа листьев и площади листовой пластинки.

Ограниченность запасов азота в лесных почвах часто является лимитирующим фактором роста лесных насаждений. Повысить эффективность ассимиляции азота также можно методами генной инженерии. Известна стратегия суперэкспрессии гена *gs1* (сосны), который гомологичен родному гену глутаминсинтетазы осины и тополя, но не является его точной копией, что позволяет повышать суммарную активность *gs* (глутаминсинтетазы) и, как следствие, накопление глутамина в тканях. В институте биоорганической химии РАН получены трансгенные линии осины и березы с геном *gs* глутаминсинтетазы сосны под контролем 35S промотора. Ген повышает содержание глутамина в растениях, тем самым улучшая ассимиляцию аммонийного азота и повышая общую продуктивность растений [26, 32]. Все линии с геном *gs1* использовали для проведения испытаний по оценке фенотипических проявлений рекомбинантного гена. После двух лет роста в условиях защищенного грунта по таким показателям, как высота растения, диаметр корневой шейки и прирост текущего года, перспективные линии опережали контрольный вариант на 15...60 %.

В этом же институте получены линии осины и березы, содержащие ген *bar* фосфинотрицинацетилтрансферазы, кодирующий устойчивость к гербицидам на основе фосфинотрицина [28]. Обработка полученных трансгенных растений показала устойчивость к фосфинотрицину в дозах, рекомендуемых к применению в лесных питомниках и культурах.

В работах по генной инженерии древесных растений важной проблемой представляется оценка риска, связанная с интродуцированием в природную среду трансгенных растений. Поэтому коммерческому использованию трансгенных растений должны предшествовать всесторонние исследования.

Проблема снижения биологического разнообразия растительного мира особенно остро проявляется в случае лесных древесных растений. Решение данной задачи на основе культуры *in vitro* дает возможность надежного хранения ценных или исчезающих генотипов путем криоконсервации или депонирования *in vitro*. Криоконсервация применима к породам, размножаемым путем соматического эмбриогенеза, а депонирование *in vitro* – к видам, размножаемым методом стеблевой культуры.

Сочетание методов молекулярного маркирования и клонального микро-размножения элитных генотипов позволяет повысить продуктивность лесных плантаций на 50...100 %. Такой комплекс биотехнологических методов дает возможность ускорения селекционного процесса по созданию новых улучшенных форм и сортов в 2–3 раза.

Начиная с 1991 г. в СПбНИИЛХ реализуется программа исследований по микроклональному размножению ценных форм ели и березы, преследующая цель создания технологии массового получения растений-регенерантов в культуре *in vitro*. Несколько позже были начаты работы по микроклональному размножению быстрорастущих триплоидных форм осины, устойчивых к стволовым гнилям. Совместно с Институтом биоорганической химии РАН выполнены первые работы по микроклональному размножению сосны обыкновенной. Разработаны регламенты получения растений-регенерантов и регламент их адаптации к условиям теплиц и торфяных субстратов для получения посадочного материала требуемых биометрических параметров. Для лиственных пород технологии прошли опытно-производственную проверку и готовы к массовому внедрению.

Для более рационального использования площадей, вышедших из-под сельскохозяйственного использования, нами совместно с ИБОХ РАН начаты исследования по изучению роста трансгенных линий березы и осины. Поскольку плодородие наших почв лимитируется уровнем содержания в них азота, генмодификация растений была осуществлена геном *gs* глутаминсинтетазы, что в конечном итоге улучшает ассимиляцию аммонийного азота и повышает общую продуктивность растений. Однако использование таких растений для создания обычных культур в лесном фонде должно быть полностью исключено.

Несмотря на то, что достигнуты достаточно хорошие результаты по различным направлениям лесной биотехнологии, их широкое внедрение в лесохозяйственную практику не наблюдается, за исключением применения ДНК-маркеров для паспортизации лесосеменных плантаций и сертификации семян хвойных пород. Научные исследования проводились до поиска рынков сбыта научно-технической продукции. Выходная научно-техническая продукция не была ориентирована на решение проблем конкретного потребителя, поэтому требуется грамотный маркетинг для продвижения результатов на рынок.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адаптация регенерантов ели европейской к условиям *ex vitro*/ Шабунин Д.А. [и др.] // Тр. СПбНИИЛХ. 2010. № 1(21). С. 120–135.

2. Божков П.В. Соматический эмбриогенез и полиэмбриогенез хвойных *in vitro* на примере ели обыкновенной (*Picea abies* L. Karst): автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб., 1994. 20 с.

3. Бондаренко А.С., Жигунов А.В., Шабунин Д.А. Перспективы применения биотехнологий в лесном хозяйстве // Биотехнологии и вызовы времени: сб. материалов выставки-конференции. СПб.: Ленэкспо, 2011. С. 77.

4. Ветчинникова Л.В. Карельская береза в Карелии: ресурсы и воспроизводство // Материалы VI Московского междунар. конгресса «Биотехнология: состояние и перспективы развития». Ч. 1 (Москва, 21–25 марта, 2011 г.). М.: ЗАО «Экспо-биохим-технологии», РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2011. С. 28–287.

5. Выращивание саженцев триплоидной осины из регенерантов, полученных по технологии *in vitro* / Бовичева Н.А. [и др.] // Тр. СПбНИИЛХ. 2006. № 3(16). С. 68–76.

6. Гончаренко Г.Г. Геносистематика и эволюционная филогения лесообразующих хвойных Палеоарктики. Минск: Тэхнолoгія, 1999. 188 с.

7. Долголиков В.И., Попивший И.И. Положительные стороны и недостатки клоновой селекции ели // Лесоведение. 1992. № 2. С. 11–18.

8. Жигунов А.В., Шабунин Д.А., Антонов О.И. Однородность клонированных растений в лесных культурах // Материалы VI Московского междунар. конгресса «Биотехнология: состояние и перспективы развития». Ч. 1 (Москва, 21–25 марта, 2011 г.). М.: ЗАО «Экспо-биохим-технологии», РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2011. С. 285–286.

9. Зацетина К.Г., Экарт А.К., Тараканов В.В. Генотипирование деревьев на клоновых плантациях хвойных лесообразующих видов в Западной Сибири // Хвойные бореальной зоны. 2012. №1–2. С. 67–71.

10. Ильинов А.А., Топчиева Л.В., Раевский Б.В. Использование микросателлитовых маркеров в изучении генофонда ели финской *Picea x fennica* (Regel) Kom. в Карелии // Хвойные бореальной зоны. 2012. № 1–2. С. 80–86.

11. Калашникова Е.А., Родин А.Р. Получение посадочного материала древесных, цветочных и травянистых растений с использованием методов клеточной и генной инженерии: учеб. пособие. Изд. 2, испр. и доп. М.: МГУЛ, 2001. 73 с.

12. Кравченко А.Н., Экарт А.К., Ларионова А.Я. Аллозимное разнообразие и дифференциация популяций ели сибирской в западном Забайкалье и Монголии // Хвойные бореальной зоны. 2012. № 1-2. С. 97 – 101.

13. Лебедев В.Г., Шестибратов К.А. Органогенез сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в культуре *in vitro* // Хвойные бореальной зоны. 2012. № 1-2. С.114–119.

14. Лебедев В.Г., Шестибратов К.А. Эффективный способ получения посадочного материала ясеня обыкновенного *in vitro* // Вест. МГУЛ (Лесн. вестн.). 2010. № 3(72). С 112–118.

15. Лутова Л.А. Биотехнология высших растений: учеб. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2010. 240 с.

16. Машкина О.С., Буторина А.К. Генетическая инженерия древесных растений // Генетика. 2003. Т. 39, №3. С. 309–317.

17. Машкина О.С., Табацкая Т.М., Исаков Ю.Н. Клональное размножение березы карельской // Лесн. хоз-во. 2000. № 4. С. 33–34.

18. Машкина О.С., Табацкая Т.М., Стародубцева Л.М. Длительное микрочеренкование для массового клонального размножения карельской березы и тополя // Физиология растений. 1999. Т. 46, № 6. С. 950–952.

19. Методы клонального микроразмножения различных видов и гибридов ивы / Машкина О.С. [и др.] // Биотехнология. 2010. № 1. С. 51–59.
20. Орешкова Н.В., Белоконь М.М., Жамъянсурен С. Изменчивость ядерных микросателлитных локусов у лиственницы Гмелина (*Larix Gmelini* (Rupr.) Rupr.) и камчатской (*Larix kamtchatica* (Rupr.) Rupr.) // Хвойные бореальной зоны. 2012. № 1–2. С.145–151.
21. Перспективы микроклонального размножения хвойных в культуре *in vitro* через соматический эмбриогенез / Третьякова И.Н. [и др.] // Хвойные бореальной зоны. 2012. № 1–2. С. 180–186.
22. Политов Д.В. Генетика популяций и эволюционные взаимоотношения видов сосновых (сем. *Pinaceae*) Северной Евразии: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 2007. 47 с.
23. Потенко В.В. Полиморфизм и филогенетические взаимоотношения хвойных видов Дальнего Востока России: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Хабаровск, 2004. 48 с.
24. Родина Е.А. Экспериментальный морфогенез в культуре тканей хвойных пород (*Pinus sylvestris* и *Picea abies*): автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1989. 22 с.
25. Рост триплоидной осины в лесных культурах, созданных посадочным материалом, полученным по технологии *in vitro* / Жигунов А.В. [и др.] // Тр. СПбНИИЛХ. 2009. № 1(18). С. 143–152.
26. Салмова М.А., Шадрина Т.А., Шестибратов К.А. Создание и анализ трансгенных линий березы с геном глутаминсинтетазы сосны *gs1* // Материалы VI Московского междунар. конгресса «Биотехнология: состояние и перспективы развития». Ч. 1 (Москва, 21–25 марта, 2011 г.). М.: ЗАО «Экспо-биохим-технологии», РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2011. С. 294–295.
27. Создание древесных растений для Байкальского региона, обладающих усиленным ростом и повышенной устойчивостью к повреждающим факторам / Салая Р.К. [и др.] // Сибирский экологический журнал. 1999. № 6. С. 605–611.
28. Трансгенные формы березы с геном *bar*, обладающие устойчивостью к гербицидам / Салмова М.А. [и др.] // Материалы XI Междунар. конф. молодых ученых «Леса Евразии». БГИТА, 2011. С. 17.
29. Ускорение микропобегов ели европейской в условиях *in vitro* и *ex vitro* / Шестибратов К.А. [и др.] // Тр. СПбНИИЛХ. 2009. № 3(20). С. 152–170.
30. Уточнение схем посадки архивов клонов хвойных видов Красноярского края и Республики Хакасия RAPD-методом анализа ДНК / Чубугина И.В. [и др.] // Хвойные бореальной зоны. 2012. № 1–2. С. 18–191.
31. Шабунин Д.А. Перспективы микроклонального размножения лиственных пород для плантационного лесовыращивания // Тр. СПбНИИЛХ. 2011. Ч. 1, № 1(24). С. 49–55.
32. Шестибратов К.А., Булатова И.В., Новиков П.С. Реакция трансгенных растений осины с геном глутаминсинтетазы *gs1* на сублетальную дозу фосфинотрицина в условиях *in vitro* // Биотехнология. 2009. № 6. С. 49–56.
33. Шестибратов К.А., Жигунов А.В. Биотехнология в плантационном лесовыращивании: технологии и сферы применения // Лесные ресурсы таежной зоны России: проблемы лесопользования и лесовосстановления: материалы Всерос. науч. конф. с международным участием. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2009. С. 158–159.
34. Шестибратов К.А., Лебедев В.Г., Мирошников А.И. Лесная биотехнология: методы, технологии, перспективы // Биотехнология. 2008. № 5. С. 3–22.

35. Шишкина О.К., Завистяева М.А. Практическое использование молекулярно-генетических методов в лесном семеноводстве // Материалы VI Московского международного конгресса «Биотехнология: состояние и перспективы развития». Ч. 1 (Москва, 21–25 марта, 2011 г.). М.: ЗАО «Экспо-биохим-технологии», РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2011. С. 284–285.
36. Large-scale statistical analysis of secondary xylem ESTs in pine / Pavy N. [et al.] // *Plant Mol. Biol.* 2005. N 57. P. 203–224.
37. Nairn C.J., Haselkorn T. Three loblolly pine *CesA* genes expressed in developing xylem are orthologous to secondary cell wall *CesA* genes of angiosperms // *New Phytologist*. 2005. N 166. P. 907–915.
38. Russell H. *Biotechnology in Forest Tree Improvement* // FAO, Rome, forthcoming.
39. Strauss S.H., Lande R., Namkoong G. Limitations of molecular-marker-aided selection in forest tree breeding // *Can. For. Res.* 1992. N 22. P. 1050–1061.
40. The genome sequence of black cottonwood (*Populus trichocarpa*) reveals 18 conserved cellulose synthase (*CesA*) genes / S. Djerbi [et al.] // *Planta*. 2005. N 221. P. 739–746.
41. Transcript profiling of Eucalyptus xylem genes during tension wood formation / Paux E. [et al.] // *New Phytol.* 2005. N 167. P. 89–100.
42. Trotter P. *Biotechnology in the Pulp and Paper Industry: a Review*. P. 1: Tree Improvement, Pulping and Bleaching, and Dissolving Pulp Applications // *Tappi Journal*. 1990. N 73(4), April.
43. Wu L., Joshi, C.P., Chiang V.L. // A xylem specific cellulose synthase gene from aspen (*Populus tremuloides*) is responsive to mechanical stress // *Plant. J.* 2000. N 22. P. 495–502.

Поступила 19.11.12

**A.V. Zhigunov**  
Saint Petersburg Forestry Research Institute

### **Use of Biotechnology in the Russian Forest Sector**

The article covers the use of biotechnology in the production of coniferous and deciduous planting material for creating plantation crops. It also considers the prospects for applying genetic modification methods to deciduous tree species in order to accelerate their growth, increase viability and improve their wood quality. The author dwells on the use of molecular marking methods for studying the population genetic structure of coniferous trees, as well as on their application in conifer breeding.

*Key words:* biotechnology, microclonal propagation, organogenesis, somatic embryogenesis, molecular markers, genetic modification.

---

УДК 630\*165

**А.П. Царев, Н.В. Лаур**

Петрозаводский государственный университет

Царев Анатолий Петрович родился в 1939 г., окончил в 1962 г. Воронежский лесотехнический институт, в 1984 г. Воронежский государственный университет, доктор сельскохозяйственных наук, заслуженный лесовод РФ и Республики Карелия, действительный член РАЕН, профессор кафедры лесного хозяйства Петрозаводского государственного университета. Имеет более 250 опубликованных работ в области лесной генетики, селекции, сортоиспытания, экологии, плантационного лесоразведения и биоэнергетики.  
E-mail: antsa\_55@yahoo.com; tsarev@psu.karelia.ru



Лаур Наталья Владимировна окончила в 1976 г. Петрозаводский государственный университет, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесного хозяйства Петрозаводского университета. Имеет 60 опубликованных работ в области селекции и семеноводства сосны, ели, карельской березы и древесиноведения.  
E-mail: laur@psu.karelia.ru



## **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СЕЛЕКЦИИ И РЕПРОДУКЦИИ ЛЕСНЫХ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ**

Проанализировано развитие селекции и размножения лесных древесных растений за рубежом и в нашей стране. Выделены основные направления работ в данной области. Предложена гипотетическая интегральная схема селекции и репродукции. Показаны перспективные направления генетико-селекционных работ в лесном хозяйстве.

*Ключевые слова:* лесная селекция, репродукция, лесосеменные плантации, интегральная схема селекции и репродукции, перспективные направления.

Начало в той или иной степени удачных опытов по лесной селекции можно отнести к XIX в. За этот не очень большой промежуток времени, учитывая длительность онтогенеза лесных древесных растений, был накоплен столь огромный научный и практический материал. Авторы акцентировали внимание на тех разделах, которые имеют и будут иметь общее и важное практическое значение в настоящее и ближайшее время, лишь частично затрагивая возможные перспективы генетических исследований, результаты которых применимы в лесоразведении.

Селекция с момента ее зарождения, развития и выделения в самостоятельную науку традиционно развивалась и в теоретическом, и в прикладном направлениях. Первоначально ее достижения сказались на развитии сельского хозяйства (в растениеводстве и животноводстве), затем селекционные методы стали проникать и в лесное хозяйство [1, 6, 10, 12].

Параллельно с заимствованными методами из сельскохозяйственной науки в лесном деле появились и специфические методы, обусловленные длительным онтогенезом древесных растений. Успехи и неудачи стихийной ин-

тродукции растений обратили внимание на их происхождение. Начиная с середины XIX в. в Европе, а затем и в других частях света последовательно исследуется влияние происхождения лесных древесных растений на их рост и устойчивость в новых условиях.

В селекции лесных древесных растений чаще других используются методы массового и индивидуального отборов и гибридизации. В XX в. появилось понятие нетрадиционных методов селекции. К ним стали относить физические и химические способы экспериментального мутагенеза, приемы получения митотических, мейотических и зиготических полиплоидов, исследование культуры клеток и клеточных тканей. В конце XX в. на основе генетических достижений были разработаны соматогенез, трансгенез и другие методы генетической инженерии, которые постепенно стали проникать и в селекцию лесных древесных растений.

К концу XX в. в зарубежной и отечественной селекции определилось несколько перспективных направлений исследований лесных древесных растений, среди которых можно отметить следующие:

1. Программные подходы при селекции отдельных лесных древесных видов для конкретных целей. Так, А.П. Царев и сотрудники Центрального НИИ лесной генетики и селекции разработали программы селекции тополей, березы, ив; L. Wilhelmsson и B. Andersson – *Pinus sylvestris* и *Pinus contorta* ssp. *latifolia*; B. Karlsson и O. Rosvall – *Picea abies* [14 и др.].

2. Цикл исследований и работ по плюсовой селекции, включающий отбор плюсовых деревьев и насаждений, их испытание и репродукцию [1–3, 6, 10, 12, 14 и др.].

3. Выведение, испытание и отбор сортов для создания быстрорастущих, высокопродуктивных, устойчивых к неблагоприятным условиям среды плантационных, мелиоративных, рекреационных и других видов насаждений. Это направление оказалось наиболее перспективным для тополей и ив [1, 6].

4. Увеличение эффективности долгосрочной селекции при сохранении генетического разнообразия [13].

5. Введение на лесосеменных плантациях повышенной доли генотипов с высокой генетической ценностью [14].

6. Плантационное лесоразведение, успех которого во многом обусловлен сортовым и селекционно улучшенным материалом [8, 9].

7. Агролесоводство, при котором сочетаются выращивание плантационных насаждений с редким размещением растений и пастьбой скота, разведением птиц, выращиванием овощевых, бахчевых и других сельскохозяйственных культур. К этому направлению относится и создание полезащитных лесных полос из быстрорастущих растений [15].

По каждому из этих направлений получены определенные результаты, которые широко освещались в научной печати.

Научные исследования в селекции, а в лесной селекции особенно, требуют многолетних трудоемких работ с не всегда предсказуемым результатом. Для получения практически важных эффектов, как правило, необходимы

долгосрочные целенаправленные финансовые вложения. Длительность исследований является наиболее уязвимым положением, поскольку в течение продолжительного периода могут смениться не только парадигмы науки, целевые установки, составы исследователей и спонсоров, но и общественный строй в целом.

И тем ценнее являются формы и сорта хвойных и лиственных лесных древесных растений, отобранные в природе и выведенные искусственным путем, отличающиеся быстротой роста, продуктивностью, устойчивостью к биотическим и абиотическим факторам среды, качеством древесины и другими хозяйственно ценными признаками. Можно назвать десятки сортов и клонов тополей, ив, гнилеустойчивых форм осины, гибридов тополей, карельской березы, дуба, ясеня, вяза, ореха, лещины и др. [1, 6 и др.].

Но мало отобрать плюсовые деревья, выделить хозяйственно важные формы, вывести экономически эффективные сорта. Этот материал необходимо еще размножить без потери его ценных свойств. К настоящему времени наиболее надежным способом сохранения генетических свойств организмов является их клоновое размножение. Для выявления ценных клонов проводилось их сортоиспытание по специально разработанным методикам. Однако для многих размножающихся семенным путем пород этот способ не всегда применим и эффективен, поэтому разрабатываются другие методы, позволяющие добиваться практических результатов.

В лесном хозяйстве для этой цели было предложено создавать временные лесосеменные участки (ВЛСУ) однократного использования и постоянные лесосеменные участки (ПЛСУ) многолетнего использования в существующих насаждениях (*in situ*), а также лесосеменные плантации (ЛСП), заложенные на специально подготовленных площадях (*ex situ*). Первоначально использовались лесосеменные плантации так называемого первого порядка, или поколения (ЛСП-I), которые создавались прививкой черенков, заготовленных из лучших плюсовых деревьев хвойных и лиственных пород, или сеянцами, выращенными из семян плюсовых деревьев. Шведские исследователи, развивавшие этот путь, считали, что полученные на таких плантациях семена будут в значительной степени сохранять ценные генетические качества отобранных плюсовых деревьев [12].

Помимо этой уверенности созданию таких плантаций способствовал также ряд положительных моментов: они были технологичны как при их создании, так и при заготовке семян; заготавливать шишки на них было легче, чем на зимних лесосеках; урожай семян на них был выше, чем в обычных насаждениях; эти семена были местного происхождения; на них происходило накопление ценного генофонда.

Однако как при всяком массовом отборе выделению и использованию плюсовых деревьев в ЛСП-I сопутствовал и ряд недостатков: невозможность проверки отбираемых растений по их потомству ввиду объединения в общем сборе семян наследственно ценных деревьев и таких, которые выделяются в результате положительных модификаций, вызванных лучшими условиями

роста; нельзя выделить из популяций наиболее ценные формы и реализовать их преимущества, так как их мало в общем сборе семян и они не могут оказать существенного влияния на общий результат; относительная односторонность, так как отбор идет только по материнской линии и его результаты основаны на аддитивном генетическом эффекте.

Для хотя бы частичного преодоления этих недостатков было предложено определять генетическую ценность плюсовых деревьев по их семенному потомству в испытательных культурах (ИК). Плюсовые деревья, семенное потомство которых в ИК показывало в среднем достоверное превосходство над контролем, были названы элитными. Из черенков элиты рекомендовалось создавать лесосеменные плантации второго порядка (ЛСП-II). Проблема заключалась в том, что достоверное заключение о ценности того или иного плюсового дерева, учитывая длительность онтогенеза древесных пород, могло быть получено только десятилетия спустя.

Поэтому появилась идея производить предварительную оценку вегетативного потомства плюсовых деревьев. По результатам этой оценки отбирались деревья, потомство которых подтверждало ценность их генотипа, из которых было предложено создавать прививочные семенные плантации так называемого полуторного поколения (ЛСП-1,5).

После отбора ценных генотипов в результате испытания потомств выяснилось, что не во всех случаях сочетание тех или иных пар лучших деревьев дает хорошие результаты. Отбор на общую комбинационную способность (ОКС) позволял выявить только ценность семенных (материнских) деревьев, а вклад отцовских деревьев оставался неизвестным. Поэтому потребовалось проводить исследования по изучению специфической комбинационной способности (СКС) отобранных плюсовых деревьев. Из пар деревьев, дающих высокопродуктивное потомство, возможно создание семенных плантаций третьего поколения (ЛСП-III), или биклоновых.

Наряду с этим разрабатывались и другие методы репродукции (линейные и межлинейные гибриды, клональное микроразмножение, искусственные семена и др.).

Параллельно разрабатывались методы получения и испытания сортов лесных древесных растений. В обиход вошел сельскохозяйственный термин «сортывыведение». Был опубликован ряд методик государственного сортоиспытания лиственных и хвойных пород и утверждена общая часть Методики государственного сортоиспытания лесных древесных растений [4].

В результате анализа развития селекции лесных древесных растений в разных странах и в регионах нашей страны можно предложить следующую примерную схему селекции и репродукции лесных древесных растений (см. рисунок).



Интегральная схема селекции и репродукции лесных древесных растений

В данной схеме сделана попытка представить гипотетически необходимый комплекс генетико-селекционных работ в целях получения практически важных результатов. Естественно, что в каждом конкретном регионе, соотносясь с естественно-географическими условиями произрастания, экономико-

социальными возможностями и предпочтительными лесными древесными породами, в тот или иной период развития лесного хозяйства могут быть выделены свои приоритеты.

Остановимся на достижениях так называемой плюсовой селекции. По данным ФБУ «Рослесозащита» на 1.01.2012 г. в стране имеются в наличии следующие объекты лесной селекции (табл. 1).

Таблица 1

**Объекты селекции и семеноводства лесных древесных пород в России**

Объекты <i>in situ</i>	Количество	Объекты <i>ex situ</i>	Количество
Плюсовые деревья, экз.	35 065	ЛСП, га	6 239
Плюсовые насаждения, га	15 206	В том числе повышенной генетической ценности	131
ПЛСУ, га	20 580	Архивы клонов, га	589
В том числе:			
аттестованные	16 253	Маточные плантации, га	227
семеносящие	14 952	Испытательные культуры, га	821
Из них для заготовки улучшенных семян	858	Популяционно-экологические культуры, га	31
Лесные генетические резерваты, га	205 501	Географические культуры, га	872

Рассмотрим более детально два показателя: число плюсовых деревьев и площадь лесосеменных плантаций. В разрезе отдельных лесных пород приводятся следующие данные (табл. 2).

Таблица 2

**Распределение плюсовых деревьев и лесосеменных плантаций по отдельным древесным породам в России**

Лесные древесные породы	Плюсовые деревья, экз.	ЛСП, га
Сосна обыкновенная	16 310	3 321
Сосна сибирская	3 002	409
Ель (род)	5 944	1 336
Лиственница (род)	3 945	713
Пихта (род)	436	2
Дуб черешчатый	3 396	335
Бук (род)	625	11
Береза (род)	405	51
Орех (род)	172	2
Прочие	830	59
<i>Всего</i>	35 065	6 239

Много или мало это по сравнению с другими странами? В нашей стране на 1.01 2011 г., по данным Федерального агентства лесного хозяйства, насчитывалось 770 621 тыс. га лесопокрытой площади. Из этого, видно, что в России одно плюсовое дерево отобрано в среднем на 21 977 га, а один гектар плантации создан на 123 517 га лесопокрытой площади.

В соседней Финляндии к 2000 г. было отобрано 13 572 плюсовых дерева [5], т. е. при лесопокрытой площади Финляндии в 20 247 тыс. га одно плюсовое дерево было отобрано на 1 492 га покрытой лесом площади. Получается, что к началу XXI в. в Финляндии интенсивность отбора плюсовых деревьев была в 15 раз выше, чем у нас в настоящее время.

В Швеции, где площади, покрытые лесом, составляют 27 134 тыс. га, интенсивность отбора плюсовых деревьев была даже выше, чем в Финляндии. К 1995 г. в Швеции было отобрано и использовано для закладки испытательных популяций около 6 000 плюсовых деревьев сосны обыкновенной, 1 300 плюсовых деревьев сосны скрученной, отобранных в Канаде, а также 24 500 плюсовых деревьев ели европейской. С учетом нескольких сот плюсовых деревьев лиственных пород (береза повислая и пушистая, ольха черная) всего в Швеции было отобрано около 32 000 плюсовых деревьев [7]. Одно дерево отбиралось на 848 га лесопокрытой площади, или в 26 раз интенсивней, чем у нас.

Что касается создания лесосеменных плантаций, то к 2010 г. в Финляндии было создано и аттестовано (после списания 655 га ЛСП-I) 2 834 га [11], т. е. 1 га ЛСП-I и ЛСП-I,5 создан на 7 144 га лесопокрытой площади с плотностью в 17 раз выше, чем в России.

В Швеции (по данным Д. Линдгрена и др. [14]) к 2008 г. числилось 1 433 га ЛСП-I и ЛСП более высокого порядка с более высокой урожайностью и генетической ценностью [14]. Один гектар ЛСП в этой стране приходится на 18 935 га лесопокрытой площади, т. е. плотность ЛСП здесь в 6,5 раз выше, чем в России. Эта цифра несколько ниже, чем в Финляндии, но надо учитывать тот факт, что шведы много импортируют семян ели из Белоруссии и Прибалтики, поскольку насаждения, созданные из них в Швеции, превосходят по продуктивности насаждения из местных семян.

Таким образом, сопоставление полученных результатов селекции в соседних северных странах и в России не в нашу пользу, и нам необходимо усилить эту работу, если мы хотим быть конкурентоспособными в области лесовосстановления.

Выведенные и отселектированные растения могут значительно поднять экономическую эффективность лесоразведения. Конкретные цифры могут быть разными, и в публикациях разных авторов они имеют значительный разброс. Для ориентирования можно привести результаты шведских исследователей (Д. Линдгрена и др.) [14]. По их данным использование семян плюсовых деревьев в насаждениях дало генетический выигрыш в 6 %. Более значительные результаты будут получены при использовании испытанных по потомству

плюсовых деревьев. Исследования по таким оценкам были проведены во многих районах страны. Они показали, что генетический выигрыш при создании насаждений из семян от испытанных деревьев для сосны обыкновенной (по оценке в 24 пунктах) может составлять от 10,0 до 25,0 % (в среднем 14,4 %), для ели европейской (по оценке в 10 пунктах) – от 10,0 до 24,0 % (в среднем 16,3 %).

#### *Выводы*

Лесная селекция прошла сложный путь развития от полной неприемлемости до уровня фундаментальной и практически важной прикладной науки. Заимствованные и разработанные для лесных древесных растений классические методы позволили достичь определенных хозяйственно ценных результатов.

К настоящему времени наибольший интерес в научном плане представляют исследования по интенсификации селекционного процесса, увеличению продуктивности при сохранении генетического разнообразия, повышению доли генотипов с высокой генетической ценностью на лесосеменных плантациях, выведению и отбору сортов для создания быстрорастущих, высокопродуктивных, устойчивых к неблагоприятным условиям среды плантационных, мелиоративных, рекреационных и других видов насаждений.

В производстве, особенно в зарубежной практике, широко используется плантационное лесоразведение с использованием сортового и отселектированного посадочного материала и агролесоводственные подходы, в том числе использование быстрорастущих растений для повышения экономической эффективности полезащитного лесоразведения.

Из методов репродукции в производственных целях в настоящее время широко используются ЛСП-I. Однако для повышения эффективности лесосеменного дела необходимо создание ЛСП-I,5, ЛСП-II, ЛСП-III и отделений вегетативной репродукции лучших сортов лесных древесных растений. Наряду с этими методами в отечественных лабораториях исследуются, а в зарубежной практике не только изучаются, но и довольно широко используются методы клонального микроразмножения, получения и использования соматических гибридов, трансгенных организмов и искусственных семян.

Изучение экономической эффективности использования селекционно улучшенного и сортового материала показало перспективность дальнейших селекционных работ с лесными древесными растениями.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Альбенский А.В. Селекция древесных пород и семеноводство. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1959. 306 с.
2. Бессчетнов В.П., Бессчетнова Н.Н. Селекционная оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной методами многомерного анализа // Лесн. журн. 2012. № 2. С. 58–64. (Изв. высш. учеб. заведений).
3. Вересин М.М. Лесное семеноводство. М.: Гослесбумиздат, 1963. 158 с.
4. Методика государственного сортоиспытания лесных пород (общая часть). М.: Гос. комиссия по сортоиспытанию с/х культур при Мин-ве сельск. хоз-ва СССР, 1981. 44 с.

5. Туртиайнен М., Юнтунен А. Заготовка и переработка семян. АО «Форелия», Лесн. служба Финляндии (перевод серии пленок). 2000. 60 с.
6. Яблоков А.С. Селекция древесных пород. М.: Сельхозиздат, 1962. 433 с.
7. Breeding Programmes in Sweden // Arbetsrapport N 302. Uppsala: Scog Forsk, 1995. 25 P.
8. Carle J., Holmgren P. Wood from Planted Forests: A Global Outlook 2005–2030 / Journal Forest Products. 2008. Vol. 58, N 12. P. 6–18.
9. Del Lungo A. Ball J., Carle J. Global planted forests thematic study. Results and analysis // Planted Forests and Trees Working Papers. Working Paper FP/38. Rome, Italy: FAO, 2006. 168 p.
10. Larsen C.S. Genetics in Silviculture. London: Oliver and Boyd, 1956. 224 p.
11. Leinonen K. Control Activities of Forest Reproductive Material in Finland. Mode access: [www.evira.fi/.../forest.../kari\\_leinonen.pdf](http://www.evira.fi/.../forest.../kari_leinonen.pdf)
12. Lindquist B. Forstgenetik in schwedischen Waldbaupraxis. Radebene und Berlin: Neumann Verlag, 1954. 156 S.
13. Rosvall O. Enhancing Gain from Long-Term Forest Tree Breeding while Conserving Genetics Diversity: Doctoral thesis Swedish University of Agricultural Sciences. Umea, 1999. 65 p.
14. Seed orchards: Proceeding from a conference at Umea. Sweden, September 26–28, 2007 / Editor Dag Lindgren. Umea, 2008. 255 p.
15. Sinclair F.L. Agroforestry // Encyclopedia of Forest Sciences. Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo: Elsevier Ltd, 2004. P. 27–32.

Поступила 04.10.12

**A.P. Tsarev, N.V. Laur**  
Petrozavodsk State University

### **Promising Trends of Breeding and Reproduction of Woody Plants**

The article presents a brief analysis of breeding and reproduction of woody plants both in Russia and abroad. Key development trends in this area are singled out; a hypothetical integral plan of breeding and reproduction is suggested; short-term promising trends of genetic breeding in forest management are introduced.

*Key words:* forest tree breeding, reproduction, seed orchards, integral plan of breeding and reproduction, promising trends.

---

УДК 630\*165.6 + 630\*232.311.3

**В.П. Бессчетнов, Н.Н. Бессчетнова**

Нижегородская сельскохозяйственная академия

Бессчетнов Владимир Петрович родился в 1952 г., окончил в 1975 г. Казахский сельскохозяйственный институт, доктор биологических наук, профессор, декан факультета лесного хозяйства, заведующий кафедрой лесных культур Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. Имеет 116 научных работ в области лесных культур, селекции и интродукции древесных и кустарниковых видов, эффективности лесной селекции и совершенствования селекционного потенциала природных популяций и плюсовых деревьев основных лесообразующих пород.

E-mail: lesfak@bk.ru



Бессчетнова Наталья Николаевна окончила в 1989 г. Казахский сельскохозяйственный институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесных культур Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. Имеет около 50 научных работ в области эффективности лесной селекции и совершенствования селекционного потенциала плюсовых деревьев основных лесообразующих пород, селекции сосны обыкновенной.

E-mail: besschetnova1966@mail.ru



## **ОБРАЗОВАНИЕ И ЛИГНИФИКАЦИЯ КСИЛЕМЫ ПЛУСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ**

Установлен наследственный характер различий плюсовых деревьев сосны обыкновенной по формированию клеток ксилемы и их лигнификации. Различия проявились на выровненном экологическом фоне архива клонов в условиях Нижегородской области и подтверждены результатами одно- и двухфакторного дисперсионного анализа.

*Ключевые слова:* сосна обыкновенная, плюсовые деревья, архив клонов, ксилема, лигнификация клеток.

Селекционное совершенствование важнейших в хозяйственном отношении древесных пород рассматривается как одно из условий интенсификации лесного сектора национальной экономики [4, 5, 13, 14]. Такая стратегия отраслевого развития на современном этапе принята во многих странах. Ее основные аспекты: создание постоянной лесосеменной базы и единого генетико-селекционного комплекса, оптимизация ассортимента их объектов [5, 9, 10, 13, 14]. Представители рода сосна (*Pinus* L.) и среди них сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) традиционно рассматриваются как наиболее ценные, широко и разнообразно используемые древесные растения. Целесообразность многоплановых исследований их селекционного потенциала подтверждается многочисленными публикациями [1, 2, 4, 8, 10–12]. Нижегородская

область в силу наличия на ее территории большого числа лесосеменных плантаций, архивов клонов, испытательных и географических культур, занимающих значительные площади, выступает прекрасным полигоном для проведения подобных работ [3, 7].

Цель исследований состояла в получении сравнительной оценки плюсовых деревьев сосны обыкновенной, введенных в состав объектов постоянной лесосеменной базы и единого генетико-селекционного комплекса по темпам образования и степени лигнификации ксилемы. Объектом исследования выступали плюсовые деревья сосны обыкновенной, вегетативное потомство которых представлено в архиве клонов № 12 государственного бюджетного учреждения Нижегородской области (ГБУ НО) «Семеновский спецлесхоз».

Каждое из 40 плюсовых деревьев (ортетов) в выборке было представлено 5 своими клонами (раметами.). При этом обеспечивалась территориальная полнота и равномерность их размещения на площади архива. Учетные побеги (в количестве не менее 3) заготавливали в среднем поясе периферии хорошо освещенного участка кроны. Первичной единицей выборки в опыте принят однократный учет временных препаратов поперечных срезов из средней части годичного прироста, которые после окрашивания и фиксации визировали с помощью микроскопа Микмед-2. Сроки взятия проб – декабрь 2010 г., когда камбий прекратил свою деятельность, формирование ксилемы завершено и все ее клетки претерпели лигнификацию [3]. Одревеснение клетчатки в стенках клеток ксилемы выявляли с помощью качественной реакции флороглюцина на лигнин [6]. Корректность визуального определения степени и характера окрашивания тестировали на эталонах сравнения, которыми выступали срезы, не обработанные реагентом [3]. Степень лигнификации ксилемы устанавливали по соотношению ее зон с различным уровнем одревеснения. Интенсивность окрашивания тканей выступала качественным индикатором накопления лигнина и оценивалась в баллах от 0 до 5 [3]. Это позволяло выявить долю клеток с полной лигнификацией (одревесневших: 5 баллов), с частичной лигнификацией (полуодревесневших: 1 – 4 балла), без лигнификации (неодревесневших: 0 баллов). Баланс между зонами ранней и поздней ксилемы устанавливали в десятичных дробных числах как отношение числа рядов клеток в каждой из них.

В схему опыта были включены признаки непосредственного визуального учета и показатели, полученные путем их преобразования. Им были присвоены следующие нумерация и название: признак 1 – общее количество рядов клеток при радиальном визуальном учете в зоне ксилемы; признак 2 – число клеток ранней ксилемы; признак 3 – число неодревесневших клеток; признак 4 – число полуодревесневших клеток; признак 5 – коэффициент одревеснения как сумма отношений произведения числа рядов клеток на оценку их лигнификации в баллах (от 0 до 5 баллов) к максимальной (5 баллов) оценке; признак 6 – абсолютный процент одревеснения как отношение разницы

между общим числом рядов клеток и числом неодревесневших клеток к общему числу клеток; признак 7 – относительный процент одревеснения как отношение суммы полностью одревесневших клеток и коэффициента относительного одревеснения к общему числу клеток; признак 8 – сумма полностью одревесневших клеток ранней и поздней ксилемы, имеющих оценку 5 баллов; признак 9 – общий относительный процент одревеснения: сумма скорректированных на долю от полного одревеснения численностей клеток ксилемы, имеющих любую степень одревеснения, отнесенная к их общему количеству в процентах.

В ходе анализа интенсивности формирования и степени лигнификации клеток ксилемы в годичных побегах плюсовых деревьев, представленных в архиве клонов № 12, установлена их неоднородность по значениям изучаемых показателей (рис. 1 – 3).

Изучаемые плюсовые деревья оказались неодинаковыми по числу клеток ксилемы (рис. 1). Наибольшее среднее значение ( $46,00 \pm 1,76$  шт. у К-615) в 1,4 раза превышает соответствующий минимум ( $33,67 \pm 1,45$  шт. у К-621). Достаточно велики оценки плюсовых деревьев с индексами К-602, К-616, К-623. Другие (К-604, К-584, К-586) сформировали наименьшее количество клеток. Большая часть сравниваемых образцов в той или иной степени приближена к общему среднему значению ( $39,27 \pm 0,31$  шт.).

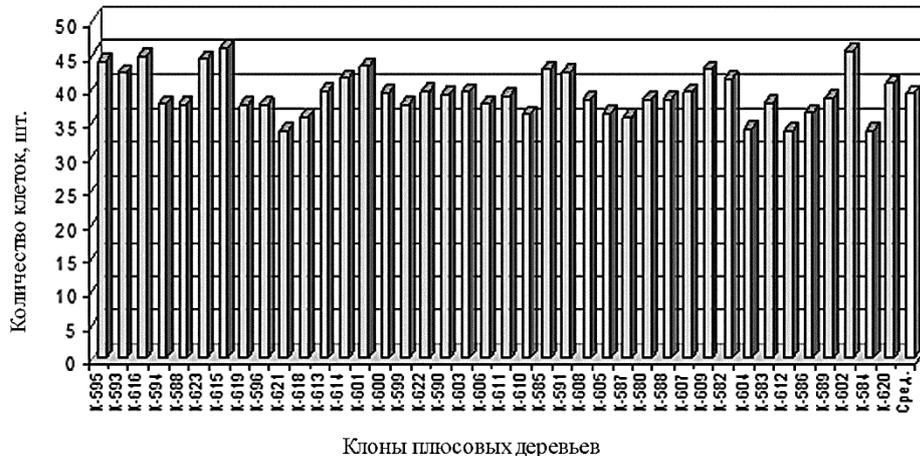


Рис. 1. Число слоев клеток ксилемы в побегах плюсовых деревьев

Различия между плюсовыми деревьями достаточно контрастно проявились и по числу неодревесневших клеток (рис. 2).

Разброс средних значений этого параметра составил от 0,00 шт. (у К-604) до  $5,87 \pm 0,26$  шт. (у К-616) при обобщенном среднем значении  $4,16 \pm 0,09$  шт. В определенной мере отмеченные соотношения между сравниваемыми образцами адекватны показателям одревеснения клеток ксилемы (рис. 3).

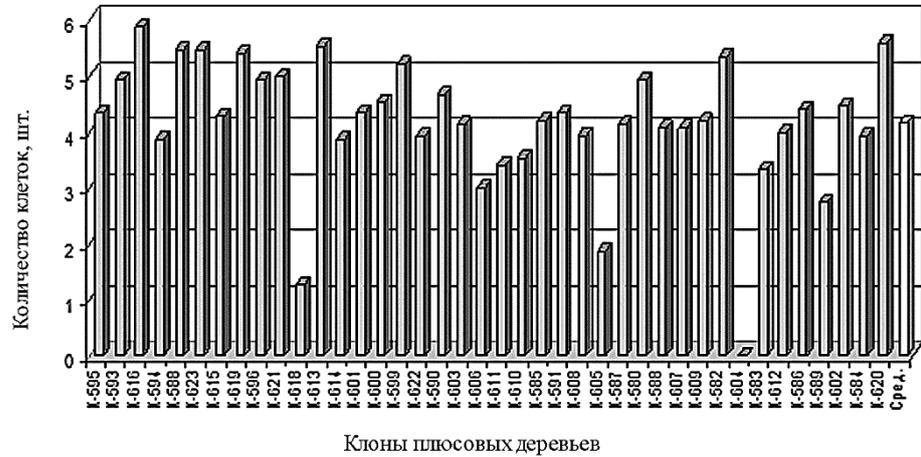


Рис. 2. Число неодресневших клеток ксилемы в побегах плюсовых деревьев

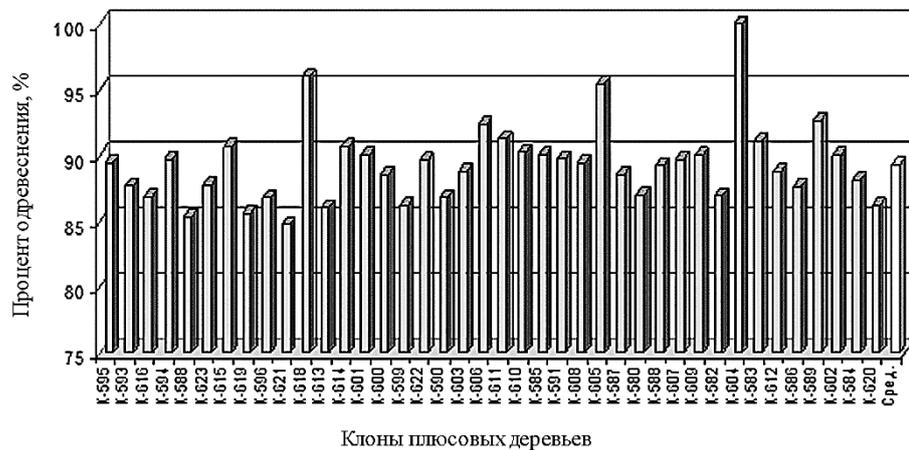


Рис. 3. Процент одревесневших клеток ксилемы в побегах плюсовых деревьев

Как видно на рис. 2 и 3, объекты, обладавшие минимальным числом неодресневших клеток, имели наиболее высокий уровень их лигнификации: К-604 (100,00±0,00 %); К-818 (96,02±1,63 %); К-605 (95,45±1,52 %). Напротив, те из них, которые характеризовались достаточным присутствием неодресневших клеток, преимущественно демонстрировали меньший процент лигнификации: К-588 (85,35±0,99 %); К-621 (84,78±1,42 %); К-623 (87,83±1,31 %). В целом несовпадение значений одревеснения клеток ксилемы плюсовых деревьев оказалось весьма заметным.

Минимальное число неодресневших клеток ксилемы или полное их отсутствие свидетельствует о большей степени подготовленности растений к неблагоприятному зимнему периоду. Нередко большое число клеток неодре-

весневшей ксилемы свойственно образцам с высоким общим числом клеток ксилемы, что свидетельствует о способности камбия формировать клетки ксилемы достаточно долго. При этом минимум лигнификации соответствует образцам с общим ограниченным числом слоев клеток ксилемы – их камбий прекратил работу раньше, и все клетки успели завершить процесс лигнификации. Они более приспособлены к существующим природным условиям. Следует отметить, что указанные различия проявились на выровненном экологическом фоне при соблюдении принципа единственного логического различия.

Существенность обнаруженных различий между плюсовыми деревьями по анализируемым показателям подтвердил однофакторный дисперсионный анализ (табл. 1).

Как свидетельствуют материалы табл. 1, различия между плюсовыми деревьями, размещенными в архиве клонов № 12, оказались достоверными по всем анализируемым признакам. Опытные критерии Фишера превосходят табличные значения как на 5-, так и на 1-процентном уровне значимости. Наименьшая существенная разность и *D*-критерий Тьюки обозначают критический порог существенности различий и позволяют установить, между какими объектами он будет превышен.

Доля влияния организованных факторов, которые в нашем случае определены принадлежностью к тому или иному плюсовому дереву, при оценках по методу Плохинского составляла от 16,79 (признак 8) до 31,07 % (признаки 7 и 9). Полученный результат свидетельствует о заметной генотипической обусловленности различий между вегетативными потомствами плюсовых деревьев по способности формировать ксилему и темпам ее лигнификации. Достигнутые оценки соответствуют представлению о выровненности условий произрастания на каждом из опытных участков и минимизации в соответствии с этим влиянием внешних факторов на дифференциацию анализируемых

Таблица 1

**Оценки существенности различий между плюсовыми деревьями по степени развития и уровню одревеснения ксилемы**

Признак	Критерий Фишера		Доля влияния фактора ( $h^2 \pm s_{h^2}$ )				Критерии различий	
			по Плохинскому		по Снедекору			
	$F_{оп}$	$F_{05}$	$h^2$	$\pm s_{h^2}$	$h^2$	$\pm s_{h^2}$	$HCP_{05}$	$D_{05}$
1	3,38	1,40	0,1907	0,0564	0,1371	0,0601	5,02	9,06
2	5,30	1,40	0,2695	0,0509	0,2227	0,0541	3,19	5,75
3	6,09	1,40	0,2980	0,0489	0,2535	0,0520	1,32	2,38
4	3,72	1,40	0,2056	0,0553	0,1533	0,0590	3,93	7,09
5	3,73	1,40	0,2061	0,0553	0,1539	0,0589	3,91	7,05
6	5,70	1,40	0,2843	0,0498	0,2387	0,0530	3,49	6,29
7	6,47	1,40	0,3107	0,0480	0,2673	0,0510	3,34	6,03
8	2,90	1,40	0,1679	0,0580	0,1123	0,0618	4,91	8,86
9	6,47	1,40	0,3107	0,0480	0,2673	0,0510	3,34	6,03

растений по учитываемому показателю. Вместе с тем влияние неорганизованных факторов, в число которых могут быть включены и факторы среды, оказалось преобладающим и во всех случаях учета близко к 70 % и выше. Данное обстоятельство указывает на значительную зависимость способности плюсовых деревьев накапливать в своих побегах то или иное количество слоев клеток ксилемы от воздействия внешних условий. Оно способно нивелировать разницу в показателях, имеющую генотипическую природу, и предопределяет возможность достаточно больших изменений в фенотипических проявлениях признака.

Эффективность действия всех организованных факторов, вызывающих различия между плюсовыми деревьями по уровню развития и лигнификации клеток ксилемы, позволил установить двухфакторный иерархический дисперсионный анализ (табл. 2).

Таблица 2

**Существенность различий между плюсовыми деревьями  
и их клонами по степени развития ксилемы и уровню ее одревеснения**

Признак	Источник дисперсии	Критерий Фишера		Доля влияния фактора ( $h^2 \pm s_{h^2}$ )			
		$F_{оп}$	$F_{05}$	по Плохинскому		по Снедекору	
				$h^2$	$\pm s_{h^2}$	$h^2$	$\pm s_{h^2}$
1	Ортеты	2,89	1,50	0,1907	0,0789	0,1391	0,0839
	Раметы	1,26	1,24	0,2709	0,2916	0,0681	0,3728
	Остаток	–	–	0,5384	0,4616	0,7928	0,2072
2	Ортеты	5,37	1,50	0,2695	0,0712	0,2227	0,0758
	Раметы	0,98	1,24	0,2058	0,3177	0	0
	Остаток	–	–	0,5247	0,4753	0,7773	0,2175
3	Ортеты	5,81	1,50	0,2980	0,0684	0,2536	0,0728
	Раметы	1,07	1,24	0,2103	0,3159	0,0168	0,3933
	Остаток	–	–	0,4918	0,5082	0,7296	0,2704
4	Ортеты	2,74	1,50	0,2056	0,0775	0,1569	0,0822
	Раметы	1,58	1,24	0,3077	0,2769	0,1367	0,3453
	Остаток	–	–	0,4867	0,5133	0,7064	0,2936
5	Ортеты	2,72	1,50	0,2061	0,0774	0,1577	0,0821
	Раметы	1,61	1,24	0,3112	0,2755	0,1427	0,3429
	Остаток	–	–	0,4826	0,5174	0,6996	0,3004
6	Ортеты	5,51	1,50	0,2843	0,0698	0,2389	0,0742
	Раметы	1,05	1,24	0,2116	0,3153	0,0124	0,3950
	Остаток	–	–	0,5041	0,4959	0,7488	0,2512
7	Ортеты	6,08	1,50	0,3107	0,0672	0,2673	0,0714
	Раметы	1,09	1,24	0,2096	0,3161	0,0219	0,3912
	Остаток	–	–	0,4797	0,5203	0,7108	0,2892
8	Ортеты	2,50	1,50	0,1679	0,0811	0,1145	0,0863
	Раметы	1,23	1,24	0,2751	0,2900	0,0643	0,3743
	Остаток	–	–	0,5570	0,4430	0,8213	0,1787
9	Ортеты	6,08	1,50	0,3107	0,0672	0,2673	0,0714
	Раметы	1,09	1,24	0,2096	0,3161	0,0219	0,3912
	Остаток	–	–	0,4797	0,5203	0,7108	0,2892

Во всех вариантах опыта различия между собственно плюсовыми деревьями – ортетами (каждое представлено комплексом клонов – рамет), оказались существенными. Опытные критерии Фишера превосходят соответствующие критические значения на 5- и 1-процентном уровнях значимости. Влияние фактора «различия между ортетами» достоверно и достаточно велико: от 16,79 % (по Плохинскому) и 11,45 % (по Снедекору) у признака 8 до 31,07 % (по Плохинскому) и 26,73 % (по Снедекору) у признаков 7 и 9.

Влияние этого фактора оказалось достоверным только при анализе по признакам 1, 4, 5. При этом эффективность его действия в целом сопоставима с результативностью фактора высшей иерархии. Возникновение влияния данного фактора связано с неоднородностью вегетативного потомства одного плюсового дерева и может быть объяснено из соображений о разнокачественности прививок. Остаточная дисперсия, формирующаяся под контролем факторов среды, преобладает практически во всех случаях: на ее долю приходится до 55,70 % (по Плохинскому) и 82,13 % (по Снедекору).

Таким образом, можно отметить, что плюсовые деревья сосны обыкновенной, представленные своими клонами в их архивах, существенно различаются по способности формировать ксилему в годичных побегах. Отмеченная неоднородность в значительной мере обусловлена генотипически, что подтвердили результаты одно- и двухфакторного дисперсионного анализа.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бессчетнов В.П., Бессчетнова Н.Н. Селекционная оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной методами многомерного анализа // Лесн. журн. 2012. № 2(326). С. 58–64. (Изв. высш. учеб. заведений).
2. Бессчетнова Н.Н. Содержание жиров в клетках побегов плюсовых деревьев сосны обыкновенной // Лесн. журн. 2012. № 4(328). С. 48–55. (Изв. высш. учеб. заведений).
3. Бессчетнова Н.Н. Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Селекционный потенциал плюсовых деревьев. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & со. KG, 2011. 402 с.
4. Ефимов Ю.П. Семенные плантации в селекции и семеноводстве сосны обыкновенной. Воронеж: Истоки, 2010. 253 с.
5. Правдин Л.Ф., Яркин В.П. Научные основы организации устойчивой лесосеменной базы // Научные основы селекции хвойных древесных пород. М.: Наука, 1978. С. 125–142.
6. Прозина Н.М. Ботаническая микротехника. М.: Высш. шк., 1960. 205 с.
7. Рутковский И.В. Состояние лесного семеноводства и перспективы его развития // Пятый всерос. съезд лесоводов (25–27 февр. 2003 г.). М.: ВНИИЛМ, 2003. С. 190–194.
8. Factors affecting effective population size estimation in a seed orchard: a case study of *Pinus sylvestris* / D.Gömöry, R. Longauer, L. Paule, R. Bruchánik [Access 11.04.2012: <http://www.cabi.org/forestsience/FullTextPDF/2011/20113212240.pdf>] // SLU/Publikationstjänst, Uppsala, Sweden, / Seed orchards: Proceedings from a conference at Umeå, Sweden, 26-28 September, 2007. P. 242–253.

9. *Foff V., Foffová E.* PROSAD a tool for projecting and managing data about seed orchards [Access 11.04.2012: <http://www.cabi.org/forests/science/FullTextPDF/2011/20113212210.pdf>] // SLU/Publikationstjänst, Uppsala, Sweden, / Seed orchards: Proceedings from a conference at Umeå, Sweden, 26–28 September, 2007. P. 60–69.

10. *Fries A., Lindgren D., Andersson B.* The Swedish Scots pine seed orchard Västerhus: a study of linear deployment [Access 11.04.2012: <http://www.cabi.org/forests/science/FullTextPDF/2011/20113212211.pdf>] // SLU/Publikationstjänst, Uppsala, Sweden, / Seed orchards: Proceedings from a conference at Umeå, Sweden, 26–28 September, 2007. P. 70–78.

11. Genetic comparison of *Pinus brutia* Ten. populations from different elevations by RAPD markers / Y. Kurt, B. B. Bilgen, N. Kaya, K. Isik [Access 11.04.2012: <http://www.cabi.org/forests/science/FullTextPDF/2011/20113388907.pdf>] // Notulae Botanicae, Horti Agrobotanici, Cluj-Napoca. 2011. Vol. 39, N 2. P. 299–304.

12. Growth differences in the Progeny Trials of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) / M. Kurm, A. Kiviste, U. Kaur, T. Maaten [Access 11.04.2012: <http://www.cabi.org/forests/science/FullTextPDF/2010/20103203140.pdf>] // Metsanduslikud Uurimused. 2009. Vol. 50. P. 84–97.

13. *Matras J.* A review of the seed orchard programme in Poland [Access 11.04.2012: <http://www.cabi.org/forests/science/FullTextPDF/2011/20113212228.pdf>] // SLU/Publikationstjänst, Uppsala, Sweden, / Seed orchards: Proceedings from a conference at Umeå, Sweden, 26–28 September, 2007. P. 165–176.

14. Swedish seed orchards for Scots pine and Norway spruce / D. Lindgren, B. Karlsson, B. Andersson, F. Prescher [Access 11.04.2012: <http://www.cabi.org/forests/science/FullTextPDF/2011/20113212224.pdf>] // SLU / Publikationstjänst, Uppsala, Sweden, / Seed orchards: Proceedings from a conference at Umeå, Sweden, 26–28 September, 2007. P. 142–154.

Поступила 22.05.12

**V.P. Besschetnov, N.N. Besschetnova**  
Nizhny Novgorod State Agricultural Academy

#### **Formation and Lignification of Xylem of Scotch Pine Elite Trees**

We have determined the hereditary nature of differences of Scotch Pine elite trees in xylem cell formation and lignification. The differences were revealed against an even environmental background of the clone archive under the conditions of the Nizhny Novgorod Region, and confirmed by the results of the one-factor and two-factor dispersion analysis.

*Key words:* Scots Pine, elite trees, clone archive, xylem, cell lignification.

УДК 630.237

**Б.В. Бабиков**

С.-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова

Бабиков Борис Васильевич родился в 1932 г., окончил в 1958 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой почвоведения и гидромелиорации С.-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова, заслуженный деятель науки РФ. Имеет более 200 печатных работ в области гидрологии осушенных болот и их лесокультурного освоения.

E-mail: Subota\_m@mail.ru



## **СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ГИДРОМЕЛИОРАЦИИ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

Рассмотрены этапы становления и развития осушения лесных земель и формирование вузовского курса гидромелиорации и исследования результатов осушения.

*Ключевые слова:* гидромелиорация лесных земель, стационары исследования, экспедиции, лесные опытные станции.

Первые работы по осушению лесных земель в России проведены в Лисинском учебном лесничестве С.-Петербургского лесного института (впоследствии Лесотехническая академия, в настоящее время СПбГЛТУ). В 1841 г. было осушено болото Суланда и прилегающие заболоченные земли на площади около 350 га. Осушение выполнялось без проекта. Осушительные каналы подвели к естественным водотокам с учетом направления течения воды в период снеготаяния и ливневых осадков. Впоследствии осушительная сеть была дополнена. Сейчас на большей части осушенной территории произрастают хвойные древостои с запасом древесины более 600 м<sup>3</sup>/га.

В 1847 г. по специальному проекту капитана корпуса лесничих И.Г. Войнюкова в лесничестве был осушен крупный лесной массив – Хейновское болото с прилегающими переувлажненными землями общей площадью около 2500 га. Для обоснования целесообразности осушения была проведена оценка существующего древостоя и составлен прогноз ожидаемого прироста и эффективности осушения, рассчитана стоимость работ в сопоставлении с ожидаемой прибылью. (Следует отметить, что проект И.Г. Войнюкова в дальнейшем послужил ориентиром при проектировании осушительных работ в России). В настоящее время в сохранившейся части осушенного Хейновского болота произрастают хвойные, в основном, сосновые древостои с запасом до 500 м<sup>3</sup>/га.

Наличие большого количества заболоченных земель и болот, а возможно, и успехи осушения привели к созданию в 1873–1894 гг. двух экспедиций по осушению болот – Западной и Северной, в задачу которых входило проектирование и производство осушительных работ.

Западную экспедицию возглавлял генерал И.И. Жилинский, выпускник Института инженеров путей сообщения. Наиболее значимыми объектами осушения того времени являлись Пинские болота в Полесье, где работы велись около 20 лет, и объекты в Рязанской, Владимирской и Тверской губерниях.

Северной экспедицией руководил вице-инспектор Корпуса лесничих, выпускник Лесного института И. Кавгустинович. Этой экспедицией была осушена большая часть болот в С.-Петербургской, Олонецкой, Ярославской Новгородской губерниях и в Прибалтике.

К началу XX в. всего было осушено около 300 тыс. га болот, что весьма значительно, если учесть, что работы выполнялись вручную. Внутренняя обстановка России того времени была сложная, и осушительные работы прекратились более чем на полвека.

Интенсивные осушительные работы вновь возобновились в начале 50-х гг. прошлого века. Был создан институт «Союзгипролесхоз» с филиалами в городах и республиках Советского Союза. Руководителем проекта был известный ученый Е.Д. Сабо. Появились и механизированные лесхозы с задачами осушения лесных земель.

В 1963 г. при Министерстве лесного хозяйства был создан отдел «Рослесмелиорация», который возглавил энтузиаст своего дела Л.В. Подлесский, а также около 50 лесных мелиоративных станций, которыми было осушено более 1,5 млн га болот и заболоченных земель. В отдельные годы осушалось до 200 тыс. га. В настоящее время в лесах России считаются осушенными около 3 млн га болот. К середине 80-х гг. прошлого века в Карелии было осушено 613, в Ленинградской области – 514, в Архангельской – 266, в Калининградской – 224, в Вологодской – 174 тыс. га.

Осушение и проектирование гидромелиоративных систем проводилось на основе изучения опыта прошлых лет. Первые исследования роста древостоев на осушенных землях были проведены Д.М. Кравчинским, изучавшим в начале XX в. результаты осушения лесов в Лисино за 50 лет. Значительные исследования результатов осушения и влияние осушительных работ на водный режим территории и речных систем выполнены А.Д. Дубахом и опубликованы в 1944 г. [4].

Осознавая значимость осушения лесных земель, А.Д. Дубах разработал курс «Гидротехнические мелиорации», который читался в 30-х гг. прошлого столетия студентам не только Лесного института, но и Лесотехнической академии. В 1945 г. был издан первый учебник А.Д. Дубаха «Гидротехнические мелиорации лесных земель».

Объективная оценка результатов режима осушения невозможна без длительных исследований на постоянных объектах, которые впервые были проведены Х.А. Писарьковым и П.И. Давыдовым в Лисинском учебном лесничестве в 1950-х гг. Ими впервые были разработаны нормы осушения лесных земель. В это же время в ЛенНИИЛХе результаты осушения тщательно изучались М.П. Елпатьевым. Был создан отдел по исследованию роста леса на

осушенных землях. Здесь работали М.М. Елпатьевский и В.К. Константинов [6]. В 60-х гг. изучение результатов осушения и разработка новых способов осушения получили широкое распространение. При научно-исследовательских институтах лесного хозяйства в Ленинграде, Минске, Риге и других городах появились отделы гидромелиорации, в Петрозаводске, Перми, Свердловске (Екатеринбург), Вологде, Пскове и др. – лесные опытные станции (ЛОС), где были организованы широкие исследования на осушенных землях.

Лесовыращивание – процесс длительный, для оценки результатов роста леса с учетом состояния осушительных систем необходимы годы. Для этого создавались объекты стационарных исследований.

Лабораторией лесоведения РАН, акад. С.Э. Вомперским был создан Западновинский стационар в Тверской области. На стационаре проводятся комплексные исследования влияния осушения на рост древостоев и оценивается роль болот и их осушения в биосфере и углеродном балансе [3].

Стационарные исследования были организованы в Белоруссии (Л.П. Смоляк, В.П. Поджаров, В.С. Победов, В.Г. Петров, В.А. Ипатьев) и Латвии (К.К. Буш и П.П. Залитис [4]). Результаты исследований опубликованы в крупных монографиях. Особенно интересны исследования в Олайнском лесхозе, на объекте, осушенном еще в XIX в. Западной экспедицией по осушению болот. Многолетние исследования результатов осушения и изменения почв под влиянием осушения в Петрозаводске выполнены Г.Е. Пятецким (при лесной опытной станции ЛенНИИЛХа) и В.И. Медведевой [6, 7]. Г.Е. Пятецкий совместно с Жаровой и И.В. Иониным провели значительные исследования по лесокультурному освоению осушенных земель Карелии.

Многопрофильные исследования на специально созданном стационаре на осушенных землях выполнены проф. Уральского лесного института А.С. Чиндяевым. Итоги результатов осушения и ведения хозяйства в них рассмотрены в работах В.А. Ипатьева, Н.В. Дружинина и В.М. Тараканова [8].

Этим вопросом в республике Коми постоянно занимается В.В. Пахучий.

Значительные исследования по осушению лесов были проведены в ЛенНИИЛХе, большая часть в Сиверском опытном лесхозе. Здесь трудился М.М. Елпатьевский, в настоящее время работает В.К. Константинов, который является координатором в рамках головного совета по осушению лесных земель [5].

Обширные исследования по осушению земель проводились и проводятся кафедрой почвоведения и гидромелиорации С.-Петербургской лесотехнической академии (ныне СПбГЛТУ).

Осушению лесных земель и, особенно, болот, которых в лесном фонде России около 22 %, в 60-х гг. прошлого столетия уделялось огромное внимание. Результаты исследований практически ежегодно обсуждались на конференциях в Институте леса Карелии, организованных Н.И. Пьянченко, в Минске и Березине по инициативе М.С. Боч и Мазинга, в Киеве и Тарту, в Тюменской области на стационаре ЛОС ЛенНИИЛХа. Работа конференций не ограничивалась только обсуждением результатов исследований, но и сопровождалась экскурсиями на объекты исследований в местах, где проводились конференции.

Регулярны и многочисленны были и производственные совещания, организованные руководителем Рослесмелиорации Л.В. Подлесским, наиболее крупные из них проводились в Петрозаводске и Рязани, где имеются значительные осушенные земли (Олонец, Мещера).

Что дает осушение гидроморфных почв и болот? Болота являются хранилищами углерода и воды. Их практическая значимость в жизни планеты не до конца оценена. Большая часть болот образовалась путем зарастания озер. Водоотдача болот незначительна. Исследования показывают, что болота, поглощающие озера после их зарастания, резко уменьшают сток в водотоки и ухудшают водное питание рек. Водотоки – ручьи, вытекающие из болот, летом пересыхают. Лес на развитых болотах не растет или растет низкобонитетный, непригодный для использования. Надо отметить, что на чистых безлесных болотах произрастает клюква, но заготовка ее затруднена из-за отдаленности.

Как показывает многолетний опыт, на осушенных болотах можно выращивать прекрасные леса. Например, на осушенных в XIX в. болотах в Лисинском учебно-опытном лесхозе (Суланда и Хейновское) произрастают хвойные древостои с запасами 500...600 м<sup>3</sup>/га и более. Подобные результаты были отмечены в Олайнских болотах Латвии, осушенных Западной экспедицией. Осушительные каналы, регулируя сток воды, улучшают водное питание рек [2].

Кафедрой почвоведения и гидромелиорации СПбЛТУ стационарные исследования ведутся с 1959 г.

Приведенные в таблице данные показывают, что высокобонитетные леса могут формироваться как при осушении естественно возникших древостоев, так и после создания на болотах лесных культур. Определяющим является количество питательных веществ в торфе (богатство торфа), ориентировочным показателем которого служит его зольность. В общем виде это определяется типом болот (низинные, переходные, верховые). К осушению назначают низинные и переходные торфяники, где хорошие результаты можно получить только в результате осушения. На верховых болотах, кроме осушения, необходимо применять удобрения [1].

#### Таксационная характеристика сосновых древостоев на осушенных болотах

Возраст, лет	Средние		Количество деревьев	Полнота	Запас, м <sup>3</sup> /га	Класс бонитета
	H, м	D, см				
Древостой естественного происхождения на переходном болоте						
29	15,3	12,8	2161	0,91	254	I
38	23,5	20,6	833	0,75	313	I
Древостой естественного происхождения на верховом болоте						
30	11,8	10,6	2583	0,83	136	II-III
Лесные культуры (переходное болото)						
29	15,2	16,6	1185	0,89	256	I
Лесные культуры (низинное болото)						
32	16,0	14,2	2166	1,08	287	I <sup>a</sup>
49	23,1	20,1	1271	1,10	439	I <sup>a</sup>

Многолетний опыт осушения и исследование роста леса на осушенных болотах показывает, что гидромелиорация болот является наиболее перспективным мероприятием для повышения производительности лесов. При наличии опыта и прекрасных результатов гидромелиорация в северных лесах займет ведущее место среди мероприятий по повышению их продуктивности и устойчивости.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бабиков Б.В.* Экология сосновых лесов на осушенных болотах. СПб.: Наука, 2004. 204 с.
2. *Волперский С.Э.* Биологические основы эффективности осушения. М.: Наука, 1968. 310 с.
3. *Дубах А.Д.* Гидрология болот. М.; Л.: Гидрометеиздат, 1944. 228 с.
4. *Залитис П.П.* Основы рационального лесосушения в Лавийской ССР. Рига: Занатне, 1983.
5. *Константинов В.К.* Эксплуатация лесосушительных систем. М.: Лесн. пром-сть, 1979. 150 с.
6. *Медведева В.М.* Рост лесов на осушенных землях среднетаежной подзоны. Петрозаводск: Карелия, 1989. 168 с.
7. *Пятецкий Г.Е.* Осушение лесных земель Карелии. Петрозаводск, 1963. 90 с.
8. *Тараканов А.М.* Рост осушаемых лесов и ведение хозяйства в них. Архангельск, 2004. 228 с.

Поступила 12.10.12

***B.V. Babikov***

St. Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov

#### **Establishment and Development of Hydromelioration in a Forestry Enterprise**

The article considers the stages of introduction and development of forest land drainage, as well as the composition of a university course on hydromelioration and study of drainage results.

*Key words:* hydromelioration of forest land, research stations, expeditions, forestry experiment stations

УДК 630\*431.3

**А.В. Волокитина<sup>1</sup>, Т.М. Софронова<sup>2</sup>, А.А. Белякин<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН

<sup>2</sup>Красноярский государственный педагогический университет  
им. В.П. Астафьева

Волокитина Александра Витальевна окончила в 1972 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории лесной пирологии Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН. Имеет более 250 публикаций в области природы пожаров растительности, классификации и картографирования растительных горючих материалов, прогноза поведения лесных пожаров.  
E-mail: volokit@ksc.krasn.ru



Софронова Татьяна Марковна окончила в 2002 г. Красноярский государственный педагогический университет, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедр физической географии и английской филологии КГПУ. Имеет более 40 публикаций в области экологии природных пожаров и оценки пожарной опасности участков растительности.  
E-mail: tmsofronova@gmail.com



Белякин Антон Анатольевич родился в 1983 г., окончил в 2005 г. Сибирский технологический университет, инженер по лесовосстановлению Курагинского лесничества Красноярского края. Имеет более 10 публикаций по лесной пирологии.  
E-mail: anton\_belyakin@mail.ru



## **ВОССТАНОВЛЕНИЕ НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ПОСЛЕ ЛЕСНЫХ НИЗОВЫХ ПОЖАРОВ В ЮЖНОМ ПРИБАЙКАЛЬЕ**

Рассмотрено восстановление напочвенного покрова после низовых пожаров в кедрово-березовых насаждениях багульниково-бруснично-зеленомошного типа леса в Южном Прибайкалье. Выявлено, что восстановление напочвенного покрова после низовых пожаров средней силы идет медленно, возможность распространения горения по территории появляется уже на третий год после пожара за счет увеличения количества мелкого опада, который относится к основным проводникам горения.

*Ключевые слова:* послепожарные сукцессии, основные проводники горения, травяно-кустарничковый ярус, проективное покрытие.

Большинство участков в лесах являются стадиями пирогенных сукцессий. Характер пирогенной сукцессии во многом определяется ее начальным моментом, т. е. степенью и результатом воздействия огня на компоненты экосистемы. В последующем на ход сукцессии оказывают влияние и др. факторы (семенные годы, погодные флуктуации, хозяйственная деятельность человека и др.).

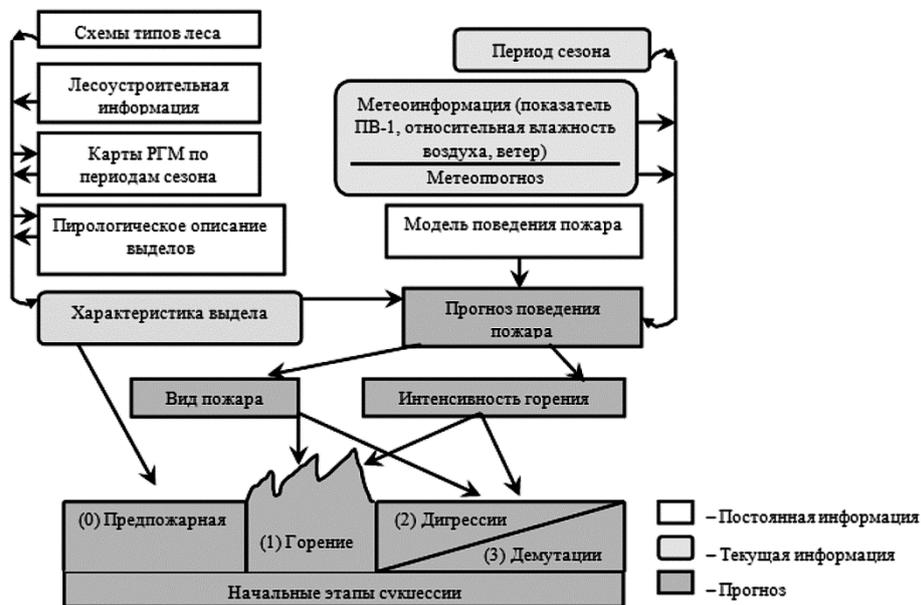


Рис.1. Принципиальная схема прогнозирования начальных этапов пирогенных сукцессий в лесных экосистемах

Начальные этапы пирогенных сукцессий образуют ряд, объединенный причинно-следственными связями: предпожарный (0), горения (1), дигрессии (2), демутации (3). Первый этап определяет условия горения; второй этап связан с характером горения; на третьем этапе происходят воздействие горения на компоненты биогеоценоза и активные процессы послепожарного отмирания, усыхания, разрушения; четвертый этап характеризуется началом восстановления [5].

Очень важен прогноз начальных этапов пирогенных сукцессий в лесных экосистемах, который должен включать: прогнозирование допожарного этапа (описание фитоценоза, характеристика комплекса растительных горючих материалов (РГМ), оценка его состояния); прогнозирование этапа горения с использованием метода прогноза поведения низового пожара [1]; прогнозирование этапов дигрессии и демутации по компонентам фитоценоза (по основным видам) с учетом закономерностей их повреждения огнем, отмирания и восстановления.

На рис. 1 приведена принципиальная схема прогнозирования начальных этапов пирогенных сукцессий.

Возможность распространения пожара по лесной территории определяется, прежде всего, наличием основных проводников горения (ОПГ), т. е. мхов, лишайников и мелких растительных остатков. При низовом пожаре в их пламени сгорают кустарнички, травы, самосев, погибают подрост и подлесок. При устойчивых низовых пожарах частично или полностью сгорает подстилка.

После пожара многолетние травы и кустарнички начинают отрастать. Для них сразу наступает этап демутации. Восстановление мхов и лишайников затягивается на несколько лет. Запас подстилки в послепожарный период может уменьшаться из-за нарушения баланса между поступлением в подстилку дёрта и его разложением. Восстановительные сукцессии, играющие роль «пускового механизма» в пирогенных сукцессиях, наименее исследованы.

Перед нами стояла задача: подобрать участки в одном типе леса с разной давностью низового пожара, а также контроль к ним, выполнить на них описание напочвенного покрова по специально разработанной методике и проследить характер его восстановления.

*Характеристика объектов исследований.* Выбранный для исследований участок был расположен на водоразделе западнее ст. Ангасолка (квартал 26 Культукского лесничества Слюдянского лесхоза). На участке имелись: горельник после низового пожара 10-летней давности (пожар весенний низовой средней силы); горельник 3-летней давности (пожар летний средней силы устойчивый, имелись места с полностью сгоревшей подстилкой и упавшие деревья с перегоревшими корнями); негоревшая часть. В каждом горельнике и на контроле были заложены пробные площади (ПП): 3 – в западной части горельника 10-летней давности, 4 – в западной части горельника 3-летней давности, 5 – на негоревшей части в кедрово-березовом насаждении багульниково-бруснично-зеленомошного типа леса. Таксационная характеристика пробных ПП приведена в таблице.

#### Таксационная характеристика древостоев в горельниках и на контроле

Характеристика древостоя	Ярус	Контроль (ПП 5)	3-летний горельник (ПП 4)		10-летний горельник (ПП 3)	
		до пожара	через 3 года		до пожара	через 10 лет
Состав и возраст	2	4К <sub>40</sub> 5Б <sub>40</sub> 1С <sub>40</sub>	4К <sub>35</sub> 6Б <sub>35</sub> +С	8Б <sub>40</sub> 2К <sub>40</sub> +С	4К <sub>30</sub> 5Б <sub>30</sub> 1С <sub>30</sub>	6Б <sub>40</sub> 3К <sub>40</sub> 1С <sub>40</sub>
	1	8Б <sub>80</sub> 2С <sub>80</sub>	8Б <sub>75</sub> 2С <sub>75</sub>	8Б <sub>80</sub> 2С <sub>80</sub>	6С <sub>70</sub> 4Б <sub>70</sub>	6С <sub>80</sub> 4Б <sub>80</sub>
Средняя высота Н, м	2	8,3	8,2	9,9	9,7	11,1
	1	15,4	15,2	15,5	15,0	15,6
Густота, шт./га	2	2640	1780	640/1140	1150	660/490
	1	140/–	100/5	95/10	95/20	85/30
Сумма площадей поперечных сечений древостоя, м <sup>2</sup> /га	2	14,2	10,9	5,3	11,8	9,4
	1	5,4	4,7	4,7	3,9	4,0
Относительная полнота	2	0,76	0,62	0,29	0,57	0,46
	1	0,24	0,20	0,19	0,16	0,14
Запас древостоя, м <sup>3</sup> /га	2	82	60	32/28	72	59/13
	1	43	40/2	36/4	38/12	31/18

Примечание. В числителе приведены данные для растущего древостоя, в знаменателе – для сухостоя.

*Методика исследований.* При исследовании использовались Методические указания к изучению типов леса [6]. На ПП были выполнены перечислительная таксация, учет валежника с использованием линейного метода [3], описание напочвенного покрова по специально разработанной методике.

Учет подроста живого и погибшего диаметром более 1 см производили в процессе перече́та, мелкий подрост и самосев учитывали линейным методом (на лентах шириной 1 м, заложенных по диагоналям на каждой ПП). Допожарную характеристику древостоя восстанавливали с учетом данных о сухостоем и нестаром валежнике.

*Методика описания напочвенного покрова.* Описания напочвенного покрова выполняли на учетных площадках размером 70×70 см. Площадки закладывали по диагоналям каждой ПП через 2...3 м (в зависимости от степени мозаичности покрова). В горельнике 3-летней давности было заложено 52 площадки, в горельнике 10-летней давности – 34, на контроле – 38 [4].

При описании отмечали видовой состав, высоту и проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса (отдельно по первому (1) и второму (2) подъярусам). Фиксировали видовой состав, проективное покрытие и толщину мохового покрова и опада, отмечали мощность подстилки.

*Результаты исследований.* Древостой на ПП 3 и 4 до пожара был 2-ярусным. Первый ярус изреженный, с полнотой 0,16...0,20 и высотой 15,2...15,4 м из березы и сосны (6С4Б и 8Б2С) в возрасте 70...80 лет. На контроле (ПП 5) состав древостоя 8Б2С. Основным был второй ярус, который имел среднюю полноту 0,52...0,57, высоту 8,2...9,7 м и состоял из кедра и березы с примесью сосны (4К5Б1С) в возрасте 30...35 лет.

После пожара второй ярус заметно поредел, отпад по количеству деревьев составил 43...64 % за счет тонкомерной части древостоя, прежде всего кедра, поэтому стала преобладать береза (6К3Б1С → 8Б2К + С), средняя высота увеличилась до 10...11 м, полнота уменьшилась до 0,3...0,5. В первом ярусе отпад по количеству деревьев составил только 5...10 %. Основной причиной гибели деревьев на ПП 4 был ожог крон, так как на второй год после пожара хвоя на погибших деревьях и опадала.

В результате отпада произошло уменьшение запаса древостоя. Запас древостоя на ПП 3 до пожара был 110 м<sup>3</sup>/га, через 10 лет – 90 м<sup>3</sup>/га; на ПП 4 запас древостоя до пожара был 100 м<sup>3</sup>/га, после пожара – 68 м<sup>3</sup>/га. Запас сухостоя возрос от 2...12 до 32 м<sup>3</sup>/га. Запас валежника на ПП 3 составил 26 м<sup>3</sup>/га (в том числе очень старого – 6 м<sup>3</sup>/га), на ПП 4 – 39 м<sup>3</sup>/га (очень старого – 15 м<sup>3</sup>/га). На ПП 5 (контроль) запас древостоя – 125 м<sup>3</sup>/га, валежника – 20 м<sup>3</sup>/га (очень старого – 17 м<sup>3</sup>/г), сухостой отсутствовал.

*Напочвенный покров.* На контроле (ПП 5) в верхнем (первом) подъярусе травяно-кустарничкового яруса господствует негустой багульник болотный (*Ledum palustre* L.) высотой до 45 см с общим покрытием 15 %, во втором подъярусе – черника (*Vaccinium myrtillus* L.) и брусника (*Vaccinium vitis-idea* L.) высотой 13...19 см с общим покрытием 24...34 %; запас второго

подъяруса – 0,13 кг/м<sup>2</sup>. Мхи покрывают 74 % площади. В составе: зеленые мхи Шребера (*Pleurocziium schrebery* (Brid.) Mitt.) и этажный (*Hylocomium proliferum* L.) с примесью кукушкина льна (*Polytrichum commune* Hedw.). Мощность слоя мха (зеленой его части) – от 2 до 6 см, его плотность – 2,3 кг/м<sup>3</sup>, запас – до 1 кг/м<sup>2</sup>. Около 25 % площади покрыты опадом из листьев и хвои толщиной около 1 см. Толщина подстилки от 6 до 14 см, ее плотность – 77 кг/м<sup>3</sup>, средний запас – 6...8 кг/м<sup>2</sup>. Почва среднесуглинистая влажная с наличием камней. Имеются крупные валуны.

При пожаре 3-летней давности на ПП 4 места с полным и почти полным прогоранием подстилки занимают 15...20 % площади, места с полным сохранением напочвенного покрова, которые огонь обходил (чаще всего они расположены на крупных камнях или в нанопонижениях) – около 15 %. Толщина подстилки в таких местах соответствует ее толщине на контроле и составляет 10...11 см.

В местах с полным прогоранием подстилки уничтожаются не только сами растения, но и их корневая система, что исключает порослевое восстановление кустарничков. На таких местах уже на второй год после пожара появляется кипрей (*Epilobium angustifolium* L.), из мхов – маршанция (*Marchantia polymorpha* L.). Общее покрытие кипреем на второй год достигает 12 %, на третий – 2 %; маршанцией – соответственно 8 и 1 %.

В местах со средним прогоранием подстилки (которые занимают около 70 % площади) после пожара начинается активное восстановление кустарничков порослью от сохранившихся корней. Восстановление багульника болотного протекает медленно. На второй год после пожара его средняя высота не превышает 12 см, т.е. он еще не формирует второй подъярус. На третий год 2/3 мест, где встречается багульник, уже имеют второй подъярус со средней высотой 27 см, но общее покрытие не превышает 5 %. На десятый год после пожара (ПП 3) покрытие багульником (15 %) и его высота (35...45 см) достигают нормы.

В норме высота второго подъяруса из брусники и черники – 13...19 см, общее покрытие – 47 %. На второй год после пожара высота второго яруса – 5...12 см, на третий – 8...13 см, на десятый – 9...18 см, покрытие – соответственно 35, 36 и 49 %. Таким образом, к десятому году после пожара наблюдается восстановление покрова из черники и брусники.

Моховой покров из зеленых мхов и кукушкина льна на второй-третий год после пожара имел толщину около 3,0 см (при норме 4,5 см) и общее покрытие только 30...40 %. К десятому году толщина восстановилась, но покрытие было еще меньше нормы (49 против 74 %). В литературе имеется информация по восстановлению напочвенного покрова (в сходных природных условиях) после низовых пожаров средней силы в лиственничниках [2]. Отмечается, что лесные мхи восстанавливаются примерно через 10...15 лет.

Средняя толщина подстилки к десятому году после пожара также практически восстановилась. Для наглядности процесс восстановления после пожара травяно-кустарничкового яруса, мохового покрова и подстилки показан на рис. 2.

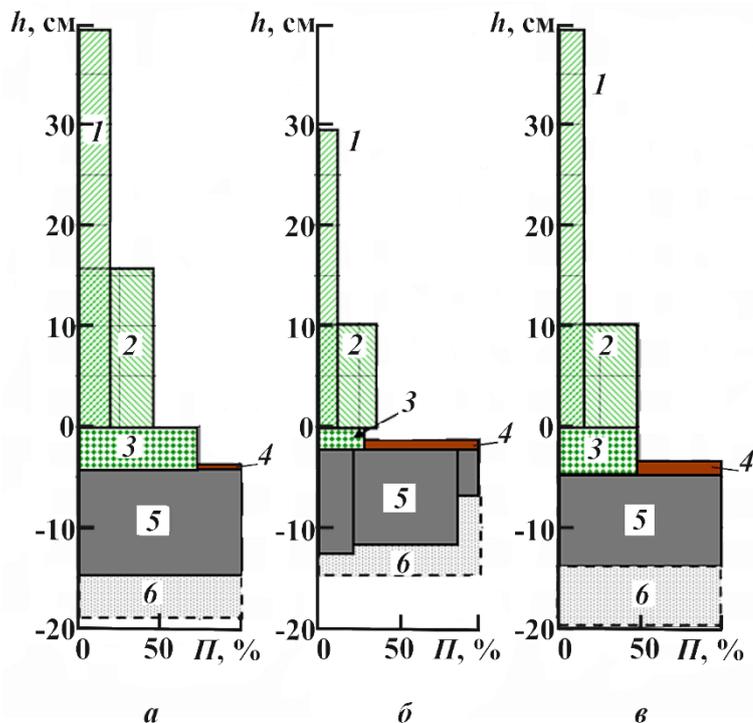


Рис. 2. Пирогенная сукцессия напочвенного покрова в кедрово-березовом насаждении багульниково-бруснично-зеленомошного типа леса: *а* – лес-контроль, *б* – горельник 3-летний, *в* – горельник 10-летний; 1 – первый подъярус кустарничкового яруса; 2 – второй подъярус; 3 – моховой покров; 4 – опад; 5 – подстилка; 6 – минеральный слой (*h* – высота или толщина; *П* – покрытие)

Валежник. Общий запас валежника на контроле (ПП 5) составил  $20,4 \text{ м}^3/\text{га}$  (при длине учетной трансекты 115 м), на ПП 4 –  $39 \text{ м}^3/\text{га}$  (длина трансекты 221 м), на ПП 3 –  $25,7 \text{ м}^3/\text{га}$  (длина трансекты 147 м). При этом доля очень старого валежа была соответственно 80, 40 и 25 %.

Лесовозобновление. После пожаров древостой не погиб, а только был изрежен за счет отпада, в основном, тонкомерной части древостоя (из второго яруса). Поэтому процесс лесовозобновления необходим для восстановления полноты древостоя, состоящего из березы и кедра с примесью сосны.

Легче всего вегетативным путем восстанавливается погибшая береза – за счет пневой поросли. Кроме того, обнаженная почва на сильно прогоревших местах является благоприятным субстратом для прорастания семян березы и развития ее всходов. Количество самосева березы в таких местах в 3-летнем горельнике (ПП 4) достигает  $20 \dots 30 \text{ шт./м}^2$ .

Процесс возобновления кедра протекает медленно, поскольку он определяется семенными годами, которые у кедра бывают относительно редко. Известно, что в этом процессе основную роль играют кедровки, распространяющие семена кедра, т. е. важна еще привлекательность участка для кедровок.

На контрольном участке (ПП 5) количество кедрового подроста составило 4,4 тыс. шт./га, в том числе 3,2 тыс. шт./га мелкого и среднего подроста высотой до 1,4 м.

При пожаре мелкий и средний подрост сгорают, а более крупный погибает. Судя по его остаткам, в 3-летнем горельнике (ПП 4) до пожара было 0,6 тыс. шт./га крупного подроста, т. е. в 2 раза меньше, чем на контроле. Там имелся участок площадью 20 м<sup>2</sup>, обойденный огнем. Густота кедрового подроста высотой от 23 до 105 см на нем составляла около 2,5 тыс. шт./га. В десятилетнем горельнике (ПП 3) уже появился 3–5-летний мелкий подрост в количестве 1180 шт./га. Остатков погибшего крупного подроста сохранилось мало (335 шт/га).

Судя по данным лесоустройства, лесовозобновление на гарях хвойными породами происходит в данном районе достаточно успешно, но медленно: период лесовозобновления составляет 20...25 лет и более.

В результате проведенных исследований установлено, что в Южном Прибайкалье восстановление напочвенного покрова в кедрово-березовом насаждении багульниково-бруснично-зеленомошного типа леса после низовых пожаров средней силы идет медленно: только на десятый год после пожара наблюдается практически полное отрастание первого и второго подъярусов травяно-кустарничкового яруса; полностью восстанавливается толщина мохового покрова, но его проективное покрытие через 10 лет всего 49 % при норме 74 %. Средняя толщина подстилки к десятому году после пожара восстанавливается практически полностью. Возможность распространения горения по территории появляется уже на третий год после пожара за счет увеличения количества мелкого опада, который, как и зеленые мхи, относится к основным проводникам горения.

Прогнозирование восстановления пирогенных сукцессий полезно использовать в планировании хозяйственных мероприятий в лесах для повышения их продуктивности, при контроле пожаров в них, а также для поддержания оптимального биоразнообразия (например, на территории заповедников). Сведения о динамике биомассы после преобладающих низовых пожаров позволяют более точно оценивать динамику баланса углерода на начальном этапе сукцессий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волокитина А.В., Софронов М.А., Софронова Т.М. Прогноз поведения низовых пожаров на основе карт растительных горючих материалов: учеб. пособие. Красноярск: ИЛ СО РАН, СибГТУ, 2005. 92 с.
2. Доржсүрэн Ч., Краснощеков Ю.Н. Послепожарные сукцессии в псевдотаежных лиственничных лесах Хангая в Монголии // Хвойные бореальной зоны. 2007. № 4-5. С. 391–397.
3. Софронов М.А., Волокитина А.В. Методика обследования и описания лесных участков, пройденных пожарами. Красноярск: ИЛ СО РАН. 2007. 72 с.

4. Софронов М.А., Волокитина А.В. О «линейном» методе описаний и измерений при изучении лесной растительности // Лесн. журн. 2000. № 3. С. 52–57. (Изв. высш. учеб. заведений).

5. Софронов М.А., Волокитина А.В., Софронова Т.М. Пожары и пирогенные сукцессии в лесах Южного Прибайкалья // Сиб. эколог. журн. 2008. № 3. С. 381–388.

6. Сукачев В.Н., Зонн С.В. Методические указания к изучению типов леса. М.: АН СССР, 1961. 144 с.

Поступила 18.02.11

*A.V. Volokitina<sup>1</sup>, T.M. Sofronova<sup>2</sup>, A.A. Belyakin<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Sukachev Institute of Forest SB RAS

<sup>2</sup> Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafyev

#### **Ground Cover Regeneration after Surface Fires in the Forests of Southern Cisbaikalia**

We have considered ground cover regeneration after surface fires in Siberian Pine and birch stands with a cover of *Ledum*, *Vaccinium vitis-idaea* and green moss in the Southern Cisbaikalia. Regeneration of the ground cover after moderate surface fires proved to be slow, the risk of fire spreading over the territory becomes greater as soon as three years after the fire due to the increase in fine litter which is considered to be one of the main fire spreaders.

*Key words:* post-fire successions, main fire spreaders, grass-shrub storey, projective cover.

УДК 630\*5:621.311

*С.В. Залесов<sup>1</sup>, Е.С. Залесова<sup>1</sup>, А.А. Зверев<sup>1</sup>, А.С. Оплетаев<sup>1</sup>, А.А. Терин<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Уральский государственный лесотехнический университет

<sup>2</sup>Филиал «Суходожский» ГУП СО «Лесохозяйственное производственное объединение»

Залесов Сергей Вениаминович родился в 1953 г., окончил в 1981 г. Уральский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заслуженный лесовод РФ, проректор по научной работе Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 300 научных работ по вопросам повышения продуктивности и устойчивости лесов Урала и Западно-Сибирской низменности.

E-mail: zalesov@usfeu.ru



Залесова Евгения Сергеевна окончила в 2010 г. Уральский государственный лесотехнический университет, аспирантка УГЛТУ. Имеет 30 печатных работ в области рубок ухода и повышения продуктивности лесов.

E-mail: kally88@mail.ru



Зверев Антон Александрович родился в 1987 г., окончил в 2010 г. Уральский государственный лесотехнический университет, аспирант УГЛТУ. Имеет более 10 печатных работ по вопросам рекультивации нарушенных земель.

E-mail: kamol4@mail.ru



Оплетаев Антон Сергеевич родился в 1988 г., окончил с отличием в 2010 г. Уральский государственный лесотехнический университет, аспирант УГЛТУ. Имеет 20 печатных работ в области повышения продуктивности лесов.

E-mail: opletaev@e1.ru



Терин Алексей Александрович родился в 1978 г., окончил в 2010 г. Уральский государственный лесотехнический университет, директор филиала «Суходожский» ГУП СО «Лесохозяйственное производственное объединение», аспирант УГЛТУ.

E-mail: talexter@yandex.ru



## **ФОРМИРОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА ЗОЛОТВАЛЕ РЕФТИНСКОЙ ГРЭС**

Проанализированы таксационные показатели искусственных сосновых насаждений, созданных в процессе лесной рекультивации на золоотвале Рефтинской ГРЭС. Экспе-

© Залесов С.В., Залесова Е.С., Зверев А.А., Оплетаев А.С., Терин А.А., 2013

риментально доказана возможность выращивания на золоотвалах высокопродуктивных сосняков.

*Ключевые слова:* золоотвал, рекультивация, искусственные насаждения, сосняки, живой напочвенный покров.

Рефтинская ГРЭС – самая крупная в Свердловской области тепловая электростанция, работающая на твердом топливе. Первый из десяти действующих энергоблоков Рефтинской ГРЭС был пущен в эксплуатацию в 1970 г. Установленная электрическая мощность электростанции составляет 3800 тыс. кВт, тепловая – 350 Гкал/ч. В зимний период среднесуточный расход угля – 48 тыс. т, мазута – 150 т. Специфической особенностью Рефтинской ГРЭС является использование в качестве основного топлива многозольного экибастузского каменного угля [1].

В соответствии со схемой лесорастительного районирования Б.П. Колесникова и др. [2] территория расположения Рефтинской ГРЭС относится к округу сосново-березовых предлесостепных лесов Зауральской равнинной провинции Западно-Сибирской равнинной лесорастительной области. Основная доля загрязнений от станции приходится на золу. В золе экибастузских углей преобладают алюмосиликаты, в которых содержание  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$  достигает 90 % и выше. Содержание  $\text{CaO} + \text{MgO}$  не превышает 2...3 %, что обеспечивает отсутствие цементирующей способности золы и, как следствие, перенос ее частиц ветром на значительные расстояния.

Как известно, газообразные, аэрозольные, пылевые выбросы предприятий, содержащие органические и минеральные компоненты, изменяют свойства зональных почв. В районе Рефтинской ГРЭС представлены серые лесные почвы с разной степенью оподзоливания и гумусирования. Почвы легкого гранулометрического состава имеют преимущественно укороченный профиль. Мощность гумусового горизонта колеблется в пределах 3...8 см.

Повышенное содержание в золе, по сравнению с почвой, микроэлементов, значительное количество подвижных элементов питания ( $\text{P}_2\text{O}_5$  и  $\text{K}_2\text{O}$ ), а также слабощелочная реакция при аэротехногенном напылении способствовали раскислению почвы и привели к повышению почвенного плодородия на значительной части территории.

Представление о влиянии выбросов Рефтинской ГРЭС на рост древостоев Сухоложского лесничества дает анализ динамики типов леса. Для этого мы воспользовались схемой типов леса, разработанной сотрудниками Института экологии растений и животных и Уральской ЛОС ВНИИЛМ [6]. Данная схема все многообразие типов леса распределяет на 9 групп (табл. 1).

Таблица 1

## Характеристика групп типов леса

№ группы типов леса	Индекс группы типов леса	Типы леса, входящие в состав группы
1	нг	Нагорный, лишайниковый – С <sub>нг</sub> ; С <sub>лш</sub>
2	бр	Брусничные – С <sub>бр</sub> ; С <sub>бв</sub>
3	яг	Ягодниковые – С <sub>яг</sub> ; С <sub>язм.</sub> ; С <sub>ч</sub>
4	лп	Липняковый – С <sub>лп</sub>
5	рт	Разнотравные – С <sub>орл</sub> ; С <sub>ртр</sub> ; С <sub>тр</sub>
6	трзм	Травяно-зеленомошные – С <sub>змт</sub> ; С <sub>змхв</sub>
7	крпр	Крупнотравно-приручевый – С <sub>прч</sub>
8	мшхв	Мшисто-хвощевый – С <sub>мш.хв</sub>
9	сфтр	Сфагново-травяно-болотные – С <sub>отр.</sub> ; С <sub>сф</sub> ; С <sub>сф.тр</sub>

Примечание. Сосняки: С<sub>нг</sub> – нагорный, С<sub>лш</sub> – лишайниковый, С<sub>бр</sub> – брусничный, С<sub>бв</sub> – бруснично-вейниковый, С<sub>яг</sub> – ягодниковый, С<sub>язм.</sub> – ягодниково-зеленомошный, С<sub>ч</sub> – черничный, С<sub>лп</sub> – липняковый, С<sub>орл</sub> – орляковый, С<sub>ртр</sub> – разнотравный, С<sub>тр</sub> – травяной, С<sub>змт</sub> – зеленомошно-травяной, С<sub>змхв</sub> – зеленомошно-хвощевый, С<sub>прч</sub> – приручевый, С<sub>мш.хв</sub> – мшисто-хвощевый, С<sub>отр.</sub> – осоко-травяной, С<sub>сф</sub> – сфагновый, С<sub>сф.тр</sub> – сфагново-травяной.

Динамика сосновых насаждений по группам типов леса после пуска Рефтинской ГРЭС приведена в табл. 2.

Таблица 2

## Распределение сосновых насаждений Сухоложского лесничества по группам типов леса

Год учета	Площадь сосновых насаждений по группам*							Итого
	2	3	4	5	6	7	8	
1970	<u>806.0</u>	<u>24 489.0</u>	<u>66</u>	<u>16 366.0</u>	<u>129.0</u>	=	<u>2 376.0</u>	<u>44 232.0</u>
	1,82	55,37	0,15	37,00	0,29	–	5,37	100
1990	<u>636.3</u>	<u>5 360.9</u>	<u>18.8</u>	<u>31 130.1</u>	<u>134.1</u>	<u>144.1</u>	<u>2 193.6</u>	<u>39 617.9</u>
	1,61	13,53	0,05	78,58	0,34	0,36	5,53	100
2000	<u>1 269</u>	<u>15 297.0</u>	<u>63</u>	<u>22 895.0</u>	<u>45.0</u>	<u>10.0</u>	<u>2 138.0</u>	<u>41 717.0</u>
	3,04	36,67	0,15	54,88	0,11	0,02	5,13	100,0

\*В числителе приведены данные в гектарах, в знаменателе – в процентах.

Материалы табл. 2 свидетельствуют, что за период с 1970 г. по 2000 г. резко увеличилась доля насаждений наиболее продуктивных типов леса. Так, доля сосновых насаждений разнотравного типа леса за анализируемый период выросла с 37,00 до 54,88 %. Особо следует выделить 1990 г., когда доля насаждений травяного типа леса достигла 78,58 %. Последнее, на наш взгляд, было связано с интенсивным «пылением» первого золоотвала после его полного заполнения. В последнее десятилетие были предприняты мероприятия по рекультивации данного золоотвала, что сократило разнос золы и привело к увеличению доли насаждений ягодниковых и брусничных типов леса при сокращении разнотравных.

Несмотря на то, что согласно биорекультивационному районированию Свердловской области [3] территория золоотвалов расположена в зоне активной рекультивации в районе неотложной массовой рекультивации, первые опыты по их рекультивации были начаты только в 1992 г. Они заключались в прокладке экскаватором через каждые 3 м траншей шириной 0,7 м с последующим заполнением их смесью супесчаного почвогрунта с торфом (соотношение 1:1) и посадкой сосны и лиственницы. В 1993 г. опыты по рекультивации были продолжены на площади 4 га: на поверхность золоотвала наносили почвогрунт толщиной 0,25; 0,40 и 0,60 м с последующей посадкой трехлетних сеянцев сосны обыкновенной, ели сибирской, лиственницы сибирской, березы повислой и пушистой, тополя бальзамического, а также ивы прутьевидной и шерстистопобеговой [4].

В последующие годы технология лесной рекультивации золоотвалов Рефтинской ГРЭС дорабатывалась под руководством проф. А.К. Махнева, что позволило перейти к созданию на территории золоотвала искусственных насаждений в промышленных масштабах. По данным на 1 июля 2011 г. на территории золоотвала № 1 ГКУ СО «Сухоложское лесничество» создано 360,2 га лесных культур из различных древесных пород.

Для анализа эффективности лесной рекультивации на золоотвале № 1 заложено 7 постоянных пробных площадей (ППП) в лесных культурах разного возраста. В качестве контроля использовали участок золоотвала, на котором лесные культуры не создавались.

ППП закладывали в 2011 г. и включали сплошной перебор всех деревьев, а также замер высот у 15–20 модельных деревьев на каждой ППП для последующего построения графиков высот и определения средних высот древостоев. Для изучения живого напочвенного покрова (ЖНП) на каждой ППП равномерно закладывали по 10–12 учетных площадок размером 0,5×0,5 м. ЖНП срезали на уровне поверхности почвы с последующим разделением его по видам и определением надземной фитомассы каждого вида [5].

Таксационная характеристика древостоев ППП приведена в табл. 3.

Материалы табл. 3 свидетельствуют, что лесные культуры на рекультивированном золоотвале характеризуются высокой продуктивностью. Древостои всех ППП старше 8 лет имеют I<sup>а</sup> класс бонитета.

Более молодые культуры характеризуются II классом бонитета, что, на наш взгляд, объясняется высокой конкуренцией сосне со стороны живого напочвенного покрова. В дальнейшем, по мере роста лесных культур и смыкания их сначала в рядах, а потом и в междурядьях, конкуренция со стороны живого напочвенного покрова ослабляется, что способствует, в конечном счете, резкому повышению класса бонитета.

Таблица 3

**Таксационная характеристика древостоев ППП  
на рекультивированном золоотвале № 1 Рефтинской ГРЭС**

№ ППП	Год посадки	Состав	Густота, шт./га	Возраст биологический, лет	Средние		Полнота, м <sup>2</sup> /га	Запас, м <sup>3</sup> /га	Класс бонитета
					высота, м	диаметр, см			
1	1992	9,9 С	3390	20	11,5	9,1	22,113	140,74	I <sup>a</sup>
		0,1 Б	133	–	9,0	5,6	0,337	1,79	
		Лц	29	–	8,5	4,9	0,053	0,29	
		Ос	19	–	4,0	2,0	0,006	0,02	
2	1996	<i>Всего</i>	3571				22,509	142,84	I <sup>a</sup>
		9,9 С	2149	16	8,8	9,0	13,739	75,16	
		0,1 Ос	104	14	4,5	4,5	0,171	0,61	
3	1997	<i>Всего</i>	2253				13,91	75,77	I <sup>a</sup>
		10,0 С	3632	15	7,8	7,9	17,821	88,15	
4	1999	Ос	72	13	2,0	2,3	0,030	0,05	I <sup>a</sup>
		<i>Всего</i>	3704				17,851	88,20	
5	2002	10,0 С	4377	13	6,4	6,4	14,069	61,51	I <sup>a</sup>
		Ос	23	11	2,0	2,0	0,007	0,01	
6	2004	<i>Всего</i>	4400				14,076	61,52	I <sup>a</sup>
		10,0 С	2142	10	5,4	5,4	4,850	18,67	
7	2005	Ос	53	8	1,6	2,0	0,016	0,03	II
		<i>Всего</i>	2195				4,866	18,70	
7	2005	10,0 С	3675	8	2,5	2,5	1,884	4,58	II
		Ос	13	6	2,0	2,0	0,004	0,01	
7	2005	<i>Всего</i>	3688				1,888	4,59	II
		10,0 С	3016	7	2,4	2,4	1,423	3,36	

В пользу последнего предположения свидетельствуют данные о надземной фитомассе ЖНП на ППП в зависимости от возраста искусственных насаждений (табл. 4).

Таблица 4

**Надземная фитомасса ЖНП на ППП по ценотипам в абс. сухом состоянии  
на рекультивированном золоотвале №1 Рефтинской ГРЭС**

Ценотип	Надземная фитомасса ЖНП в зависимости от возраста насаждений, лет (номер пробной площади)							
	Контроль (8)	7 (7)	8 (6)	10 (5)	13 (4)	15 (3)	16 (2)	20 (1)
Луговой	<u>800,82</u>	<u>240,42</u>	<u>121,65</u>	<u>254,92</u>	<u>7,67</u>	<u>1,55</u>	<u>29,2</u>	<u>15,21</u>
	59,88	16,84	19,33	13,30	6,52	2,09	8,25	51,82
Лесной	<u>10,14</u>	<u>23,40</u>	<u>4,00</u>	<u>28,32</u>	<u>0,56</u>	<u>10,89</u>	–	<u>11,71</u>
	0,76	1,64	0,63	1,47	0,47	14,68		39,89
Лугово-лесной	<u>255,68</u>	<u>495,26</u>	<u>343,15</u>	<u>1305,19</u>	<u>96,65</u>	<u>55,91</u>	<u>293,24</u>	<u>0,36</u>
	19,12	34,70	54,53	68,09	82,22	75,91	82,87	1,22
Лесо-луговой	<u>166,59</u>	<u>573,36</u>	<u>155,78</u>	<u>262,6</u>	<u>2,55</u>	<u>5,6</u>	<u>7,28</u>	<u>1,13</u>
	12,45	40,17	24,75	13,70	2,16	7,55	2,05	3,85

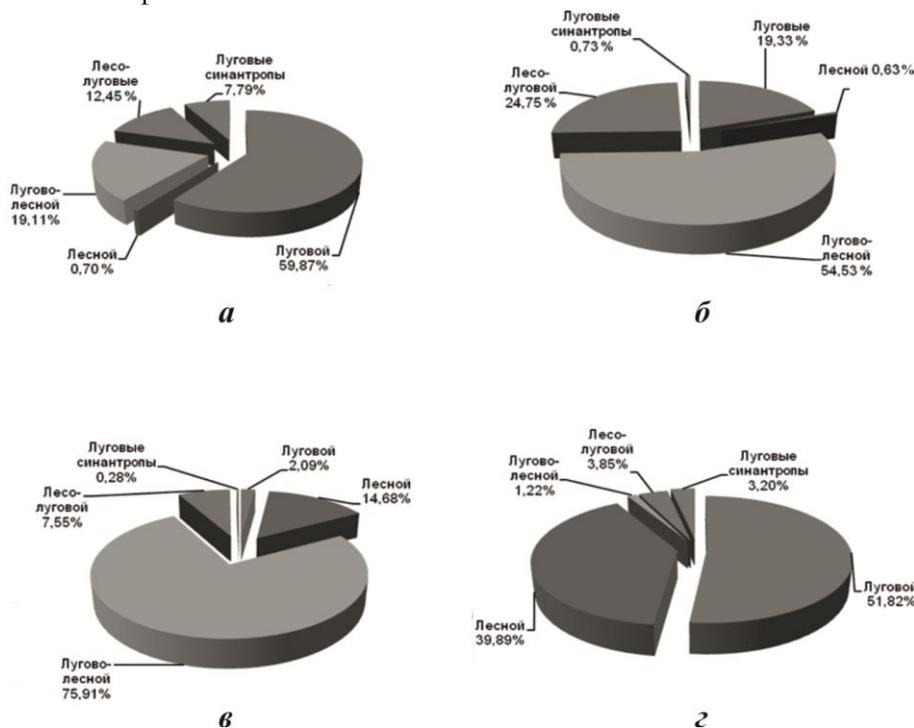
Окончание табл. 4

Ценотип	Надземная фитомасса ЖНП в зависимости от возраста насаждений, лет (номер пробной площади)							
	Контроль (8)	7 (7)	8 (6)	10 (5)	13 (4)	15 (3)	16 (2)	20 (1)
Луговые синантропы	104,22 7,79	94,92 6,65	4,61 0,73	65,56 3,42	10,11 8,60	0,21 0,28	24,12 6,81	0,94 3,20
Всего на ППП	1337,45 100	1427,36 100	629,19 100	1916,59 100	117,54 100	74,16 100	353,84 100	29,35 100

Примечания. 1. В числителе приведены данные в килограммах на гектар, в знаменателе – в процентах. 2. Количество видов ЖНП, шт.: контроль – 24; ППП-7 – 17; ППП-6 – 24; ППП-5 – 20; ППП-4 – 14; ППП-3 – 13; ППП-2 – 15; ППП-1 – 11.

Материалы табл. 4 свидетельствуют, что если на покрытом почвой участке золоотвала (контроль) масса ЖНП в абс. сухом состоянии составляет 1337,45 кг/га (ППП-8), то под пологом 20-летнего искусственного соснового древостоя она не превышает 29,35 кг/га (ППП-1). При этом количество видов ЖНП в первом случае достигает 24, во втором – 11.

На рисунке наглядно изображено изменение структуры фитомассы травянистой растительности (по ценотипам) под пологом лесных культур и на контроле в зависимости от возраста древостоя на рекультивированном золоотвале № 1 Рефтинской ГРЭС.



Изменение структуры видового состава ЖНП (%) на рекультивированном золоотвале № 1 Рефтинской ГРЭС: а – контроль, б – 8 лет, в – 15, г – 20 лет

Доля участия лесных видов на контроле (не покрытая лесом площадь – ППП-8) составляет незначительную часть, всего 0,70 %, в то время как под пологом 20-летних лесных культур сосны они являются одним из доминантов живого напочвенного покрова: доля их участия составляет 39,89 %. Закономерность увеличения доли лесных видов с возрастом насаждений прослеживается и на остальных ПП. Доля лесных видов в культурах возраста 8 лет составляет 0,63 %, в культурах возраста 15 лет – 14,68 %.

Доля луговых видов по нашим данным (ППП-8 – контроль, ППП-3, ППП-6) снижается с возрастом древостоя, однако на ППП-1 (возраст древостоя 20 лет) доля луговых составила более 50,00 %. Этот факт можно объяснить неоднородностью ЖНП, который сформировался на золоотвале. Возможно, на учетные площадке по сбору ЖНП попали сохранившиеся фрагменты луговой растительности (например, злаковые виды) в естественных прогалах, окнах и т.д. Непосредственно под пологом 20-летних лесных культур идет интенсивное накопление лесной подстилки и формируется мертвопокровное покрытие, расположение ЖНП фрагментарное и приурочено к освещенным участкам.

С увеличением возраста искусственных насаждений луговые виды сменяются на типично лесные. В частности, под пологом 20-летнего соснового древостоя в ЖНП доминируют щетинник зеленый, сныть обыкновенная и косяника обыкновенная, на долю которых приходится соответственно 49,90; 22,20 и 17,20 % надземной фитомассы ЖНП.

#### *Выводы*

1. Наиболее обоснованным направлением минимизации отрицательных последствий складирования золы является лесная рекультивация.
2. При выборе древесной породы для лесной рекультивации в условиях округа сосново-березовых предлесостепных лесов Зауральской равнинной провинции Западно-Сибирской равнинной лесорастительной области следует отдавать предпочтение сосне обыкновенной, формирующей на рекультивированных золоотвалах насаждения Iа класса бонитета.
3. В процессе формирования искусственных сосновых насаждений на рекультивированном золоотвале сокращается масса ЖНП и количество видов его составляющих. Последнее объясняется формированием лесной подстилки и лесной среды под пологом древостоя.
4. Значительная надземная фитомасса ЖНП в первые годы после проведения рекультивационных работ вызывает необходимость принятия мер по противопожарному устройству рекультивируемого золоотвала.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Влияние Рефтинской ГРЭС на основные таксационные показатели сосновых насаждений прилегающих территорий / С.В. Залесов, А.А. Зверев, А.А. Терин, А.В. Дробышева // Лесной и химический комплексы – проблемы и решения: сб. статей по

матер. Всерос. науч.-практ. конф., 20-21 окт. 2011 г. Т. 1. Красноярск: СибГТУ, 2011. С. 33–37.

2. Колесников Б.П., Зубарева Р.С., Смолоногов Е.П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1974. 177 с.

3. Колесников Б.П., Лукьянец А.И. Биорекультивационное районирование Свердловской области // Растения и промышленная среда. Свердловск, 1976. С. 10–16.

4. Махнев А.К., Внуков А.А. Особенности роста и развития древесных растений в культурдендроценозах на золоотвале Рефтинской ГРЭС // Биологическая рекультивация нарушенных земель: материалы междунар. совещ. Екатеринбург: УрО РАН, 1997. С. 169–184.

5. Основы фитомониторинга: учебное пособие / С.В. Залесов, Е.А. Зотева, А.Г. Магасумова, Н.П. Швалева. Екатеринбург: Изд-во УГЛТУ, 2007. 76 с.

6. Рекомендации по ведению хозяйства на зонально-типологической основе в лесах Свердловской области. М., 1984. 56 с.

Поступила 28.08.12

*S.V. Zalesov<sup>1</sup>, E.S. Zalesova<sup>1</sup>, A.A. Zverev<sup>1</sup>, A.S. Opletaev<sup>1</sup>, A.A. Terin<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>The Ural State Forest Engineering University

<sup>2</sup>Employment “Sukholozhsky” Branch of the State Unilary Enterprise in Sverdlovsh Region “Forestry Production Association”

#### **The Method of Growing Artificial Pine Stands at the Ash Dumps of the Reftinskaya Power Plant**

We have analyzed inventory data of artificial pine stands that were planted during forest restoration at the ash dumps of the Reftinskaya Power Plant. The possibility of growing highly productive artificial pine stands at ash dumps has been experimentally proved.

*Key words:* ash dump, reclamation, artificial stands, pine forests, ground vegetation cover.

---

УДК 630\*23

**Н.А. Бабич<sup>1</sup>, С.А. Корчагов<sup>2</sup>, О.А. Коношатов<sup>3</sup>, Н.Н. Стребков<sup>4</sup>,  
И.Н. Лупанова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

<sup>2</sup>Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина

<sup>3</sup>ЗАО «Инвестлеспром»

<sup>4</sup>Вологодский институт права и экономики

Бабич Николай Алексеевич родился в 1947 г., окончил в 1971 г. Архангельский лесотехнический институт имени В.В. Куйбышева, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры ландшафтного строительства и искусственных лесов Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, заслуженный работник высшей школы РФ. Имеет более 240 научных работ, в том числе 45 книг.  
E-mail: les@agtu.ru



Корчагов Сергей Анатольевич родился в 1975 г., окончил в 1997 г. Архангельский государственный технический университет, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесного хозяйства Вологодской государственной молочнохозяйственной академии им. Н.В. Верещагина. Имеет 66 печатных работ в области искусственного лесовосстановления, древесиноведения, лесной сертификации.  
E-mail: kors45@yandex.ru



Коношатов Олег Алексеевич родился в 1972 г., окончил в 1994 г. Архангельский лесотехнический институт имени В.В. Куйбышева, кандидат сельскохозяйственных наук, руководитель направления сертификации ЗАО «Инвестлеспром». Имеет около 40 печатных работ в области искусственного лесовосстановления, лесной сертификации и устойчивого лесопользования.  
E-mail: okarkhangel@yandex.ru



Стребков Николай Николаевич родился в 1973 г., окончил в 1995 г. Вологодский государственный технический университет, преподаватель кафедры технологии и оборудования лесозаготовительных и деревообрабатывающих производств, аспирант кафедры лесного хозяйства Вологодской государственной молочнохозяйственной академии им. Н.В. Верещагина. Имеет 32 печатные работы в области искусственного лесовосстановления, древесиноведения, деревообработки.  
E-mail: nstreb73@yandex.ru



Лупанова Инна Николаевна окончила в 2011 г. Вологодскую государственную молочнохозяйственную академию имени Н.В. Верещагина, аспирант кафедры лесного хозяйства ВГМХА.  
E-mail: inna-lupanova@yandex.ru



## **АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРЕ РОССИИ В РАМКАХ ПЕРЕХОДА К ИНТЕНСИВНОЙ МОДЕЛИ ВЕДЕНИЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА**

Проанализированы основные нормативно-правовые документы, регламентирующие проведение лесовосстановительных мероприятий, дана оценка современного состояния лесокультурного производства на Европейском Севере России, отмечены слабые стороны, препятствующие интенсификации лесного хозяйства.

*Ключевые слова:* лесовосстановление, лесосеменное дело, лесные плантации, лесное законодательство, нормативно-правовая база.

В настоящее время перед российским лесным хозяйством остро стоит вопрос о необходимости перехода от изжившей себя модели экстенсивного лесопользования, связанной с освоением все новых и новых массивов и неудовлетворительным уровнем ведения хозяйства в староосвоенных лесах, к устойчивой модели ведения хозяйства, которая предполагает увеличение продуктивности вторичных лесов освоенных районов, в том числе, путем проведения научно-обоснованных и адаптированных к региональным условиям и характеристикам насаждений эффективных лесовосстановительных мероприятий, рубок ухода в молодняках и коммерческих рубок ухода для формирования древостоев нужной сортиментной структуры, финальных рубок насаждений при сохранении биоразнообразия и других социально и экологически значимых полезностей лесов.

Стратегией развития лесного комплекса РФ до 2020 г. [11] признается, что одним из основных факторов, обусловивших появление системных проблем в развитии лесного хозяйства, является невысокое (неудовлетворительное\*) качество лесовосстановления, с чем трудно не согласиться. К сожалению, современное лесное законодательство не дает четкого понимания, как изменить ситуацию в лучшую сторону. Проблема качественного восстановления лесов существует и остается актуальной, несмотря на то, что невыполнение лесохозяйственного регламента и проекта освоения лесов в части их воспроизводства – основание для досрочного расторжения договоров аренды лесных участков, договоров купли-продажи лесных насаждений, а также для принудительного прекращения права постоянного (бессрочного) пользования лесными участками или права безвозмездного срочного пользования лесными участками (ст. 61 Лесного кодекса РФ [5]). Кажется бы, опасение за возможность потерять арендуемый лесной участок должно побуждать к выполнению в необходимом объеме и качестве лесовосстановительных мероприятий. По-видимому, эта норма не дает положительного эффекта. Система штрафных санкций за ненадлежащее исполнение работ по воспроизводству лесов также не является движущей силой в улучшении ситуации с лесовосстановлением. По всей видимости, к решению проблемы следует подходить комплексно, не ограничиваясь лишь жесткими мерами.

---

\*Примечание авторов.

Как известно, для надлежащего выполнения любого вида работ необходима должная мотивация. Существует ли она у лесозаготовительных предприятий-арендаторов, выполняющих основной объем лесозаготовок и, соответственно, лесовосстановления? Пожалуй, видение результатов своего труда в обозримом будущем, возможность их практического использования в ближайшей перспективе могли бы служить движущей силой для своевременного и качественного лесовосстановления. Однако арендатор, в силу действующего лесного законодательства, видит эту перспективу лишь на срок аренды, т. е. максимум на 49 лет. Такого срока в длительном процессе восстановления лесов, как известно, недостаточно, чтобы увидеть полноценный результат своего труда, не говоря уже об его использовании. Отсутствие должной мотивации, материальной заинтересованности у арендаторов в осуществлении не приносящих прибыли лесохозяйственных работ длительного цикла препятствует решению проблемы своевременного и качественного восстановления лесов. По всей видимости, назрела необходимость разработки порядка и реализации преимущественного права арендатора, исполнившего надлежащим образом договорные обязательства по воспроизводству лесов, на заключение нового договора аренды лесного участка (ч. 5 ст. 72 Лесного кодекса РФ [5]). Известно, что для ряда компаний-арендаторов попытки приоритетного заключения договоров аренды на новый срок не увенчались успехом.

Согласно ст. 62 Лесного кодекса РФ [5], лесовосстановление осуществляется естественным, искусственным или комбинированным способом. В научном мире нет единого подхода к выбору способа проведения лесовосстановительных мероприятий, порой вопрос приоритета вызывает жаркие споры и дискуссии. По мнению большинства, в качестве основного признается путь естественного восстановления при максимально возможном использовании естественной восстановительной способности лесов и увеличении объемов мероприятий по содействию естественному возобновлению. Производство лесных культур должно осуществляться лишь на вырубках, где естественное возобновление не гарантирует требуемых сроков и качества создаваемых насаждений. Такой дифференцированный подход, по нашему мнению, является оправданным, он отражен в «Стратегии 2020» [11].

По словам Е.Н. Юричева [13] «...ставка на сохранение подростка остается на первом месте. Но нет желания установить его результативность. Как и прежде, регионы оцениваются за выполнение объемных показателей, а не за их результаты. Поэтому не было и нет в регионах заинтересованности в выявлении реального положения восстановления лесов. Вполне понятно, что нет такой заинтересованности и у высшего лесного органа управления».

При общем понимании в необходимости дифференцированного подхода к вопросу лесовосстановления всегда ли есть лица, чей опыт и знания позволяют сделать правильный и обоснованный выбор? Как известно, в соответствии с Лесным кодексом РФ [5] на лесных участках, предоставленных в аренду для заготовки древесины, лесовосстановление осуществляется аренда-

торами этих участков. Предприятию-арендатору самому необходимо принимать решение о способе лесовосстановления в каждом конкретном случае на каждой конкретной лесосеке. Однако все ли арендаторы, особенно малые предприятия или индивидуальные предприниматели, имеют в своем штате хотя бы одного высококвалифицированного специалиста-лесохозяйственника, способного глубоко осмысливать проблему лесовосстановления, планировать мероприятия по восстановлению лесов с учетом лесорастительных условий, эколого-биологических особенностей древесных пород, а также имеющего научно-практический опыт выполнения этих работ? Такого рода решения не могут приниматься шаблонно. Необходимо досконально изучить ситуацию на участке с учетом всех составляющих, влияющих на процессы лесовосстановления, в целях своевременного принятия адекватного управленческого решения. В этой связи считаем, что необходимым (обязательным) условием для арендаторов является наличие аттестованных профильных специалистов, однако это не предусматривается действующим лесным законодательством федерального и регионального уровней. Нами установлено, что наиболее высокий уровень проведения лесовосстановительных мероприятий, как в прочем и всех лесохозяйственных работ, отмечен у арендаторов, имеющих в своем штате специалистов, ранее осуществлявших свою деятельность в структуре лесного хозяйства.

Главной проблемой в области лесовосстановления в настоящее время продолжает оставаться недостаточное финансирование расходов на воспроизводство лесов. Отсутствие гибкого и понятного механизма установления уровня необходимых затрат на лесовосстановление вызывает экономию средств на лесовосстановительные мероприятия финансовыми органами. Это объясняется тем, что усилия по восстановлению лесов, материальные и финансовые издержки на эти цели ощущаются в настоящем, а благо, во имя которого эти издержки производятся, – лишь в отдаленном будущем. Вследствие этого вложения в лесовосстановление для государства, обремененного дефицитом бюджета, не представляются рациональной тратой средств. Бюджетно-сметная организация финансирования не соответствует своему назначению, характеру и содержанию современного хозяйственного механизма, не ориентирует на высокий результат лесовыращивания. С учетом выше сказанного первостепенную важность в настоящее время приобретает необходимость совершенствования экономической организации воспроизводства лесных ресурсов, основанной на установлении региональных затрат на лесовосстановление и целенаправленное их использование. Со стороны арендаторов все чаще указывается на необходимость возврата государством хотя бы части средств, затраченных на лесовосстановление.

Общеизвестно, что залогом успешного лесокультурного производства является наличие достаточного количества улучшенных и сортовых (в некоторых случаях нормальных) семян лесных растений. Нельзя не согласиться с директором ФГУ «Российский центр защиты леса» В.В. Юрченко, называ-

ющим ситуацию с лесным семеноводством, близкой к абсурдной. Действующий Лесной кодекс РФ разделяет понятия «организации» и «обеспечения» воспроизводства лесов. Полномочия по «организации» переданы регионам, за исключением лесного семеноводства. При этом полномочия по «обеспечению» воспроизводства лесов переданы регионам без исключений, в полном объеме. Переданные полномочия осуществляются за счет средств субвенций федерального бюджета. Что же входит в содержание понятий «организация» и «обеспечение» лесного семеноводства? Ответ на этот вопрос отсутствует в Лесном кодексе РФ. Как следствие, невозможно определить конкретные позиции в сфере лесного семеноводства, финансируемые из средств субвенций федерального бюджета, в тоже время нельзя направить на ведение лесного семеноводства (реализацию полномочия РФ) средства бюджетов субъектов РФ.

В результате несовершенства законодательства в ряде субъектов на Северо-Западе РФ ощущается острый дефицит лесных семян и посадочного материала для осуществления лесовосстановительных работ. Это вызвано еще и низкой урожайностью насаждений в последние годы, а также ограниченной возможностью сбора шишек со срубленных деревьев в ходе комплексной машинной лесозаготовки.

Отметим, что отсутствие должной системы финансирования работ не позволяет даже в урожайные годы осуществлять сбор необходимого объема лесных семян на лесосеменных объектах. Последние пять лет доля улучшенных семян в общем объеме заготовки не увеличивается и остается на уровне 1...2 %. В странах Европейского союза этот показатель составляет 20...30 %, в скандинавских странах – 60...100 %.

Согласно ст. 65 Лесного кодекса РФ [5], лесосеменное районирование осуществляется в целях лесного семеноводства. На территории РФ накоплен значительный научный и практический опыт по районированию лесных семян. Основные принципы и положения по лесосеменному районированию отражены в руководстве «Лесосеменное районирование основных лесобразующих пород в СССР» [6]. Они базируются на глубоких и обширных знаниях, основанных на данных производственных и географических культур. Достаточно отметить, что в Архангельской области для разработки лесосеменного районирования изучены производственные культуры, созданные семенами из 60 различных областей с общим числом пунктов заготовки более 200 [7]. Коллекция географических культур в Вологодской области включает 36 климатипов сосны и 32 климатипа ели. К сожалению, накопленный опыт, отражающий преимущества или недостатки роста, продуктивности, качества древесины тех или иных климатипов, не находит в полном объеме применения в практике современного лесовосстановления. В ряде регионов, в силу нехватки лесосеменного сырья и посадочного материала, их переброску часто осуществляют с нарушением основополагающих принципов районирования, в некоторых случаях посадочный (посевной) материал приобретает даже за рубежом. Возникла острая необходимость жесткого контроля оборота семян,

включая проверку их учета и соблюдения нормы Лесного кодекса РФ о недопущении применения при воспроизводстве лесов нерайонированных семян лесных растений, а также семян лесных растений, посевные качества которых не проверены.

Материально-техническая база лесного семеноводства включает технику для заготовки лесосеменного сырья и семян, склады для их хранения, шишко-сушилки, оборудование для обескряпывания семян и пр. Следует отметить, что в настоящее время ничего из этого перечня не производится в России серийно, а то, что сохранилось, имеет практически 100 %-й износ. В соответствии со Стратегией развития лесного комплекса РФ до 2020 г. [11] следует обеспечить повышение уровня технического оснащения всех видов работ по созданию и содержанию лесосеменных объектов, заготовке лесосеменного сырья и переработке семян, анализу качества семян и их длительному хранению. Необходимо понять, что переоснастить лесное семеноводство только за счет закупки импортной дорогостоящей техники невозможно. Верным направлением развития следует считать привлечение российских фирм к производству современного оборудования для выполнения комплекса лесосеменных работ.

Выше сказанное можно распространить не только на лесосеменное дело, но и в целом на весь спектр лесокультурных работ. Достаточно сказать, что основным орудием при посадке леса в таежной зоне Европейской части России на протяжении уже почти 130 лет продолжает оставаться меч Колесова. Примером полного отсутствия технических инноваций в области восстановления лесов может служить показательная международная выставка-ярмарка «Российский лес», ежегодно проводимая в Вологде. На протяжении более 10 лет она ярко демонстрирует наличие и возможности лесозаготовительной (преимущественно импортной) техники при отсутствии средств механизации для выполнения комплекса лесокультурных работ. Это еще раз указывает на расстановку приоритетов в развитии лесного комплекса России.

Необходимо подчеркнуть, что до 2010 г. Лесной кодекс [5] относил к объектам лесного семеноводства и особо защитным лесным участкам лишь одну категорию объектов лесного семеноводства – постоянные лесосеменные участки. В нем не упоминались плюсовые деревья, плюсовые насаждения, лесосеменные плантации, маточные плантации, архивы клонов и испытательные культуры плюсовых деревьев. Принятые в 2010 г. поправки к [5] исправили положение, но значительные площади объектов лесного семеноводства уже оказались переданы арендаторам для использования лесов с целями, не связанными с лесным семеноводством. Введение обременений в договоры аренды в части содержания, охраны и эксплуатации объектов лесного семеноводства возможно по обоюдному согласию сторон, которое далеко не всегда может быть достигнуто. Считаем, что возникла острая необходимость прекращения практики передачи объектов лесного семеноводства в аренду или введение в договоры аренды обременений, связанных с их содержанием и эксплуатацией.

Среди методов создания лесных культур в настоящее время применяется как посев, так и посадка. Например, в условиях Вологодской области за период с 1966 г. по 2005 г. посевом создано 63,7 тыс. га лесных культур, посадкой – 108,0 тыс. га. Эти показатели для Архангельской области составили соответственно 623,8 и 365,1 тыс. га. Лесоводы отмечают в том и другом методе как преимущества, так и недостатки. Высказывание Г.Ф. Морозова о том, что «... ни посев, ни посадка, понятно, не могут претендовать на исключительную роль в лесоводстве: каждый из этих способов уместен в своих условиях, и целесообразный выбор того или иного метода зависит от умения ориентироваться в местных условиях, типах насаждений», ярко подчеркивает необходимость дифференцированного подхода к выбору метода искусственного лесовосстановления. Хотя в п. 41 Правил лесовосстановления [9] указывается, что основным методом создания лесных культур является посадка, правильный выбор метода создания лесных культур должен базироваться на знаниях и опыте профильного специалиста предприятия. К сожалению, очень часто выбор определяется наличием (отсутствием) специальной техники, посевного (посадочного) материала и другими объективными причинами, а не здравым смыслом специалиста, основанным на знаниях условий отдельно взятой лесокультурной площади.

В настоящее время назрела необходимость реальной оценки хода лесовосстановления на вырубках. Результаты инвентаризации, с одной стороны, позволят трезво оценить и скорректировать объемы лесовосстановительных работ на перспективу, с другой – послужат объективным доказательством правильности выбора способа лесовосстановления для каждой лесосеки. Отметим, что в Вологодской области предприняты некоторые шаги в этом направлении. Так, в соответствии с распоряжением Областного департамента лесного комплекса № 283/04-04 от 05.03.2012 г. «... проектирование объемов лесовосстановления на год возможно производить исходя из способа лесовосстановления, указанного в проекте освоения лесов, наличия подростка на лесосеках, заявленных в рубку лесными декларациями, а также по итогам осмотра лесосек. При уничтожении подростка площадь сплошных рубок назначается в искусственное лесовосстановление вне зависимости от способа, указанного в данном выделе по проекту освоения лесов. Следовательно, объем лесовосстановления в разрезе по способам производства может изменяться, но общая площадь лесовосстановления должна соответствовать проекту освоения лесов».

Следует отметить плачевное состояние питомнического дела. Несмотря на наличие значительного числа постоянных питомников (16) и обширной их общей площади (282,94 га), в Вологодской области [1] существенная часть посадочного материала приобретается за пределами региона. Особенно остро в развитии питомнического дела стоит кадровый вопрос. Многие виды работ требуют сезонного привлечения работников. Попытки решить этот вопрос в районах Вологодской области через службу занятости населения (при оплате труда 12 тыс. р. в месяц) не увенчались успехом. И как следствие, в большинстве

случаев создание лесных культур происходит лишь условно. Чаще всего они создаются на небольших участках вырубок, примыкающих к путям транспорта, населенным пунктам. Как правило, этими участками ограничивается приемка работ по лесовосстановлению со стороны контролирующих органов.

Считаем, что действующая в настоящее время нормативно-правовая база в области лесовосстановления не позволяет в полной мере решить накопившиеся вопросы. Основными документами, регламентирующими вопросы воспроизводства лесов, являются действующие Лесной кодекс РФ [5] и Правила лесовосстановления [9]. К сожалению, эти нормативы в полной мере не отражают сущности всех проблем. Органам лесного хозяйства и лесопромышленникам при решении практических вопросов приходится прибегать к морально устаревшим стандартам, руководствам и указаниям [2, 8, 10, 12]. Назрела необходимость их переработки (совершенствования) с учетом современных требований.

Следует указать на отсутствие утвержденной типовой формы проекта лесовосстановительных мероприятий, что позволяет при проектировании отклоняться от сущности рассматриваемого вопроса и вызывает определенные нарекания со стороны контролирующих органов. Густота лесных культур, регламентируемая п. 39 Правил лесовосстановления [9] и ограничиваемая минимальным значением 2,5 тыс. шт./га при посадке саженцев, не всегда является оправданной. В ряде регионов действуют или готовятся к запуску комплексы по выращиванию посадочного материала с закрытой корневой системой. Использование такого посадочного материала не требует даже минимальной густоты посадки, установленной правилами. Кроме того, указания лишь минимума (а не научно-обоснованного оптимума для различных условий местопроизрастания) числа высаживаемых растений не единицу площади неоправданы. Плановые показатели по лесовосстановлению, заложенные в Проектах освоения лесов, основываются на «устаревших» материалах лесоустройства, на условиях полного использования расчетной лесосеки. С учетом давности и невысокой точности лесоустроительных работ, а также в случае неполного освоения ежегодной расчетной лесосеки арендаторами, проектируемые цифры значительно выше реальной потребности в искусственном лесовосстановлении и зачастую не обеспечиваются наличием в аренде свободных лесокультурных площадей. Таких нерешенных вопросов бесчисленное множество.

Общим недостатком Правил лесовосстановления [9] является то, что они устанавливают избыточные требования к проведению лесовосстановительных работ, влекущие значительные дополнительные расходы без достижения лесоводственного эффекта.

Ст. 42 Лесного кодекса РФ [11] предусматривает создание лесных плантаций и их эксплуатацию, как вид использования лесов, представляющий собой предпринимательскую деятельность, связанную с выращиванием лесных насаждений искусственного происхождения для получения древесины с заданными характеристиками (балансов, пиловочника и др.). В России,

где запасы древесины составляют свыше  $\frac{1}{4}$  мировых запасов, развитие идеи плантационного лесовыращивания сдерживается широко распространенным представлением о неисчерпаемости лесов.

Длительное время о выращивании целевых сортиментов для целлюлозно-бумажной промышленности (ЦБП) не было речи, комбинаты решали сырьевые проблемы за счет существующих естественных лесосырьевых баз. Однако в настоящее время проблема обеспечения доступным и качественным сырьем предприятий ЦБП существенно обострилась. Удаленность лесных арендных баз от пунктов переработки древесного сырья является основной причиной экономической нестабильности работы перерабатывающих предприятий.

Накопленный опыт создания и эксплуатации лесных плантаций в Канаде, США, Китае и скандинавских странах подтверждает перспективность данного вида использования лесов. Следует перенять положительный опыт и с учетом местных условий применить в России.

В нашей стране определенный опыт выращивания плантаций все же существует. С начала 80-х годов в европейской части России заложено около 36 тыс. га плантационных культур в качестве сырьевой базы целлюлозно-бумажных комбинатов. В настоящее время назрела практическая необходимость проведения объективной оценки их состояния, определения количественных и качественных показателей насаждений, что отражено в Стратегии развития лесного комплекса до 2020 г. [11]. Это позволит своевременно предпринять необходимые управленческие решения в сфере оптимизации приемов целевого лесовыращивания.

Опыт закладки и выращивания плантационных культур ели существует в Вологодской области. В период с 1985 г. по 1995 г. в регионе было заложено более 1,5 тыс. га плантационных культур для обеспечения Сокольского ЦБК сырьем, получаемым за сокращенный оборот рубки. На протяжении многих лет силами авторов настоящего обзора ведется работа по исследованию этих культур [3, 4]. Проведенный нами сравнительный анализ обычных и плантационных культур позволяет заключить, что последние в ряде вариантов имеют незначительно лучшие средние таксационные показатели, несмотря на несравнимо большие финансовые затраты на их выращивание. По всей видимости, это является следствием незавершенности производства, а именно, отсутствия своевременных уходов на некоторых из участков плантационных лесных культур.

Проведенный анализ позволяет сделать заключение, что интенсификация в сфере лесовосстановления невозможна без внесения соответствующих поправок в Лесной кодекс РФ и разработки соответствующей нормативно-правовой базы, изменения системы финансирования мероприятий, технического переоснащения работ и развития кадрового потенциала.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабич Н.А., Евдокимов И.В., Неволин Н.Н. Культуры сосны Вологодской области. Вологда, 2008. 136 с.

2. Инструкция по сохранению подроста и молодняка хозяйственно-ценных пород при разработке лесосек и приемке от лесозаготовителей вырубок с проведенными мероприятиями по восстановлению леса. М., 1984. 16 с.

3. Корчагов С.А., Грибов С.Е. Влияние технологии создания культур на свойства выращиваемой древесины // Лесн. журн. 2009. № 2. С. 134, 135. (Изв. высш. учеб. заведений).

4. Корчагов С.А., Грибов С.Е., Щекалев Р.В. Свойства древесины ели в плантационных культурах Вологодской области // Лесн. вестник. 2010. № 3. С. 63–66.

5. Лесной кодекс РФ. ФЗ № 200 от 04.12.2006. Принят ГД ФС РФ 08.11.2006 г.

6. Лесосеменное районирование основных лесобразующих пород в СССР. М: Лесн. пром-сть, 1982. 368 с.

7. Непогодьева Т.С. Культуры сосны из инорайонных семян на Европейском Севере // Материалы отчетной сессии по итогам НИР в 9-й пятилетке (1971–1975 гг.). Архангельск, 1976. С. 25–28.

8. ОСТ 56-37–79. Частичная обработка почвы под лесные культуры на вырубках подзоны южной тайги Европейской части РСФСР. Основные требования. Введ. в действие 01.07.1980 г.

9. Правила лесовосстановления. Утв. приказом МПР РФ № 183 от 16 июля 2007 г.

10. Руководство по проведению лесовосстановительных работ в государственном лесном фонде таежной зоны европейской части РСФСР. М., 1977.

11. Стратегия развития лесного комплекса РФ до 2020 г. Режим доступа: <http://www.nacles.ru/poleznaja-informacija/strategii/strategija-razvitija-lpk-rossii-na>

12. Технические указания по проведению инвентаризации лесных культур, защитных лесных насаждений, питомников, площадей с проведенными мерами содействия естественному возобновлению леса и вводу молодняков в категорию ценных древесных насаждений. М., 1990.

13. Юричев Е.Н. Над пропастью, во лжи // Лесн. газета. 15.05.2012 г. № 37.

Поступила 30.08.12

*N.A. Babich<sup>1</sup>, S.A. Korchagov<sup>2</sup>, O.A. Konyushatov<sup>3</sup>, N.N. Strebkov<sup>4</sup>, I.N. Lupanova<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

<sup>2</sup>Vologda State Dairy Farming Academy by N.V. Vereshchagin

<sup>3</sup>ZAO “InvestLesProm”

<sup>4</sup>Vologda Law and Economics Institute

### **Topical Issues of Reforestation in the European North of Russia in the Context of Switching to the Intensive Model of Forest Management**

Intensification of forest management in Russia is impossible without solving the problem of timely high-quality reforestation. The paper analyzes key legal documents regulating this process, evaluates the current state of silvicultural production in the European North of Russia, as well as points out some weaknesses hampering intensification of forest management.

*Key words:* reforestation, seed collection and storage, forest plantations, forest law, legal framework.

УДК 630\*23

**А.В. Грязькин, Н.В. Беляева**

С.-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова

Грязькин Анатолий Васильевич родился в 1951 г., окончил в 1981 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор биологических наук, профессор кафедры лесоводства С.-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова. Имеет около 200 печатных работ в области парковой фитоценологии, естественного лесовозобновления и использования недревесных ресурсов леса.  
E-mail: lesovod@bk.ru



Беляева Наталия Валерьевна окончила в 1992 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства С.-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова. Имеет 130 печатных работ в области естественного лесовозобновления; применения рубок ухода и комплексного ухода в таежных лесах, видового разнообразия и устойчивости древесных пород в условиях городской среды, а также высшего образования в России.  
E-mail: galbel06@mail.ru



## **СТРУКТУРА ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМ МОЛОДОГО ПОКОЛЕНИЯ ЕЛИ В УСЛОВИЯХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

Приведены результаты исследования структуры фенологических форм подроста ели под пологом древостоев в условиях Ленинградской области. Установлено, что под пологом древостоев преобладает ранораспускающаяся фенологическая форма подроста ели, доля которой уменьшается по мере увеличения относительной полноты древостоя. Преобладание ранней формы под пологом ельника кисличного типа леса является основанием для назначения здесь преимущественно равномерно-постепенных рубок, которые будут способствовать появлению и сохранению подроста ели ранораспускающейся фенологической формы. Проведение сплошных рубок приведет к гибели елового подроста, так как в условиях Ленинградской области именно ранняя форма подроста ели наиболее подвержена действию поздних весенних заморозков.

*Ключевые слова:* лесной фитоценоз, естественное лесовозобновление, подрост ели, фенологические формы подроста, структура подроста по состоянию и высоте.

Ель европейская (*Picea abies* (L.) Karst.) на территории Ленинградской области является главным лесообразующим видом, формировавшим в прошлом до 80 % лесов региона. В настоящее время территории, ранее занятые естественными еловыми лесами, представлены сельскохозяйственными угодьями, сосновыми лесами, выросшими после верховых пожаров, а также лесами с преобладанием мелколиственных пород, сменивших ельники после сплошных рубок середи-

ны и конца XX в. При восстановлении еловых лесов через мелколиственные наблюдается существенная (на 50...80 лет) задержка в формировании промышленного запаса древесины ели. В связи с этим, разработка методов устойчивого ведения лесного хозяйства без смены лесообразующего вида в еловых лесах Ленинградской области является актуальной.

К настоящему времени описано множество форм ели по морфологическим, фенологическим и иным признакам [1, 2, 5, 9, 12]. По мнению одних исследователей фенологические формы ели обусловлены генетически [15], другие ученые считают, что на фенологическую структуру молодого поколения древесных пород влияют внешние условия. Исследования, проведенные в США, показали, что начало роста ели различных экологических форм определяется температурным режимом [13]. В условиях Республики Коми экспериментальным путем было установлено, что сроки распускания хвои у разных форм ели зависят от класса бонитета, продолжительности вегетационного периода, географической широты и иных факторов [12]. Таким образом, для подростка ели свойственно существование генетически обусловленных фенологических форм и экоморф [8]. Установлено, что разные фенологические формы в разной степени повреждаются заморозками: у ели ранней формы все весенне-летние фенофазы проходят при суммах температуры воздуха, в 1,5–2 раза превышающих таковые для поздней формы. На открытых местобитаниях подрост ели ранней формы повреждается поздневесенними заморозками в среднем в 4 раза чаще, чем подрост поздней формы. Установлено, что в ельнике черничном побеги подростка ранней формы трогаются в рост на 3...7 сут позже, чем в ельнике кисличном [3].

#### *Объекты и методы исследования*

Структуру подростка по фенологическому признаку исследовали на примере ельников кисличного типа леса. Учет естественного возобновления ели проводили летом 2011 г. под пологом древостоев на экологическом стационаре, расположенном в Лисинском лесничестве Ленинградской области. Объекты были заложены в 1982 г. Общие сведения об опытных участках представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Местоположение опытных участков**

Индекс пробной площади	Площадь, га	Номер		Площадь выдела, га
		квартала	выдела	
Секция А	0,57	123	31	1,2
« Б	0,69	206	80	2,1
« В	0,73	206	83	0,7

Таблица 2

**Исходная таксационная характеристика насаждений (1982 г.)**

Показатель	Секция А	Секция Б	Секция В
Состав древостоя	8,6Е0,5Р0,4Б0,2Ол0, 2Ив0,1Сед.Ос	9,1Е0,5Б0,3С+Р, Ол, Ив	9,6Е0,3Б0,1С+Ос, Ол, Ив
Возраст, лет	30...260	40...260	40...280
Класс бонитета	II	II	II
Тип леса	Ельник кислично- щитовниковый	Ельник кислич- но-черничный	Ельник кисличный
Высота, м	17,3	17,7	16,6
Диаметр, см	16,9	17,4	17,2
Полнота	0,7	0,7	0,8
Запас, м <sup>3</sup> /га	342	340	368

Исходная таксационная характеристика древостоев представлена в табл. 2, характеристика по данным последнего обследования – в табл. 3.

В 1982 г. на всех секциях экологического стационара древостои были представлены разновозрастными ельниками, преобладали деревья молодого и среднего возраста, т.е. деревья последних генераций. Стадия формирования данных фитоценозов – климаксовые (или субклимаксовые) ельники.

После проведенной рубки и последующего ветровала структура древостоев существенно изменилась, заметно снизились их относительная полнота и запас (табл. 3).

Учет подроста под пологом древостоев был проведен двумя методами: сплошным пересчетом и выборочно-статистическим методом.

Сплошной пересчет был выполнен на секции А и осуществлен на лентах шириной 5 м, разделенных на квадраты 5 × 5 м. Всего 244 квадрата.

Учет подроста по выборочно-статистическому методу проведен на секциях Б и В на круговых площадках по 10 м<sup>2</sup>, закладываемых на одинаковом расстоянии друг от друга по свободному ходу. Учетные площадки закладывали при помощи шеста длиной 178,5 см. Центр очередной учетной площадки устанавливали при помощи этого же шеста, для чего его продвигали вперед по ходу на две длины. Этим достигалось непосредственное примыкание учет-

Таблица 3

**Таксационная характеристика насаждений на момент последнего обследования (2011 г.)**

Показатель	Секция А	Секция Б	Секция В
Состав древостоя	9,1Е0,9Б ед. П, Ол	7,8Е1,6С0,6Б	6,6Е3,2С0,2 Б
Возраст, лет	90	90	90
Класс бонитета	II	II	II
Тип леса	Ельник кисличный	Ельник кисличный	Ельник кисличный
Высота, м	22,4	22,8	16,8
Диаметр, см	24,1	24,7	21,6
Полнота	0,4	0,6	0,3
Запас, м <sup>3</sup> /га	204	248	155

ных площадок друг к другу. При этом центры смежных учетных площадок всегда были удалены друг от друга на одинаковое расстояние –  $2 \times 178,5$  см [4]. На секции Б было заложено 469 учетных площадок, на секции В – 453.

При описании моделей подроста на опытных объектах одновременно с основными показателями устанавливали и его фенологическую форму. Среди них большой биологический и лесоводственный интерес представляют рано- и позднезрелые фенологические формы. Выделение этих форм производилось с использованием феноиндикаторов: к ранней форме относили биотипы ели, у которых терминальная почка начинала распускаться до зацветания черемухи обыкновенной, к поздней – после зацветания рябины обыкновенной или после начала пыления сосны обыкновенной в условиях Ленинградской области [3].

*Результаты исследований и выводы*

Анализ данных табл. 4 показывает, что по данным учета 2011 г. под пологом древостоев преобладает ранозрелая фенологическая форма подроста ели. Ее доля составляет в среднем 51,6 %, на долю позднезрелой фенологической формы приходится 48,4 %.

Однако по данным А.В. Грязькина [4], полученным на этих же объектах ранее, доля ранозрелой фенологической формы подроста ели составляла 44,0 %, а позднезрелой – 56,0 %. Данное явление объясняется изменением относительной полноты и погодными условиями. По данным ФГБУ «С.-Петербургский Центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с региональными функциями» [10] в 2011 г. среднемесячная температура апреля была на 1,1...2,8 °С выше средних многолетних значений; мая – на 0,9; июня – на 1,0...2,0; июля – на 4,8; августа – на 1,6; сентября – на 1,1...2,2 °С.

Таким образом, среднемесячная температура вегетационного периода 2011 г. на 2,4 °С превысила средние многолетние (климатические) значения, что и послужило причиной преобладания ранозрелой фенологической формы подроста ели. В целом на долю рано- и позднезрелых фенологических форм подроста ели приходится приблизительно одинаковое количество подроста (в среднем по  $(50 \pm 5)$  %).

Таблица 4

**Численность и встречаемость подроста ели по фенологическим формам**

Индекс пробной площади	Фенологическая форма подроста ели						Итого	
	Ранозрелая			Позднезрелая				
	Численность		Встречаемость, %	Численность		Встречаемость, %	Численность, экз./га	Встречаемость, %
	экз./га	%		экз./га	%			
Секция А	1051	51,0	71,3	1008	49,0	72,1	2059	86,5
« Б	1631	45,6	57,4	1945	54,4	68,2	3576	86,8
« В	1395	58,1	62,7	1007	41,9	47,5	2402	79,5

Из анализа данных табл. 2 и 4 видно, что доля ранораспускающейся фенологической формы подроста ели уменьшается по мере увеличения относительной полноты древостоя. Минимальная доля была зафиксирована на секции Б при относительной полноте 0,6.

Как видно из данных табл. 4, встречаемость рано- и поздне-распускающихся фенологических форм подроста ели почти одинаковая и составляет в среднем соответственно 63,8 и 62,6 %. Согласно более ранним исследованиям, при численности подроста 2 тыс. экз./га и встречаемости не менее 60 % в дальнейшем здесь можно ожидать формирования высокопродуктивного елового древостоя [7]. Высокая встречаемость обеих фенологических форм подроста ели позволяет предположить, что на данных объектах сформируется древостой с относительной полнотой 0,8...0,9 [6, 14].

Данные табл. 5 указывают на то, что жизнеспособный подрост ели имеет в своем составе больше экземпляров ранораспускающейся фенологической формы. Наши данные подтверждаются и ранее полученными материалами для этих объектов исследований [3, 4]. Однако это преимущество незначительно: разница составляет всего около 4,0 %. Таким образом, на долю жизнеспособного подроста ели рано- и поздне-распускающихся фенологических форм приходится приблизительно одинаковое количество растений (в среднем по  $(45 \pm 3) \%$ ).

Кроме того, установлено, что структура фенологических форм жизнеспособного подроста ели зависит от относительной полноты древостоя. На секции Б при относительной полноте древостоя 0,6 зафиксирована наибольшая доля жизнеспособного подроста поздней формы, в то время как на секции В при относительной полноте 0,3 отмечена максимальная доля жизнеспособного подроста ели ранней формы (табл. 5). Следовательно, при увеличении относительной полноты древостоя доля жизнеспособного подроста ели ранораспускающейся фенологической формы уменьшается.

Нежизнеспособный подрост ели имеет в своем составе больше экземпляров поздне-распускающейся фенологической формы. При этом доля нежизнеспособного подроста поздней формы в 3 раза больше, чем ранней формы (табл. 5). В целом, под пологом древостоев жизнеспособный подрост относится, как правило, к ранней фенологической форме, нежизнеспособный – к поздней.

Таблица 5

**Распределение (%) подроста ели по фенологическим формам и состоянию**

Индекс пробной площади	Фенологическая форма подроста ели и состояние					
	Ранораспускающаяся			Поздне-распускающаяся		
	Жизнеспособный	Нежизнеспособный	Сухой	Жизнеспособный	Нежизнеспособный	Сухой
Секция А	45,2	3,0	0,0	42,3	9,1	0,4
« Б	39,0	3,1	0,0	47,1	9,8	1,0
« В	52,3	3,0	0,1	36,1	8,2	0,3

Таблица 6

**Распределение (%) подроста ели по фенологическим формам и группам высот**

Индекс пробной площади	Фенологическая форма подроста ели и состояние					
	Ранораспускающаяся			Позднораспускающаяся		
	Мелкий	Средний	Крупный	Мелкий	Средний	Крупный
Секция А	13,5	14,7	20,3	19,4	23,1	9,0
« Б	10,1	16,8	15,7	23,0	24,3	10,1
« В	19,9	16,5	19,2	20,4	19,1	4,9

Фенологическая структура подроста ели различается не только по категориям состояния, но и по группам высот. Как видно из табл. 6, крупный подрост представлен, главным образом, ранней формой. В составе мелкого и среднего подростов преобладает поздняя форма. Наши данные подтверждаются и ранее полученными на этих объектах материалами [3, 4].

Анализ данных табл. 6 показывает, что на секции Б при относительной полноте древостоя 0,6 (максимальная полнота на исследуемых участках) зафиксировано минимальное количество мелкого подроста ели ранней формы и наибольшее – поздней. При наименьшей относительной полноте на секции В (0,3) отмечается наибольшая доля мелкого подроста ели ранораспускающейся фенологической формы. Таким образом, при увеличении относительной полноты древостоя доля мелкого подроста ели ранораспускающейся фенологической формы уменьшается. Большая доля поздней формы приводит в целом к снижению скорости роста молодого поколения ели под пологом.

Как видно из данных табл. 7, и мелкий, и средний, и крупный нежизнеспособный подрост ели в большей степени представлен поздней формой. Единично можно встретить мелкий подрост ранораспускающейся фенологической формы, приуроченный к переувлажненным условиям местопроизрастания. Доля мелкого и среднего жизнеспособного подроста рано- и позднораспускающихся фенологических форм практически одинаковая: разница составляет не более 4,0 %. Крупный жизнеспособный подрост ранней формы встречается в 2,5–3 раза чаще, чем поздней.

Таблица 7

**Распределение (%) жизнеспособного и нежизнеспособного подроста ели рано- (числитель) и позднораспускающихся (знаменатель) фенологических форм по группам высот**

Индекс пробной площади	Жизнеспособный подрост			Нежизнеспособный подрост		
	Мелкий	Средний	Крупный	Мелкий	Средний	Крупный
Секция А	12,9/15,7	13,1/19,4	19,1/7,2	0,5/3,7	1,5/3,7	1,0/1,8
« Б	9,4/19,4	15,3/19,4	14,3/8,3	0,5/3,3	1,3/4,7	1,2/1,7
« В	19,2/16,4	15,2/15,2	17,9/4,1	0,6/3,6	1,2/3,8	1,2/0,8

Таблица 8

**Возрастная структура (лет) подроста ели по фенологическим формам и состоянию**

Индекс пробной площади	Фенологическая форма подроста ели и состояние			
	Ранораспускающаяся		Позднораспускающаяся	
	Жизне-способный	Нежизнеспособный	Жизне-способный	Нежизнеспособный
Секция А	9,4±0,2	9,5±0,5	8,2±0,2	7,5±0,3
« Б	12,5±0,2	13,4±0,9	9,9±0,1	11,1±0,4
« В	10,2±0,3	12,5±1,5	9,0±0,2	9,6±0,3

Доля нежизнеспособного мелкого и среднего подроста ранней формы в 3–4 раза ниже, чем поздней, количество крупного нежизнеспособного подроста рано- и позднораспускающихся фенологических форм одинаковое. Таким образом, ранораспускающаяся фенологическая форма подроста ели достаточно устойчива к воздействию экологических факторов.

Как видно из табл. 8, средний возраст подроста ели ранораспускающейся фенологической формы на 2,5 года больше, чем поздней. При этом данная закономерность характерна как для жизнеспособного, так и для нежизнеспособного подроста. Различия фенологических форм по возрасту практически во всех случаях достоверны (для жизнеспособного подроста). Все это свидетельствует о том, что под пологом леса в первую очередь появляется подрост ели ранней фенологической формы, обладающий лучшими экологическими свойствами, который в большинстве своем относится к категории жизнеспособного.

Как видно из данных табл. 9, возраст мелкого по высоте подроста ели ранней формы на 0,5 года меньше, чем поздней. Возраст среднего подроста и рано- и позднораспускающихся фенологических форм почти одинаков. Крупный подрост ели ранней формы в среднем на 1,5 года старше крупного подроста поздней формы. Данные закономерности можно объяснить тем, что мелкий подрост ели ранней формы сильнее повреждается поздневесенними заморозками по сравнению со средним и крупным по высоте подростом. Об этом свидетельствуют и наши более ранние исследования [3].

Таблица 9

**Возрастная структура (лет) подроста ели по фенологическим формам и высоте**

Индекс пробной площади	Фенологическая форма подроста ели по группам высот					
	Ранораспускающаяся			Позднораспускающаяся		
	Мелкий	Средний	Крупный	Мелкий	Средний	Крупный
Секция А	4,7±0,1	8,2±0,2	13,5±0,4	5,2±0,1	8,2±0,1	14,0±0,5
« Б	7,9±0,3	11,8±0,2	16,5±0,4	7,6±0,1	10,6±0,1	14,6±0,5
« В	5,3±0,2	9,4±0,2	16,3±0,6	6,5±0,2	10,6±0,2	13,8±0,8

Таблица 10

**Возраст (лет) жизнеспособного и нежизнеспособного подроста ели  
рано- (числитель) и позднораспускающихся (знаменатель)  
фенологических форм по группам высот**

Индекс пробной площади	Жизнеспособный подрост			Нежизнеспособный подрост		
	Мелкий	Средний	Крупный	Мелкий	Средний	Крупный
Секция А	$4,6 \pm 0,1$	$8,0 \pm 0,2$	$13,6 \pm 0,4$	$6,6 \pm 0,8$	$9,8 \pm 0,6$	$10,5 \pm 1,0$
	$5,2 \pm 0,1$	$8,3 \pm 0,2$	$14,4 \pm 0,6$	$5,1 \pm 0,3$	$7,8 \pm 0,4$	$12,0 \pm 1,1$
« Б	$7,9 \pm 0,3$	$11,7 \pm 0,2$	$16,5 \pm 0,4$	$5,8 \pm 0,8$	$12,0 \pm 0,9$	$17,0 \pm 1,3$
	$7,5 \pm 0,1$	$10,6 \pm 0,1$	$14,0 \pm 0,4$	$8,4 \pm 0,5$	$10,5 \pm 0,1$	$17,4 \pm 1,6$
« В	$5,3 \pm 0,2$	$9,4 \pm 0,2$	$16,2 \pm 0,6$	$6,3 \pm 0,8$	$9,5 \pm 0,7$	$13,4 \pm 1,0$
	$6,2 \pm 0,3$	$10,6 \pm 0,2$	$14,3 \pm 0,9$	$7,8 \pm 0,3$	$10,7 \pm 0,4$	$11,8 \pm 1,3$

Данные, приведенные в табл. 10, показывают, что вышеприведенная закономерность относится не только для выделенных фенологических форм, но и для всего подроста ели.

Молодое поколение ели ранораспускающейся фенологической формы, как правило, в среднем на 2,5 года старше, чем поздней формы. Возраст крупного и среднего подростов ели ранней формы больше, а мелкого – меньше, чем возраст позднораспускающейся фенологической формы.

Нашими исследованиями установлено, что под пологом леса в первую очередь появляется подрост ели ранней фенологической формы, обладающий лучшими экологическими свойствами. В большинстве своем подрост ранней формы относится к категории жизнеспособного, тогда как у позднораспускающейся формы ели нежизнеспособного подроста больше. Крупный подрост представлен, главным образом, ранней формой. В составе мелкого и среднего подроста преобладает поздняя форма. По мере снижения относительной полноты древостоя доля ранней формы увеличивается.

Ростовая и фенологическая структура подроста позволяет планировать систему хозяйства. Преобладание ранней формы под пологом ельника кисличного типа леса является основанием для назначения здесь преимущественно равномерно-постепенных рубок, которые будут способствовать появлению и сохранению подроста ели ранораспускающейся фенологической формы. Проведение сплошных рубок приведет к гибели елового подроста, так как именно ранняя форма подроста ели наиболее подвержена действию поздних весенних заморозков.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волович П.И. Соотношение ели по составу фенологических форм и использование лучших климатипов в лесокультурной практике Белорусской ССР // Интенсификация лесного хозяйства в БССР. М., 1978. С. 79–88.

2. *Гавриш В.П.* Многоформенность хвойных пород и практическое использование ценных форм сосны и ели // Лесн. хоз-во. 1938. № 1. С. 16–19.
3. *Грязькин А.В.* Возобновительный потенциал таежных лесов (на примере ельников Северо-Запада России): моногр. СПб.: СПбГЛТА, 2001. 188 с.
4. *Грязькин А.В.* О соотношении количества подроста ели по фенологическим формам под пологом и на вырубке // Лесоводство и экология: современные проблемы и пути их решения. Брянск: БГИТА, 1996. С. 104–108.
5. *Карпов В.Г.* Экспериментальная фитоценология темнохвойной тайги. Л.: Наука, 1969. 331 с.
6. *Мартынов А.Н.* Встречаемость подроста ели как фактор продуктивности булушего древостоя // Лесн. журн. 2001. № 4. С. 13–14. (Изв. высш. учеб. заведений).
7. *Мартынов А.Н., Сеннов С.Н., Грязькин А.В.* Естественное возобновление леса: текст лекций. СПб.: СПбЛТА, 1994. 42 с.
8. *Морозов Г.П.* Фенотипическая структура ели // Коренные темнохвойные леса южной тайги (резерват Кологривский лес). М.: Наука, 1988. С. 162–175.
9. *Наквасина Е.Н., Прожерина Н.А., Юдина О.А.* Морфологическая изменчивость ели при ее адаптации в географических культурах Архангельской области // Лесоведение. 2009. С. 28–36.
10. Официальный портал С.-Петербургского ЦГМС-Р. Режим доступа: <http://www.meteo.nw.ru/articles/index.php?id=622>
11. Пат. № 2084129 РФ, МКИ С 6 А 01 G 23/00. Способ учета подроста / А.В. Грязькин. № 94022328/13; заяв. 10.06.94; опуб. 20.07.97, Бюл. № 20.
12. *Тарханов С.Н.* Фенологические формы в географических культурах ели в Коми АССР // Вопросы искусственного лесовосстановления на Европейском Севере. Архангельск: АИЛХ, 1986. С. 73–80.
13. *Barton B.M.* Variation in the phenology of bud flushing in white and red spruce // Can. J. Forest Res. 1988. 18, N 3. P. 315–319.
14. *Braathe P.* Underskelser over utviklingen av glissen gjenvekst av gran // Medd. Fra det Norske Skogf. 1953. Vol. 12, N 42. P. 209–301.
15. *Holzer K., Schultze U.* Die Abhangigkeit des Fiechtenustriebes vom Fruhjahrensklima // Osterr. Forstztg. 1988. 99. 5. S. 59–60.

Поступила 21.12.12

*A.V. Gryazkin, N.V. Belyaeva*

St. Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov

### **The Structure of Phenological Forms of the Young Generation Spruce in the Leningrad Region**

The paper presents the results of the structure study of spruce undergrowth phenological forms under the canopy of stands in the Leningrad Region. Under the canopy there dominates an early-shooting phenological form of spruce undergrowth. Its share is decreasing as the relative density of the stand is increasing. Due to the prevalence of the early-shooting form under the canopy of the *Oxalis piceetum* forest type, mainly even, gradual cuttings can be chosen here. This type of cutting will hasten the emergence and preservation of the early-shooting phenological form of spruce. Clear-cutting will kill the spruce undergrowth, as in the Leningrad Region the early-shooting form of spruce undergrowth is very likely to suffer from the late spring frost.

*Key words:* forest phytocenosis, natural forest regeneration, spruce undergrowth, phenological forms of undergrowth, undergrowth structure by condition and height.

УДК 630\*232.5

***Р.Н. Матвеева, О.Ф. Буторова, А.Г. Кичкильдеев, В.В. Нарзыев***

Сибирский государственный технологический университет

Матвеева Римма Никитична окончила в 1965 г. Сибирский технологический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры селекции и озеленения СибГТУ, заслуженный лесовод РФ. Имеет более 400 научных работ по лесной селекции, лесовыращиванию, плодородию.  
E-mail: selekcia@sibstu.kts.ru



Буторова Ольга Федоровна окончила в 1967 г. Сибирский технологический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры селекции и озеленения СибГТУ. Имеет 350 научных работ в области лесовыращивания, лесной селекции, интродукции.  
E-mail: selekcia@sibstu.kts.ru



Кичкильдеев Александр Геннадьевич родился в 1981 г., окончил в 2003 г. Сибирский государственный технологический университет, доцент кафедры селекции и озеленения СибГТУ. Имеет 30 научных работ по лесной селекции.  
Тел.: 8 (391) 227-58-09



Нарзыев Владимир Викторович родился в 1992 г., студент 3 курса лесохозяйственного факультета Сибирского государственного технологического университета.  
E-mail: selekcia@sibstu.kts.ru



## **ИЗМЕНЧИВОСТЬ КЛОНОВОГО ПОТОМСТВА ПЛЮСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ КЕДРОВОЙ СИБИРСКОЙ НА ПЛАНТАЦИИ ЮГА СРЕДНЕЙ СИБИРИ**

Приведены биометрические показатели 28-летних клонов сосны кедровой сибирской на плантации учебно-опытного лесхоза СибГТУ. Клоны представлены потомством плюсовых деревьев Новосибирской области, отселектированных по семенной или стволовой продуктивности. Выделены клоны, отличающиеся лучшим ростом и репродуктивным развитием в условиях юга Средней Сибири.

*Ключевые слова:* сосна кедровая сибирская, клон, потомство, прививки, биометрические показатели, рост, семеношение, изменчивость, Сибирь.

---

© Матвеева Р.Н., Буторова О.Ф., Кичкильдеев А.Г., Нарзыев В.В., 2013

В соответствии со Стратегией развития лесного комплекса РФ до 2020 г. [5] приоритетными направлениями являются сохранение биологического разнообразия лесов, разработка методов получения быстрорастущих и высокопродуктивных лесных пород с заданными свойствами на основе методов лесной генетики и селекции.

Лесосеменные плантации, создаваемые на основе размножения отобранных по селективируемым признакам плюсовых деревьев, рассматриваются как важный этап в системе мероприятий по сохранению генетических ресурсов природных лесных популяций [1]. Создание клоновых лесосеменных плантаций способствует сокращению сроков проверки деревьев на элитность по потомству, получению генетически ценных лесных семян [2–4, 6, 7 и др.].

На плантации «Собакина речка», расположенной на территории Карaulьного лесничества учебно-опытного лесхоза СибГТУ произрастает вегетативное потомство 19 плюсовых деревьев сосны кедровой сибирской, произрастающих в Колыванском лесхозе Новосибирской области. Они аттестованы по стволовой или семенной продуктивности. Маточные плюсовые деревья, аттестованные по стволовой продуктивности, имели превышение высоты на 9...14, диаметра ствола – на 38...87 % над средними показателями насаждений (табл. 1).

Таблица 1

**Таксационная характеристика маточных плюсовых деревьев**

Лесничество	Номер			Возраст, лет	Высота		Диаметр ствола	
	кварта-ла	выде-ла	дере-ва		м	% от среднего	см	% от среднего
По стволовой продуктивности								
Кандауровское	63	8	17/17	220	26	114	62	140
	62	21	29/29	170	24	114	60	187
Орско-Симанское	47	8	113/77	240	29	109	72	138
	63	8	128/92	260	28	110	60	143
	63	7	141/105	260	28	112	64	152
	63	7	146/110	260	27	110	70	167
	63	7	147/111	260	27	110	68	162
По семенной продуктивности								
Кандауровское	60	6	83/47	240	25	100	74	108
	60	6	86/50	180	25	100	60	88
	60	6	88/52	200	20	91	85	125
Орско-Симанское	36	12	90/54	110	18	100	46	88
	36	12	91/55	140	19	105	72	138
	36	12	94/58	150	23	128	72	138
	36	12	96/60	120	19	105	46	89
	36	12	98/62	140	19	105	65	125
	36	12	100/64	110	17	94	44	84
	36	12	102/66	120	20	111	52	100
	36	12	107/71	120	20	111	51	98
	63	7	148/112	210	27	110	56	133
	63	7	149/113	260	26	105	57	137

При отборе деревьев по семенной продуктивности основным показателем явилась многолетняя удельная энергия семеношения, которая составляла 4,4...10,2 шт. шишек/см. Наибольший показатель отмечен у деревьев № 90/54 и № 100/64.

Плюсовые деревья были размножены прививкой весной 1989 г. способом «сердцевинной на камбий» по Е.П. Проказину. Прививка проведена на 6-летние сеянцы сосны кедровой сибирской местного происхождения (семена собраны в Бирюсинском лесничестве учебно-опытного лесхоза СибГТУ). Посадка привитых растений на плантацию проведена весной 1996 г.

К 28-летнему биологическому возрасту клоны по семенной продуктивности имели высоту 3,3...5,4 м, диаметр ствола 4,8...12,3 см, текущий прирост побега 17,5...41,8 см (табл. 2).

В группу, превышающую среднее значение по высоте на 10 % и более, вошли клоны 86/50, 94/58, 149/113, по диаметру ствола на 30 % и более – 100/64, 107/71, 149/113, по текущему приросту на 10 % и более – 83/47, 86/50, 96/60, 100/64, 102/66.

Клоны плюсовых деревьев, аттестованных по стволовой продуктивности, в 28-летнем биологическом возрасте имеют высоту 3,1...6,1 м при среднем значении 4,6 м (табл. 2).

Таблица 2

**Биометрические показатели 28-летних клонов в группах деревьев, отобранных по семенной и стволовой продуктивности**

Номер клона (плюсового дерева)	Высота		Диаметр ствола		Текущий прирост	
	м	% от сред- него	см	% от сред- него	см	% от сред- него
По стволовой продуктивности						
17/17	4,8	104,3	7,8	102,6	25,0	88,3
29/29	3,1	67,4	4,6	60,5	24,0	84,8
113/77	5,3	115,2	9,0	118,4	27,0	95,4
128/92	6,1	132,6	11,5	151,3	30,0	106,0
141/105	4,7	102,2	7,8	102,6	37,5	130,7
146/110	4,7	102,2	8,0	105,3	35,0	123,7
147/111	3,5	76,1	4,7	61,8	20,0	70,7
<i>Среднее значение</i>	4,6	100,0	7,6	100,0	28,3	100,0
По семенной продуктивности						
96/60	4,8	104,3	7,8	95,1	39,2	120,6
98/62	3,3	71,7	4,8	58,5	35,0	107,7
100/64	4,9	106,5	12,3	150,0	38,3	117,8
102/66	4,2	91,3	7,8	95,1	37,0	113,8
107/71	4,9	106,5	11,9	145,1	34,2	105,2
148/112	3,7	80,4	5,5	67,1	17,5	53,8
149/113	5,2	113,0	11,0	134,1	32,5	100,0
<i>Среднее значение</i>	4,6	100,0	8,4	100,0	32,5	100,0

Клоны 113/77, 128/92 превосходят по высоте среднее значение на 15,2 и 32,6 %. Максимальная высота отмечена у клона 128/92. Эти же клоны имеют на 18,4 и 51,3 % превышение и по диаметру ствола. Текущий прирост варьировал от 20,0 до 37,5 см.

Сравнение биометрических показателей клонов, различающихся принципом отбора плюсовых деревьев, свидетельствует о несущественном их различии в этом возрасте (табл. 3).

Таблица 3

**Сравнительный анализ показателей роста 28-летних клонов по принципу отбора плюсовых деревьев**

Принцип отбора плюсовых деревьев (продуктивность)	Статистические характеристики				
	$X_{cp}$	$\pm m$	V, %	P, %	$t_{\phi}$
	Высота, м				
Семенная	4,6	0,17	13,4	3,7	0,00
Стволовая	4,6	0,39	22,2	8,4	
	Диаметр ствола, см				
Семенная	8,4	0,69	30,1	8,2	0,81
Стволовая	7,6	0,71	31,6	9,3	
	Текущий прирост, см				
Семенная	32,5	1,98	22,0	6,1	1,37
Стволовая	28,3	2,35	21,9	8,3	

Выявлены средний и высокий уровни изменчивости по высоте, высокий – по диаметру ствола и текущему приросту.

Анализ репродуктивного развития разных клонов показал, что единичное образование макростробилов было отмечено на привоях 14-летнего возраста. На 18-летних привоях образовались шишки на рамах 1-24 клона 29-29 (стволовая продуктивность), 3-22 клона 107/74, 2-19 клона 100/64 (семенная продуктивность). На 19-летних привоях макростробилы были у клонов 90/54, 96/60, 100/64 в группе отбора по семенной продуктивности.

Клонов с шишками и макростробилами у 20- и 21-летних привоев плюсовых деревьев, отобранных по семенной продуктивности, больше в 5,4 раза, с микростробилами – в 3,8 раза в сравнении с клонами плюсовых деревьев, отобранных по стволовой.

22-летние привои (2012 г.) имели макростробилы у 30,8 % клонов, микростробилы – у 73,0 % клонов только у деревьев в группе по семенной продуктивности. Наибольшее количество микростробилов было у рамок 2-32 (клон 86/50), 3-21 (90/54), 3-20 (100/64), 2-25, 2-19 (98/62) из группы плюсовых деревьев, отобранных по семенной продуктивности. На деревьях группы по стволовой продуктивности макро- и микростробилы в 2012 г. не образовались.

Сопоставление высоты и диаметра ствола маточных деревьев и их клонного потомства показало отсутствие сходства, и только клоны 113/77,

128/92, 94/58, 149/113 имели превышения по этим показателям аналогично маточным деревьям.

Проведенные исследования подтвердили необходимость проведения отбора не только среди деревьев природных популяций, но и среди клонового потомства в конкретных условиях произрастания.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ефимов Ю.П.* О новой категории семенных плантаций древесных пород в лесном семеноводстве России // Селекция, генетические ресурсы и сохранение генофонда лесных древесных растений (Вавиловские чтения). Гомель: ИЛ НАН Беларуси, 2003. С. 200–204.
2. *Колегова Н.Ф.* Семенные прививочные плантации // Лесн. хоз-во. 1974. № 11. С. 50–52.
3. *Кузнецова Г.В.* Опыт создания клоновой плантации кедровых сосен в Красноярской лесостепи // Хвойные бореальной зоны. 2007. Т. 24, № 2-3. С. 217–224.
4. *Матвеева Р.Н., Буторова О.Ф., Кичкильдеев А.Г.* Рост и семеношение кедра сибирского, привитого на сосну обыкновенную, в зеленой зоне г. Красноярска. Красноярск: СибГТУ, 2009. 185 с.
5. *Савинов А.И.* Основные задачи лесного хозяйства на современном этапе // Лесн. хоз-во. 2010. № 1. С. 2–5.
6. *Титов Е.В.* Плантационное лесовыращивание кедровых сосен. Воронеж: ВГЛТА, 2004. 165 с.
7. *Савва Ю.В., Яковлева А.Ю., Ваганов Е.А.* Реакция прививок кедра сибирского на изменения климатических факторов // Лесн. хоз-во. 2004. № 5. С. 36–38.

Поступила 02.11.12

**R.N. Matveeva, O.F. Butorova, A.G. Kichkildееv, V.V. Narzyaev**  
Siberian State Technological University

#### **Variability of Clonal Offsprings of Siberian Pine Elite Trees at a Plantation in South-Central Siberia**

Biometric measurements of 28-year-old Siberian Pine clones at the SibSTU research forestry are given. The clones represent offsprings of the Novosibirsk Region elite trees selected by their seed or stem productivity. Clones with the best growth and reproductive development in South-Central Siberia have been singled out.

*Key words:* Siberian Pine, clone, offspring, vaccinations, biometrics, growth, seed productivity, variability, Siberia.

УДК 630\*221

***Ole Jakob Sørensen<sup>1</sup>, Toralf Bjelkåsen<sup>1</sup>, Sergey V. Ivantsov<sup>2</sup>***

<sup>1</sup>Nord-Trøndelag University College - Norway

<sup>2</sup>Karpogory Leskhoz - Arkhangelsk

Ole Jakob Sørensen. Associate professor in forest ecology. Born 1951. Ole Jakob Sørensen had his education from the Univ. of Oslo (Bachelor) and a Master degree in Terrestrial Ecology from Univ. of Trondheim in 1978. His master work was on winter habitat of grouse birds. Since 1990 he has worked as associate professor in forest ecology at Nord-Trøndelag Univ. College, where he has handled a student exchange program, where Russian forestry students have been given the possibility to graduate as bachelors in forestry or nature management in Norway. His specialties are concentrated on forest birds, mammals and fungi's habitat adaptation in boreal forests and biodiversity management of forests.  
E-mail: ole.j.sorensen@hint.no



Toralf Bjelkåsen. Dr. Scient. Professor in silviculture. Born 1940. Toralf Bjelkåsen had his education at the Norwegian University of Agriculture where he received his degree in forestry in 1975. Here he continued his study, now focusing on the use of aerial photographs in forest mensuration. He developed a stand volume table for measurements on aerial photographs, and received his Dr. Scient. in Forest Mensuration in 1976. From 1975 to 1993 he was a forest officer in the National Forest Service where he specialized on forest ecology, silviculture and forest regeneration. He has been Professor of Silviculture at the Nord - Trøndelag University College from 1993 until he became a pensioner in 2005. Here he was teaching forestry, forest ecology and landscape ecology.  
E-mail: toralf.bjelkasen@ntebb.no



Sergey V. Ivantsov. Born 1973. Deputy administrator of the Local Body of the Agency for Forest and Hunting Sector in the Arkhangelsk Region, Karpogory Forestry.  
E-mail: Iwantsov.s@yandex.ru



### **EXAMPLES OF THE INTERNAL STAND STRUCTURES ( $\alpha$ -DIVERSITY IN) OLD GROWTH FOREST IN THE YULA RIVER BASIN – ARKHANGELSK REGION\***

Рассмотрены результаты анализа структуры старовозрастных древостоев в бассейне р. Юла на основе закладки трансект с подробным картированием размещения деревьев. Отмечено наличие большого биоразнообразия. Предложено использовать подобный инструмент для экологически-базируемого модельного леса.

---

\*We will acknowledge the Arkhangelsk State Technical University, Faculty of Forestry, The Forest administration of Arkhangelsk Oblast and Karpogory Leskhoz for practical help to visit the deep forests of the Yula and Ura River basin in 2005, and North-Trøndelag University College for financial support to this expedition, and Vladimir Naumov for the help as translator during the expedition.

© Ole Jakob Sørensen, Toralf Bjelkåsen, Sergey V. Ivantsov, 2013

The article presents the results of the structure analysis of old-growth stands in the Yula river basin using “transect” with detailed mapping of the trees’ location. Rich biodiversity has been observed. Using a similar tool for ecologically-based model forests is suggested.

*Key words:* Sustainable forestry, timber utilization, intact landscapes, managed forest, natural forest, impact, ecotypes, biodiversity, ecological forestry, transects,  $\alpha$ -diversity, succession stages, gap dynamics.

### *Introduction*

The boreal forests of Norway, Sweden and Finland have for centuries been utilized by local people for many purposes, timber for houses and firewood near settlements, grazing by cattle, sheep and goats, production of tar for impregnation of houses, boats and other wood products, iron production melted out of deposits from iron-bacterial activity in bogs, charcoal for mining industry, and selective logging of timber where logs and planks have been exported to Norwegian and European towns [4]. Some large towns, like Amsterdam, could be said to float or stand on old timber from Norway. This utilization has passed on over centuries. Vast areas of forests were utilized with strong or weaker impact on the forest structure until also small sized timber were taken into use in the late 1800<sup>th</sup> for paper production. Selective logging, followed by natural regrowth, was though the dominant forestry practise until the mid 1900<sup>th</sup> when clear cutting, regrowth secured by planting of tree-nursery produced trees and intensive cultivation of young stands, became the dominant way of tree harvesting and forest production.

This long time utilization of timber have modified and simplified structure and tree composition of Fennoscandic boreal forests in many ways. Today natural old growth forests with little impact of human activity are seldom found, and mainly in high elevation forests, (near tree line to the mountains), far from human settlements. They are often of small size and scattered in a way that hardly create a forest landscape, and if so - only as narrow belts of trees/forest at the higher elevations. They only represent types of north-boreal forests, and not the diversity of boreal forests that is distributed from south to north and different local ecotypes that could have been found in Fennoscandia.

With a new attitude to, and new definition of the concept *Sustainable forestry*, following the United Nations convention of sustainable development [4], and the Rio-convention of Protection of biodiversity [6], a need to obtain better knowledge of the ecology in natural developed boreal forests has aroused. Such knowledge is of importance if the concern of biodiversity should be implemented in forestry practise. Ideologically a new practise for sustainable forestry, called *ecological forestry*, should be able to copy forests composition at landscape and stand level. This is a difficult task to solve in managed forest, but anyhow regarded as an important tool to maintain biodiversity in managed forests and earlier suggested by Rolstad [3] and Seymoure and Hunter [5]. Today, knowledge of stand structures and natural forest mosaics at landscape level for forests similar to our Fennoscandian boreal forests

can only be obtained from similar forest types in North-West Russia, the areas from where the boreal, Fennoscandian flora, fauna and fungi mainly have been recruited.

The aim of this study was to test out a method and document tree structure and forest composition of some common, natural, old growth stands from the boreal taiga zone of Archangelsk region.

### *Study area*

This paper presents results from an excursion into the river basin of Yula and Ura in Pinega and Vinogradovsky rajons in Arkhangelsk Oblast in the spring of 2005 [2].

In this area the terrain is flat or gently sloping. The soil is fine grained, dominated by the silt fraction. The climate is continental, with a precipitation of 400...500 mm per year. Spruce is the dominant tree species. It forms pure stands, but also stands mixed with pine. Pure pine stands occur on sites where the terrain lies higher than the surroundings and the ground water lies deeper in the ground. Broad-leaved species are scarce, but birch is present especially in early succession stages. Most stands are in medium or late succession phases, and often the succession dynamics were complex and intriguing to interpret.

Forest fires are causing the severe disturbances in the forests here. During our five days in the field, we observed one location where a forest fire had swept over a vast area, killing all spruce and birch trees, whereas most of the pine trees had survived. Minor disturbances caused by wind and parasitic fungi were observed on several spots. Most common was wind-thrown, single trees, but spots of 1-2 hectares where all trees had been wind-thrown, were also observed. Due to severe drought the last years, dead or dying spruce trees occurred rather frequently. On sites with dead or stressed trees, bark beetles now were attacking and killing additional trees.

### *Methods*

We measured transects of forest according to the method used by Huse [1] for natural pine forests of the Pasvik Valley in Finnmark, Norway, but now in spruce-dominated forests. Each transect measured was 10 by 50 m. On each transect all standing trees higher than 1m, tree height and diameter at breast height were measured, and positions were mapped. This method will visualize and measure  $\alpha$ -diversity pattern in a forest stand, but not the  $\beta$ -structure defined as the mosaic pattern of forest stands at landscape level [3]. Logs lying on the ground were mapped and classified in early or late decomposition stages. Transect no 1 and 2 were situated on flat terrain, in no 3 and 4 the terrain were gently sloping, and in transect no 5 it was slopes of 8 %.

Symbols used in the mapping of trees in the transects are given in fig. 1. Dead trees lying on the ground are also shown, where trees drawn with solid lines are newly fallen trees and decomposing trees drawn with broken lines.

## Symbols used in the drawings

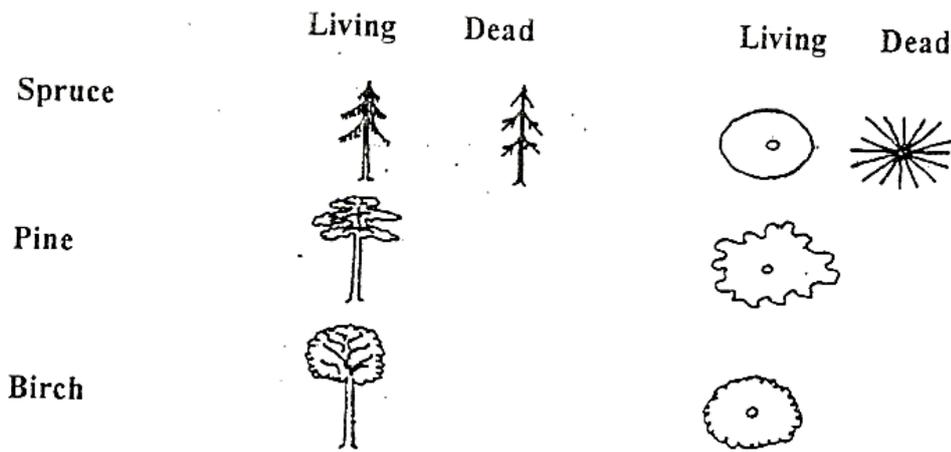


Fig. 1. Symbols used in the drawings

### Results

All together, five transects were mapped and investigated, all of them situated in spruce dominated forests of differed ages and succession stages. The number of trees, age of stand and estimated volume is given in table.

#### Number of trees and standing volume in the five transects. Norwegian volume tables were used to calculate standing volumes

Transect no	Age of dominant trees	Number of trees /ha.	Basal area, m <sup>2</sup> /ha	Standing volume, m <sup>3</sup> /ha	Remarks
1	250	1340	19	210	Spruce and birch
		100	9	105	Pine
2	250	1520	26	305	Spruce
3	300	2120	17	170	Living spruce trees
		280	7,5	85	Dead spruce trees
4	200	1720	20	145	Spruce
		40	1	10	Pine
5	100	1000	9,5	205	Spruce
	250	120	3	75	Pine
	100	600	6,5	115	Birch

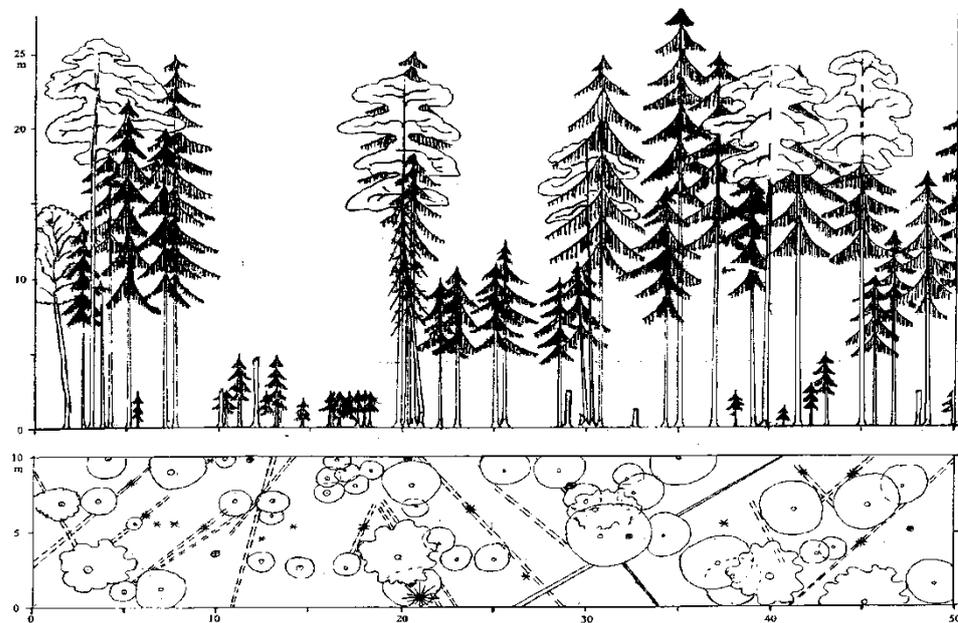


Fig. 2. Vertical- and horizontal projections of a spruce- dominated stand in a medium- or late succession phase. Gap dynamics will now transform the stand towards a multi-layered, multi-aged phase

*Transect no 1* was an old tree stand on plain terrain near the Yula River. The soil was fine-grained sand with a thick raw humus layer. Spruce (*Picea abies*) was the dominant species, but a few old pines (*Pinus silvestris*) were mixed in. The oldest trees were about 250 years old and up to 26 m high (fig. 2).

This stand showed a succession after a forest fire more than 250 years ago when only the pine trees survived. Single trees and fallen, decomposing logs of birch (*Betula spp.*) showed an earlier presence of this species. The stand was now in a phase of decomposition, where gap dynamics now will transform the stand into a multi-aged, multi-layered phase. I can also be hit by a fire and thus start a new secondary succession.

*Transect no 2* was a continuation of transect no. 1, but the terrain here was about one meter lower and sometimes flooded by the Yula river, probably each spring. The soil appeared to be more fertile, and the dominant trees were 2 m higher and had larger diameters than the trees in transect no 1 (fig. 3).

This pure spruce stand was more even, and gap dynamics had just started. Most of the fallen logs were in early decomposition stages, showing that they had fallen during the last few years. There were only a few logs in late decomposing stages. This corresponded to the stand structure that showed only small gaps, and the

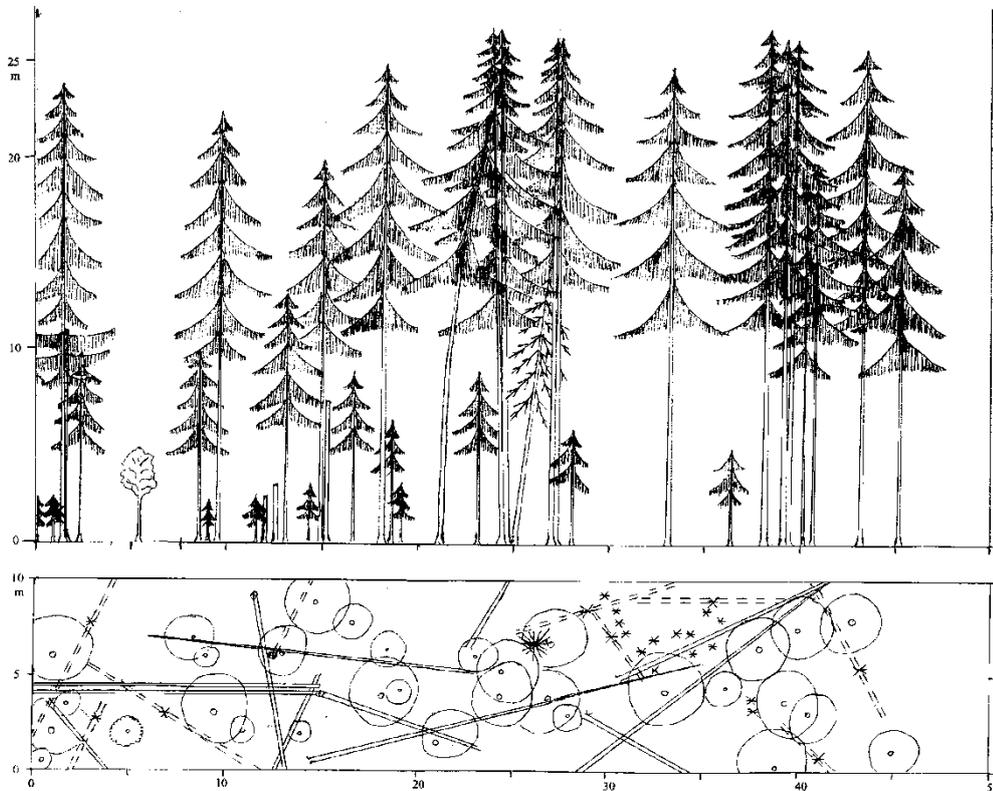


Fig. 3. Vertical- and horizontal projections of a spruce stand in a medium- or late succession phase. Most of the fallen logs were from the last few years. In these gaps regeneration will appear and the stand will develop into a multi-storeyed and multi-aged stand

regeneration was of young age. The even structure and crown canopy indicate that this stand probably might have been caused by the same fire as transect no. 1.

The fact that this transect lies lower than no. 1, makes it also possible that it was not burned at that time. In this case this stand has developed over a longer period of time. In the right part of this transect, the trees were all old and large, but in the left half there were trees of different ages and heights. This distribution of heights and ages indicates that gap formation and regeneration has taken place in a long period of time.

*Transect no 3* was a spruce stand near the river Ura, on fine-grained soil and gently sloping terrain. The dominant trees were 250 – 300 years old, and up to 27 m high. The trees were now suffering under drought stress and severe attack from bark beetles (fig. 4).

The structure of this stand indicates a late succession stage. Here were trees of all ages and heights and also gaps with regeneration. The drought and attacks by bark beetles had killed the largest trees, and if it continues, it will bring the stand back into an earlier succession stage.

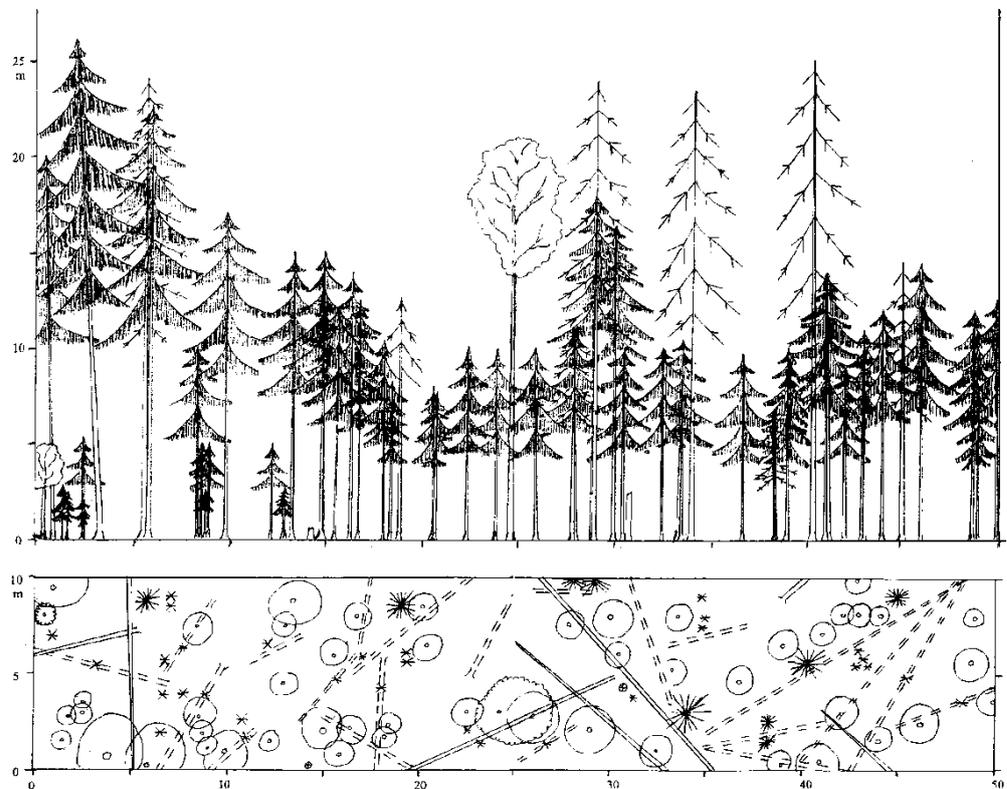


Fig. 4. Spruce-dominated stand near the river Ura on silty soil and gently sloping terrain. The stand was in a late succession phase, now under drought stress and severe attacks from bark beetles. If the killing of the largest and oldest trees continues, the stand will be brought back to an earlier succession stage

*Transect no 4* was a spruce stand with some pine trees mixed in, on fine-grained soil and gently sloping terrain near the river Ura. The dominant spruce trees were 150...200 years old, and up to 21 m high (fig. 5).

This transect was only 200 m from transect no 3, and had the same ecological conditions. The stand has developed after a fire 150...200 years ago. The fire did not reach transect no 3, probably because of a small stream between the two transects. The fallen logs caused by the fire were now completely decomposed and not longer visible on the ground. Here and there regeneration occurred on straight lines, indicating that it has generated on rotting logs after the fire, so-called carcass regeneration. Most of the present logs on the ground were now in early stages of decomposition, indicating that the stand was in an early stage of succession. Only a few gaps had so far occurred, and the regeneration was of young age. Some of the largest trees were killed by drought and attacked by bark beetles, thus making new gaps and a more open stand.

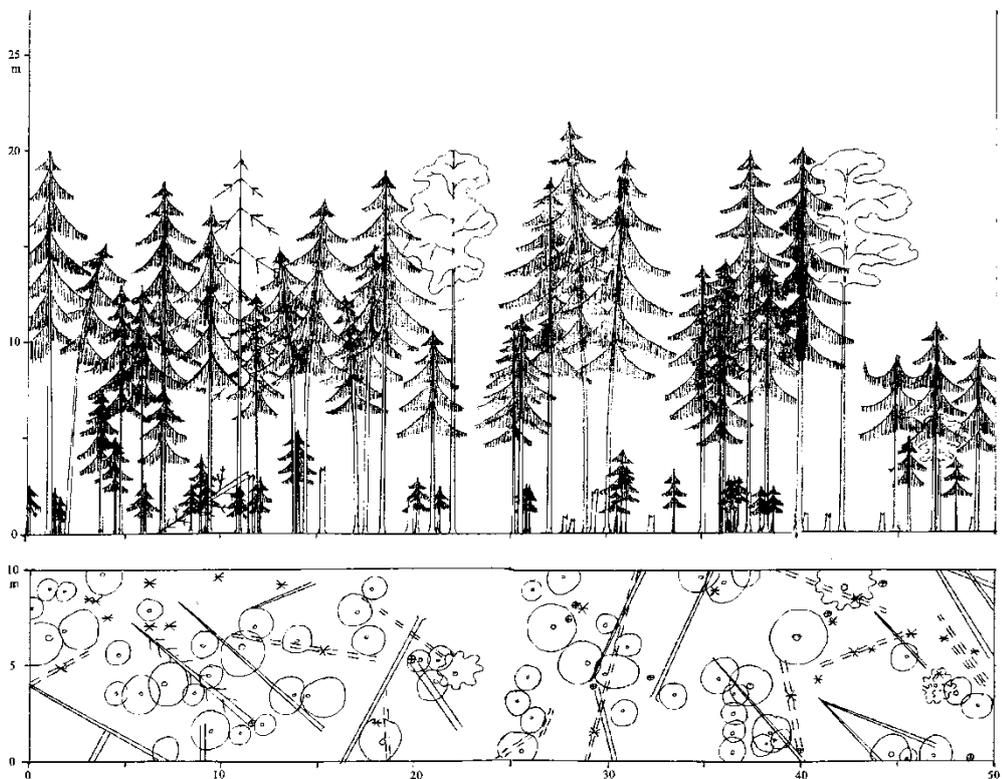


Fig. 5. Spruce-dominated stand near the transect no3 on silty soil and gently sloping terrain. The stand was in an early succession phase, now under drought stress and severe attacks from bark beetles. If the killing of large trees continues, the stand will be more open and more regeneration will develop

*Transect no 5* was a mixed stand of spruce, pine and birch on fine-grained soil. The terrain was sloping 9 % and with an exposition to the west. The pines had survived a fire 100...150 years ago and were about 250 years old. The birch and spruce had generated after the fire. They were up to 25m high and the pines up to 28m high (fig. 6).

The stand was in a phase of elimination, where the birches were losing ground and the spruce gradually would take its place. Lying logs were mainly of small and medium diameters and in early stages of decomposition, which is in accordance with the early succession stage of the stand.

Further development of this stand will be a continuous struggle between individual trees and species. In the end the birches will be supplanted by the spruce, and the stand will be a spruce-dominated stand with a few pine trees. An interesting observation was the lack of regeneration of pine. There must have been seeds from the pine trees after the fire, but they have for some reason not been able to compete as the stand also has regenerated from birch- and spruce seeds brought there from neighbouring stands.

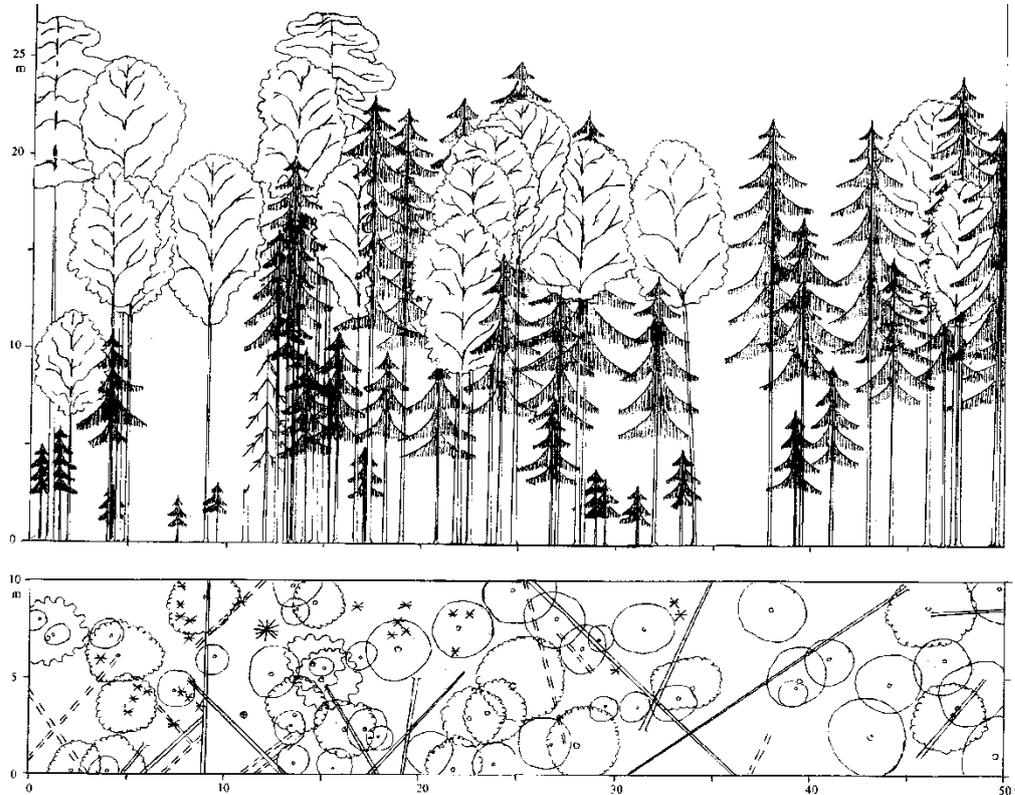


Fig. 6. A mixed stand of spruce, pine and birch in early succession stage. The pines have survived a fire 100- 150 years ago, and are about 250 years old, and the spruce and birch have generated after the fire. Now there is a tough competition for survival between individual trees and species. In this struggle the birch will gradually loose, the spruce and pine will be the winners and the stand will be dominated by spruce with a few pines mixed in

### *Conclusions*

We found that such kind of transect descriptions could be a valuable tool to demonstrate by drawings and calculations the different  $\alpha$ -structure of forest stands also in spruce-dominated forests. Our transect descriptions of different forest stands give only brief examples of forest structures from a natural forest landscape with a very complex diversity in succession history. These forests might “from distance” look quite simple with a simple so called  $\beta$ -diversity, but walking in these forests reveals a great  $\alpha$ -diversity, - a complexity of tree stands and structure that hardly nowadays can be found at landscape level in Fennoscandia. If such transects could be measured and described for several forest stands of different successional, and known history, they could be a realistic and useful tool for an ecological based model forest.

We though realize that the forests complexity is large even within forests of same age, but this complexity can and should be demonstrated by further research of the kind described in this article.

In the Yula and Ura forests visited by us in 2005 signs of different forest fires could easily be recognized in pine dominated forests – as the vegetation development of the forest floor was different as well as the regrowth of young pine trees indicated the time since the last fire had passed the spot. In old, spruce dominated forests gap dynamics were easily observed as a combination of wind- and snow broken trees surrounded by newly beetle-killed or beetle attacked and dying trees. The gaps could be quite new or had been extended over decades as we observed regrowth in these spots of different age classes. Fungi (and maybe the species *Fomitopsis pinicola*) were supposed and hypothesized by us to be the primary source for the gap-development.

Anyhow – these intact landscapes of old growth boreal taiga forests represents today a unique possibility to observe and analyze forest succession in western taigas in a way impossible in the long-time human influenced and now recently cultivated forests of Fennoscandia. As such they represent a value in itself as information banks of world value for securing natural ecosystems and its biodiversity.

#### REFERENCES

1. Huse S. Strukturformen von Urwaldbestandänden in Övre Pasvik // Scientific Reports from The Agriculture College of Norway. 44 (no 31). P. 1–81.
2. Ivantsov S., Bjelkåsen T., Sørensen O. J. Structures in old growth forest stands in the Yula River basin. TemaNord 2009:523: 67–75.
3. Rolstad J. Managing forests for faunal diversity: a landscape ecological perspective // Fauna. 44. P. 5–10.
4. Solheim R. Conifer forest ecology and zoological conservation – the adaptations and habitat requirements of insects, birds and mammals in a dynamic ecosystem. Økoforsk Utredning 1987. 8. P. 1–117.
5. Seumour R. S., Hunter jr. M. L. Principles of ecological forestry. In: Hunter jr. (Ed.) // Maintaining Biodiversity in Forest Ecosystems. Cambridge Univ. Press. P. 22–61.
6. United Nations. Convention on Biological Diversity. The Rio-Convention. 1992. 28 p.
7. United Nations. World Commission for Environment and Development. Our common future – Sustainable development: Report. 1987.

Поступила 16.11.12



## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 630\*32

**В.А. Александров**

С.-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова

Александров Валентин Александрович родился в 1941 г., окончил в 1968 г. Ленинградскую лесотехническую академию им. С.М. Кирова, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой проектирования специальных лесных машин С-Петербургского государственного лесотехнического университета, действительный член РАЕН, заслуженный деятель науки РФ, заслуженный лесовод МНР. Имеет более 150 научных работ, 6 патентов и 26 авторских свидетельств в области динамики гурзоподъемных машин.



E-mail: 2944218@mail.ru

### ЕЩЕ РАЗ О ХЛЫСТОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Приведен анализ существующих систем лесозаготовительных машин, реализующих хлыстовую технологию, с позиций энергоемкости, производительности и количества машин. Предложена новая система машин на базе валочно-пакетирующей машины и подборщика, включающего гусеничный трелевочный трактор с прицепом, оборудованный устройством для групповой очистки пачки от сучьев и перегрузочным устройством на автотранспорт. Даны рекомендации по улучшению ходовой системы трактора, снижению вибронагруженности машиниста и оператора валочно-пакетирующей машины.

*Ключевые слова:* лесозаготовительная машина, хлыстовая технология, энергоемкость, система машин, вибронагруженность оператора.

Исследования отечественных и зарубежных ученых по прогнозированию развития лесозаготовок показали [2], что хлыстовая технология с вывозкой на нижние склады останется в России доминирующей и в перспективе. Если в первые годы перехода лесной отрасли на хлыстовую технологию ее реализовывали с использованием бензиномоторной пилы и трелевочного трактора, то уже в последующие годы, в целях замены ручного труда и повышения производительности, происходило насыщение лесозаготовок техникой. Были разработаны системы, включающие 4-5 различных машин. При этом мощность используемых машин постоянно наращивалась.

При анализе результатов эксплуатации перечисленных систем (70-е гг. XX в.) возникло много вопросов [9]: почему при увеличении мощности трелевочных тракторов более чем 1,5 раза их количество на 1 млн м<sup>3</sup> стрелеванного леса (с учетом работы челюстных погрузчиков) не только не уменьшилось, а наоборот – увеличилось; почему годовая выработка на трактор (ТДТ-40М или ТДТ-55) за последние 20 лет поднялась только на 10 % по сравнению с газогенераторным трактором КТ-12, хотя среднее расстояние трелевки леса

для него составляло 600 м, что более чем в 2 раза выше среднего расстояния трелевки в настоящее время; чем объяснить, что челюстной погрузчик, призванный высвободить 3 трелевочных трактора, фактически высвобождал только 0,1 трактора; почему внедрение многооперационной валочно-пакетирующей машины (ВПМ) ЛП-19А заменяет всего лишь 2-3 бензомоторные пилы, а другие машины в системе просто заменяют ручной труд, не обеспечивая экономического эффекта и т.д.

В последующие годы мощности силовых установок, используемых в системах машин техники, возросли еще в 1,5–2 раза, и отмеченные недостатки еще более обозначились. Так, затраты времени в расчете на одно дерево при валке бензомоторной пилой, погрузке, трелевке, разгрузке и холостом ходе трелевочного трактора (ГДТ-55А или ТТ-4М) в зависимости от объема деревьев составляет в среднем 170...247 с. При использовании валочно-трелевочных машин флангового типа (узкозахватных) затраты времени на одно дерево составляют без учета трелевки в среднем 58...85 с, с трелевкой на расстояние до 250...300 м – 110...125 с. У валочно-трелевочных машин с манипуляторами ЛП-17А и ЛП-49 этот показатель находится в пределах 202...208 с. Затраты времени в перерасчете на одно дерево при работе валочно-пакетирующей машины ЛП-19А с подборщиком пачек составляет 185...195 с, расстояние трелевки пачек – до 200 м.

При выходе из строя подборщиков пачек должна останавливаться и ВПМ (и наоборот), так как если она будет продолжать работать (зимой), то сформированные пачки или занесет снегом, или они примерзнут. Узкозахватная машина флангового типа не имеет такого недостатка, так как работает автономно. Основные претензии к этой машине со стороны лесоводов были связаны с несохранением подроста. Однако отечественные и зарубежные ученые все чаще говорят о нецелесообразности его сохранения вообще, так как сохраненный подрост в связи с изменением светового воздействия первые 2-3 года болеет и нередко гибнет [10, 12]. Попытки выправить ситуацию усовершенствованием многооперационных машин за счет повышения скоростей перемещения элементов технологического оборудования, совмещения выполнения нескольких технологических операций, введения накопителя в захватно-срезающее устройство, выравнивателя платформы, автоматизации управления и увеличения вылета манипулятора не дали желаемого результата в увеличении производительности [1].

В этой связи в настоящее время целесообразно искать пути совершенствования хлыстовой технологии. На наш взгляд, основными недостатками, присущими современным системам машин, которые реализуют хлыстовую технологию, являются неправильные (ошибочные) идеи, положенные в основу взаимодействия лесной машины с предметом труда – деревом. Во всех применяемых системах лесозаготовительных машин, базирующихся на использовании в первой фазе ВПМ, предусматриваются следующие технологические операции: срезание дерева → укладывание дерева в пачку на землю →

погрузка (набор) пачки подборщиком (подъем части пачки с грунта на машину) → трелевка пачки подборщиком к машине для очистки стволов от сучьев → разгрузка пачки на площадку около машины для обрезки сучьев → подъем поштучно деревьев на стрелу или ферму машины для обрезки сучьев → обрезка сучьев → сброс хлыста на землю → погрузка хлыстов челюстным погрузчиком в несколько приемов на транспортное средство.

Таким образом, в технологической цепочке дерево после отделения от пня трижды опускается на землю и трижды, не считая подъема его после срезания манипулятором ВПМ, поднимается лесозаготовительными машинами. Для реализации этой технологической схемы нужно как минимум четыре типа лесосечных машин. Необходимо отметить, что на ранней стадии внедрения хлыстовой технологии (1949–1951 гг.) погрузку пачки на транспортное средство (автомобиль) осуществляли за один прием (крупнопакетная технология, реализуемая трелевочным трактором). В 70-е гг. были попытки создания машин для групповой очистки стволов от сучьев. Уже тогда было ясно, что поштучная обработка деревьев не дает такого эффекта, как групповая. Причем интересен тот факт, что очистка стволов от сучьев производилась без сброса пачки со щита трелевочного трактора на землю. С точки зрения принципов конструирования машин или технологий 80-х гг. прошлого столетия был сделан шаг назад: очистка стволов стала осуществляться поштучно, формирование воя хлыстов на автотранспорте – за несколько приемов погрузки.

Большое количество машин в системе привело к тому, что основными принципами формирования машин стали [4]:

упрощение структуры системы, т. е. формирование системы из минимального числа типов машин;

обеспечение надежности функционирования системы путем формирования звеньев из нескольких машин и выбора схемы взаимодействия, обеспечивающей работу машин одного типа при простое смежных машин второго типа;

согласование производительности звеньев машин, выполняющих различные операции технологического процесса, посредством выбора соответствующих значений управляемых параметров;

обеспечение полной загрузки каждой машины, входящей в систему.

Как показала практика, реализовать последние три принципа в производственных условиях чрезвычайно сложно, а вот на первый принцип следует обратить внимание. Еще в 50-е гг. одним из разработчиков трелевочного трактора проф. С.Ф. Орловым была высказана мысль: зачем валить дерево на землю, если оно затем должно быть погружено на транспортное средство или щит трелевочного трактора. Нужно дерево после срезания валить на машину. Тогда реализация этой идеи не принесла положительного результата, в связи с тем, что отсутствовали надежные срезающие механизмы и имелось большое ударное воздействие падающего дерева на машину. Сегодня высокопроизводительные ВПМ манипуляторного типа, способны не только срезать, переносить любое произрастающее на лесосеке дерево, но и мягко укладывать его

в любое место, а значит, и на сборщик пачки (пока условно назовем его так), минуя землю. В этом случае сборщик пачки может включать в себя трелевочный трактор в комплекте с роспуском, оборудованным кониковыми зажимными устройствами, дополнительными механизмами для перегрузки пачки за один прием на транспортное средство (автомобиль) в случае вывозки деревьев на нижний склад. При необходимости транспортировки хлыстов на нижний склад на сборщик устанавливается дополнительно механизм для групповой очистки от сучьев. Кабина машиниста сборщика при этом должна быть дополнительно усилена и защищена. Как показали предварительные проработки, технически такие решения вполне осуществимы.

Предлагаемая система машин обеспечивает при минимальном числе машин и выполняемых технологических операций: значительное уменьшение энергоемкости ведения лесосечных работ; высвобождение двух машин из существующих систем; сокращение времени на погрузку пачки на транспортное средство; защиту кроны деревьев, находящихся в пачке, при транспортировке (перемещении) от загрязнения, что немаловажно для последующей ее переработки.

Для реализации рассматриваемой системы машин должно быть жесткое согласование между подачей автотранспорта и сборщиком (подборщиком) деревьев.

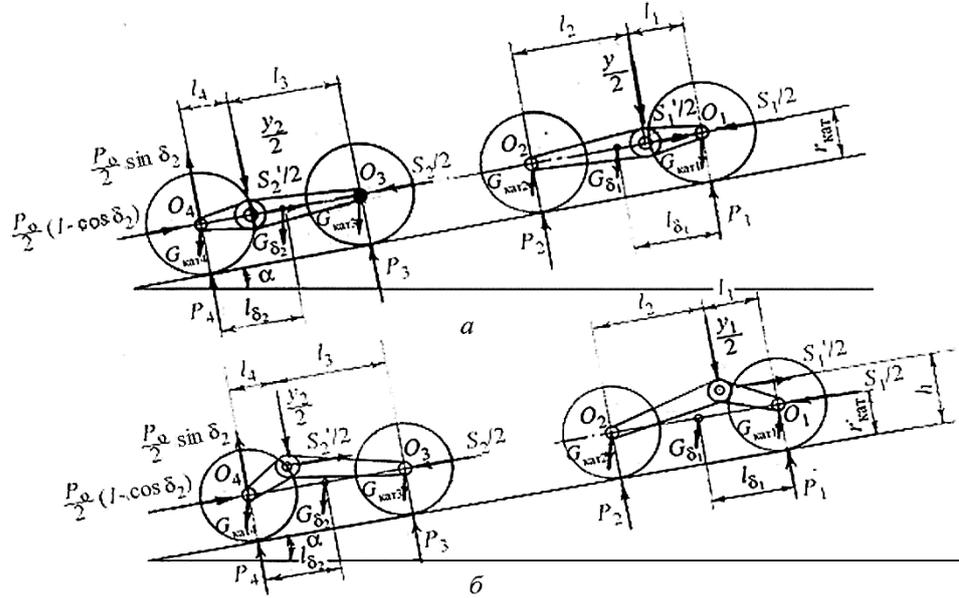
#### *Модернизация системы машин для реализации хлыстовой технологии*

1. Трелевочный трактор или подборщик пачек, выполненный на базе гусеничного трелевочного трактора, при возможной технической скорости движения 0...15 км/ч движется со скоростью 3...5 км/ч. Скорость движения ограничивается вибрацией сиденья машиниста, которая превышает допустимую по санитарным нормам (СН 2.2.4/2.1.8.566–96) в 6–10 раз [3]. Для ее снижения необходимо внести следующее изменение в подвеске трактора:

дополнительно установить внутри основных пружин подвесок кареток более высокие пружины с меньшей жесткостью. По нашим исследованиям жесткость дополнительных пружин должна быть в пределах 200 кН/м (жесткость основных пружин у ТДТ-55А – 700 кН/м), что позволит повысить плавность и скорость движения на холостом ходу;

подрессорить сиденье тракториста. Как показали исследования [3], жесткость подвеса сиденья должна составлять 4...8 кН/м.

Кроме того, в ходовой системе гусеничного трелевочного трактора необходимо приподнять оси соединения балансиров передних и задних кареток с цапфами рамы (см. рисунок, *a* и *б*). Такое конструктивное решение позволит перераспределить нагрузку на катки (догрузить передние и третьи катки соответственно на  $\frac{S'_1 (h - r_{\text{кат}})}{2 (l_1 + l_2)}$  и  $\frac{S'_2 (h - r_{\text{кат}})}{2 (l_3 + l_4)}$  и на эту же величину разгрузить вторые и задние катки), т. е. снизить давление на грунт и улучшить проходимость.



Схемы сил, действующих на заднюю и переднюю каретки гусеничного движителя: *а* – традиционная схема; *б* – рекомендуемая схема ( $P_0$  – касательная сила тяги;  $S_1, S_2$  – сопротивление движению;  $S'_1, S'_2$  – толкающие силы со стороны корпуса;  $G_{\delta_1}, G_{\delta_2}$  – силы тяжести балансиров;  $G_{кат}$  – сила тяжести катка;  $\delta_1, \delta_2$  – углы наклона гусеничных ветвей;  $y_1, y_2$  – реакции со стороны корпуса;  $P_1 - P_4$  – опорные реакции под катками)

В схеме *а*:

$$P_1 = \frac{y_1}{2} \left[ 1 - \frac{l_1}{l_1 + l_2} \right] + G_{кат} \cos \alpha + G_{\delta_1} \cos \alpha \left[ 1 - \frac{l_{\delta_1}}{l_1 + l_2} \right];$$

$$P_2 = \frac{y_1}{2} \frac{l_1}{l_1 + l_2} + G_{кат} \cos \alpha + G_{\delta_1} \frac{l_{\delta_1}}{l_1 + l_2} \cos \alpha;$$

$$P_3 = \frac{y_2}{2} \frac{l_4}{l_3 + l_4} + G_{кат} \cos \alpha + G_{\delta_2} \frac{l_{\delta_2}}{l_3 + l_4} \cos \alpha;$$

$$P_4 = \frac{y_2}{2} \left[ 1 - \frac{l_4}{l_3 + l_4} \right] + G_{кат} \cos \alpha + G_{\delta_2} \cos \alpha \left[ 1 - \frac{l_{\delta_2}}{l_3 + l_4} \right] - \frac{P_0}{2} \sin \delta_2.$$

В схеме *б*:

$$P_1 = \frac{y_1}{2} \left[ 1 - \frac{l_1}{l_1 + l_2} \right] + G_{кат} \cos \alpha + G_{\delta_1} \cos \alpha \left[ 1 - \frac{l_{\delta_1}}{l_1 + l_2} \right] + \frac{S'_1}{2} \frac{(h - r_{кат})}{(l_1 + l_2)};$$

$$P_2 = \frac{y_1}{2} \frac{l_1}{l_1 + l_2} + G_{\text{кат}} \cos \alpha + G_{\delta_1} \frac{l_{\delta_1}}{l_1 + l_2} \cos \alpha - \frac{S'_1 (h - r_{\text{кат}})}{2 (l_1 + l_2)};$$

$$P_3 = \frac{y_2}{2} \frac{l_4}{l_3 + l_4} + G_{\text{кат}} \cos \alpha + G_{\delta_2} \frac{l_{\delta_2}}{l_3 + l_4} \cos \alpha + \frac{S'_2 (h - r_{\text{кат}})}{2 (l_3 + l_4)};$$

$$P_4 = \frac{y_2}{2} \left[ 1 - \frac{l_4}{l_3 + l_4} \right] + G_{\text{кат}} \cos \alpha + G_{\delta_2} \cos \alpha \left[ 1 - \frac{l_{\delta_2}}{l_3 + l_4} \right] - \frac{P_0}{2} \sin \delta_2 - \frac{S'_2 (h - r_{\text{кат}})}{2 (l_3 + l_4)}.$$

С этих же позиций также целесообразно плечи балансиров кареток сделать одного размера, т. е.  $l_1 = l_2 = l_3 = l_4$ .

2. Исследованиями Л.П. Максимова [5] выявлено, что операторы валочно-пакетирующих машин ЛП-19А из-за вибрации недоиспользуют 35 % мощности двигателя. Исследованиями Р.В. Ротенберга, А.А. Хачатурова и др. установлено, что повышенная вибрация сиденья приводит к увеличению ошибок оператора в управлении машиной, недоиспользованию мощности силовой установки и снижению производительности [8, 11].

Нами в работах [6, 7] разработаны и представлены расчетные схемы и математические модели для изучения вибронегруженности операторов ВПМ при различных режимах работы. В результате исследований было установлено, что в режимах обработки дерева операторы ВПМ типа ЛП-19А подвержены вибрационному воздействию, превышающему допускаемые санитарные нормы в 3,5–5 раз. Определяющее влияние на уровень вибрации оказывает интенсивность форсирования пускотормозных режимов, объем пакетируемого дерева, жесткость сиденья, а в процессе движения при технологических переездах – высота преодолеваемых препятствий и скорость передвижения.

В связи с тем, что уровень виброускорения на сидении ВПМ в горизонтальной продольной плоскости превышает ускорения в вертикальной плоскости, и учитывая, что колебания в горизонтальной плоскости переносятся человеком хуже вертикальных, целесообразно устанавливать сиденье на параллелограммных рычагах, обеспечивающих вертикальное положение корпуса оператора, т. е. передачу только вертикальных колебаний при угловых колебаниях платформы.

Для снижения угловых колебаний ВПМ при пакетировании деревьев большого объема и, следовательно, колебаний оператора на сиденье необходимо силовую установку устанавливать на раме с возможностью перемещения в продольном направлении. В этом случае силовая установка будет выполнять роль противовеса.

Таким образом, реализация перечня предложенных нами мероприятий, направленных на модернизацию системы машин для хлыстовой технологии, позволит снизить затраты времени на обработку одного дерева, повысить производительность труда, а также улучшить условия труда машинистов и операторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Александров В.А.* К вопросу развития отечественных многооперационных лесосечных машин // Изв. СПбЛТА. 2003. № 169. С. 118–128.
2. *Александров В.А.* Механизация лесосечных работ в России. СПбЛТА, 2000. 208 с.
3. *Александрова В.Б.* Повышение эффективности лесосечных машин снижением динамических нагрузок и вибронегруженности операторов: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. СПб.: СПбЛТА, 1998. 19 с.
4. *Кушляев В.Ф.* Лесозаготовительные машины манипуляторного типа. М.: Лесн. пром-сть, 1981. 248 с.
5. *Максимов Л.П.* Повышение технико-экономических показателей валочно-пакетирующих машин за счет более эффективного использования мощности силовых установок в технологическом цикле: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Химки: ЦНИИМЭ, 1985. 20 с.
6. *Мартынова Н.Б., Александров В.А.* Вибронегруженность оператора валочно-пакетирующей машины в режиме преодоления препятствия методом «вывешивания» // Изв. СПбЛТА. 2009. № 188. С. 155–161.
7. *Мартынова Н.Б., Александров В.А.* К вопросу вибронегруженности операторов валочно-пакетирующих машин // Изв. СПбЛТА. 2009. № 186. С. 100–109.
8. *Ротенберг Р.В.* Подвеска автомобиля. М.: Машиностроение, 1972. 329 с.
9. *Татаринов В.П.* Лесозаготовки. Состояние и проблемы повышения эффективности. М.: Лесн. пром-сть, 1977. 224 с.
10. *Фарбер С.К., Соколов В.А., Втюрина О.П.* Лесовосстановление вырубок и влияние на них технологии лесозаготовок // М.: Лесн. пром-сть, 1998. № 3. С. 19–22.
11. *Хачатуров А.А.* Динамика системы дорога–шина–автомобиль–водитель. М.: Машиностроение, 1976. 535 с.
12. *Шарый М.А., Ботенков В.П.* Механизация и лесовосстановление // Лесн. пром-ть. 1981. № 7. С. 10–12.

Поступила 04.10.12

**V.A. Aleksandrov**

St. Petersburg State Forest Technical University

**The Tree-Length Method Revisited**

The article analyzes the existing harvesting machines systems that apply the tree-length method, in terms of power consumption, performance, and the number of machines in the system. A new system of machines based on a feller buncher and a pickup, including a tracked skidder with a trailer, and equipped with a slasher and a reloader. Recommendations are given for improving the tractor's propulsion system as well as reducing vibration load for drivers and operators of feller bunchers.

*Key words:* harvesting machine, tree-length method, energy intensity, machines system, vibration load for operators.

УДК 630\*377

*А.М. Кочнев<sup>1</sup>, А.Н. Юшков<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>С.-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова

<sup>2</sup>Сыктывкарский лесной институт

Кочнев Александр Михайлович родился в 1958 г., окончил в 1981 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор кафедры технологии лесозаготовительных производств С.-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова, чл.-корр. РАЕН, академик МАН ВШ, почетный машиностроитель. Имеет более 110 печатных работ в области исследования и повышения технического уровня и эксплуатационной эффективности лесосечных машин.  
E-mail: 777tcm@mail.ru



Юшков Александр Николаевич родился в 1966 г., окончил в 1993 г. С.-Петербургскую лесотехническую академию, кандидат технических наук, декан лесотранспортного факультета Сыктывкарского лесного института. Имеет более 20 печатных работ в области исследования эффективности лесозаготовительных машин.  
E-mail: alexandryushkov209@rambler.ru



## МЕТОДОЛОГИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯГОВОГО КПД КОЛЕСНОГО ТРЕЛЕВОЧНОГО ТРАКТОРА

Предложена методология определения тягового КПД с учетом производственных условий и характера взаимодействия машины с предметом труда, который является одним из основных показателей оценки эксплуатационной эффективности работы трелевочного трактора.

*Ключевые слова:* лесосека, трелевочный трактор, тяговый КПД.

Для решения некоторых инженерных задач лесозаготовительного производства необходимо разработать методологию определения показателей оценки тяговых, скоростных и сцепных свойств трелевочной системы, работающей в производственных условиях. Предложенная методология прогнозирования эксплуатационной эффективности работы гусеничного трелевочного трактора с механической трансмиссией базируется на тяговом коэффициенте полезного действия (КПД) трактора [5]. Исследователи сельскохозяйственных тракторов и машин руководствуются ГОСТ 7057–81 «Тракторы сельскохозяйственные (методы испытаний)», в котором регламентируется условный тяговый КПД трактора по передачам  $\eta_{у.т}$ , определяемый по формуле

$$\eta_{у.т} = \frac{N_{кр}^{max}}{N_e^{max}}, \quad (1)$$

© Кочнев А.М., Юшков А.Н., 2013

где  $N_{кр}^{max}$  – максимальная тяговая мощность на данной передаче;

$N_e^{max}$  – максимальная мощность двигателя, определяемая из регуляторной характеристики по данным испытаний.

В редакции указанного стандарта  $N_e^{max}$  рекомендуется определять как среднюю арифметическую величину по результатам испытаний в регламентированных условиях с оформлением регуляторных и нагрузочных характеристик. Однако максимальная и среднеарифметическая мощности разные. Показатели работы трактора определяются методом торможения хвостовика вала отбора мощности (ВОМ) на неподвижной машине. Определение максимальной мощности на ВОМ проводят при регламентированной предприятием-изготовителем трактора частоте вращения коленчатого вала двигателя и положении органа управления регулятором частоты вращения, соответствующим полной подаче топлива. Если трактор не имеет ВОМ или ВОМ не предназначен для передачи максимальной мощности, то допускается определять показатели работы двигателя, снятого с трактора, на тормозном стенде.

Отечественное лесное тракторостроение характеризуется многомарочным и мелкосерийным производством, поэтому не все рекомендации стандарта для сельскохозяйственных тракторов пригодны. Например, отечественные трелевочные тракторы не имеют ВОМ, а тормозных стендов в стране единицы. Кроме того, условия лесозаготовок чрезвычайно разнообразны.

Тяговые показатели определяются нагружением движущегося трактора силой, приложенной к тягово-сцепному устройству. В стандарте регламентирована структура и состояние механизмов и оборудования, почвенно-грунтовый фон и опорная поверхность, режимы нагружения трактора. Например, максимальная тяговая мощность, определяемая на треке, должна быть измерена не менее чем на шести передачах. Длина мерного участка должна быть не менее 60 м. ГОСТ 7057–81 для испытания колесных тракторов рекомендует три фона: асфальт (бетон), стерня колосовых и поле, подготовленное под посев.

Следует отметить важность использования тягового КПД в разработке теории сельскохозяйственных тракторов. Ученые головного тракторного института страны (СЗФ НАТИ) оценивают потенциальные скоростные свойства гусеничных и колесных машин, оптимизируют энергонасыщенность машины по тяговому КПД без разделения по передачам [1]. Анализ сложившейся ситуации убеждает в необходимости разработки методологии определения и прогнозирования тягового КПД для колесного трелевочного трактора.

В последней четверти XX в. проводились интенсивные исследовательские испытания тягово-сцепных и эксплуатационных свойств различных гусеничных и колесных трелевочных тракторов в полигонных и производственных условиях. Наиболее интенсивные исследовательские испытания лесосечных машин проводили сотрудники СПб ГЛТА и СЗФ НАТИ [2, 4, 7, 8]. Все исследовательские испытания проводились с применением электроизме-

рительных приборов, мобильных измерительных комплексов, ряд которых запатентован, теории вероятности и случайных функций, разработанной теории эксперимента.

На основе системного подхода предложен и доказан ряд важных научных положений. Например, на конкретной передаче стабильны коэффициенты загрузки двигателя крутящим моментом, использования частоты вращения коленчатого вала, загрузки двигателя по мощности. Так, при трелевке пачки древесины гусеничными тракторами Онежского тракторного завода на третьей передаче по производственному волоку с резко пересеченным рельефом коэффициент загрузки двигателя по мощности в различных лесных регионах составляет  $0,70 \pm 0,05$ , а при трелевке по волоку-полигону –  $0,75 \pm 0,05$ . Это объясняется динамическими свойствами трелевочной системы и свойствами опорной поверхности трелевочного волока. Аналогичные исследования были проведены и опубликованы в печати В.Н. Болтинским [6] применительно к колесным и гусеничным тракторам сельскохозяйственного назначения. Следовательно, принимать в формуле тягового КПД максимальный крутящий момент из скоростной характеристики двигателя, как и крутящий момент, измеренный в статике на ВОМ, нецелесообразно, так как это не отражает реальных режимов работы двигателя в производственных условиях, прежде всего для трелевочных тракторов. Колесный трелевочный трактор имеет гидромеханическую трансмиссию (ГМТ) и ряд других особенностей моторно-трансмиссионной установки, но методики определения тягового КПД не существует.

Достоверность экспериментальных исследований определяется обоснованием выбора электроизмерительного оборудования, методикой, условиями эксплуатации, организацией работ [5]. Трелевочный трактор работает в чрезвычайно сложных производственных условиях. Например, физико-механические свойства почво-грунта, макро- и микронеровности волока изменяются довольно часто и в широком диапазоне. Поэтому информацию для определения тягового КПД трелевочного трактора целесообразно получать в условиях, приближенных к его эксплуатации.

Методы первичной и математической обработки результатов экспериментальных исследований лесосечных машин определяются задачами исследования, характером процессов, протекающих в системах и механизмах машины, а также возможностями электроизмерительного оборудования. В работе [3] подробно изложены методы первичной и математической обработки, применяемые при исследовании машин и оборудования различного назначения. В практике исследования тягово-скоростных и сцепных свойств лесосечных машин и энергоемкости выполняемых ими операций обычно применяют электроизмерительное оборудование, состоящее из серийных приборов и позволяющее проводить длительные и надежные измерения и регистрацию процессов с допустимой относительной погрешностью [3], и методы обработки для получения за-

конов распределения процессов и их статистики или методы случайных функций с характеристиками, например корреляционные функции.

Регламентируемая стандартом длина мерного участка не менее 60 м при исследовании сельскохозяйственного трактора не имеет математического обоснования и не пригодна для исследования трелевочных тракторов. Уже длительное время исследователи лесосечных машин для обоснования длительности эксперимента или длины мерного участка волока применяют методы математической статистики [5]. Методы базируются на определении коэффициента вариации или степени изменчивости процесса, определяемого как статистика закона распределения, шага квантования процесса, принятых вероятности и допустимой ошибке. Шаг квантования определяется по времени минимального периода изменения процесса и числа отсчетов на периоде. Крутящий момент, передаваемый трансмиссией лесосечной машины, имеет время оптимального периода около 1 с. На этом периоде рекомендуется принимать два отсчета, т.е. шаг квантования  $\tau = 0,5$  с. Рекомендуется принимать: вероятность – 0,95, допустимая ошибка – 0,05. В монографии А.К. Митропольского [9] приведены таблица и номограмма, позволяющие для различных коэффициентов вариации определять необходимое число отсчетов. При коэффициенте вариации более 10 % для принятого шага квантования, вероятности и допустимой ошибки по таблице определяем необходимое число отсчетов, оно равно 384. При скорости трактора 3,6 км/ч длина мерного участка должна быть не менее 192 м.

Число опытов, или число экспериментальных рейсов по трассе волока, определяет затраты времени рейса и трудовых ресурсов. Существует несколько методик определения числа опытов в эксперименте, но в исследовании лесосечных машин часто применяют метод, в основе которого принято нормальное распределение ошибки измерения. Разработана таблица [3], по которой при принятой допустимой ошибке и заданной надежности определяется число измерений. Например, при допустимой ошибке 3 и заданной надежности 0,9 достаточно выполнить два экспериментальных рейса по трассе волока. Теорию эксперимента целесообразно использовать при обосновании максимального шага квантования и масштаба записи процесса с учетом свойств регистратора.

В формуле (1) числитель рассматривается как максимальная тяговая мощность на данной передаче. Такое определение тяговой мощности не вполне корректно, так как мощность определяется как

$$N = M\omega, \quad (2)$$

где  $M$  – крутящий момент, Н·м;

$\omega$  – частота вращения, с<sup>-1</sup>.

Силы сопротивления движению трелевочной системы формируют касательную силу тяги  $P_k$  и крутящий момент  $M_k$ , под воздействием которых изменяется частота вращения валов  $\omega$ , а следовательно, и мощность на ведущих колесах. Эти процессы имеют случайный характер. Наиболее полную инфор-

мацию о характере изменения этих показателей можно получить методами теории вероятности с определением законов распределения для функции плотности вероятности показателей и их статистик.

Многолетние исследования колесных и гусеничных трелевочных тракторов в полигонных и производственных условиях подтвердили, что законы распределения частоты вращения коленчатого вала двигателя  $n_e$ , коэффициента сопротивления движению трелевочной системы  $\psi$ , касательной силы тяги  $P_k$ , крутящего момента на ведущих колесах  $M_k$ , мощности  $N$  подчиняются нормальному или близко к нормальному закону распределения [3, 5, 7]. При нормальном распределении функции вероятности, например,  $n_e$  можно записать как

$$f_{(n_e)} = \frac{1}{\sigma_{n_e} \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(n_e - \overline{M_{n_e}})^2}{2\overline{\sigma_{n_e}^2}}}, \quad (3)$$

где  $n_e$  – случайное (вероятное) значение частоты вращения коленчатого вала двигателя;

$\overline{\sigma_{n_e}}$  – среднее квадратическое отклонение частоты вращения коленчатого вала двигателя;

$\overline{M_{n_e}}$  – математическое ожидание частоты вращения коленчатого вала.

Формула (3) позволяет определять текущее значение параметра, в данном случае  $n_e$ , а также диапазон разброса его значений. Для нормального закона распределения справедливо правило  $3\sigma$ , т.е. справедливы следующие закономерности: 68,26 % случайных значений заключено в интервале  $\overline{M_{n_e}} \pm \overline{\sigma_{n_e}}$ ; 95,45 % – в интервале  $\overline{M_{n_e}} \pm 2\overline{\sigma_{n_e}}$ ; 99,73 % – в интервале  $\overline{M_{n_e}} \pm 3\overline{\sigma_{n_e}}$ . Следовательно, практически вся сумма реализации случайной величины находится в интервале  $\overline{M_{n_e}} \pm 3\overline{\sigma_{n_e}}$ .

Исследователи эксплуатационных режимов гусеничных трелевочных тракторов ввели коэффициент использования частоты вращения:

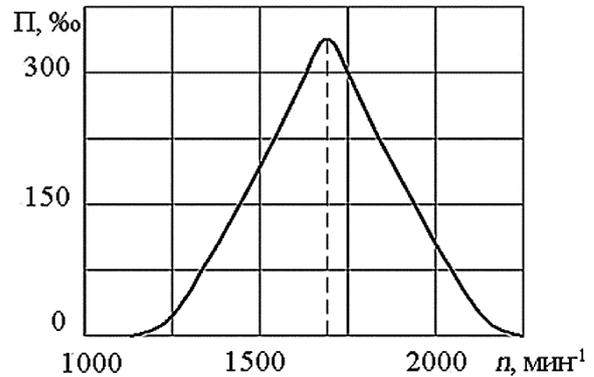
$$K_n = \frac{\overline{n_e}}{n_{eH}}, \quad (4)$$

где  $\overline{n_e}$  – математическое ожидание частоты вращения коленчатого вала;

$n_{eH}$  – частота вращения коленчатого вала при максимальной мощности.

Плотность распределения частоты вращения коленчатого вала (рис. 1) показывает, что  $K_n$  для колесного трелевочного трактора с ГМТ за грузовой ход составляет 0,76. Это незначительно отличается от значений  $K_n$ , полученных для гусеничного трелевочного трактора [2, 7]. Максимальное значение  $n_e = \overline{M_{n_e}} \pm 3\overline{\sigma_{n_e}}$  ориентировочно равно максимальному значению  $n_{eH}$ , после чего срабатывает ограничитель максимальной частоты вращения всережимного регулятора двигателя.

Рис. 1. Плотность распределения ( $\Pi$ ) частоты вращения  $n$  коленчатого вала двигателя трактора ТКЛ-4-01 (грузовой ход;  $Q_n = 6 \text{ м}^3$ ;  $\overline{M}_n = 1603 \text{ мин}^{-1}$ ;  $\overline{\sigma}_n = 160 \text{ мин}^{-1}$ ;  $n_{\text{max}} = \overline{M}_n + 3 \overline{\sigma}_n = 2098 \text{ мин}^{-1}$ )



Под воздействием свойств волокна формируется касательная сила тяги, крутящий момент на ведущих колесах и загрузка двигателя, которая оценивается коэффициентом загрузки двигателя крутящим моментом [5]:

$$R_3 = \frac{\overline{M}_c}{M_{eн}}, \quad (5)$$

где  $\overline{M}_c$  – математическое ожидание длительно действующего момента сопротивления;

$M_{eн}$  – номинальный крутящий момент двигателя при расчетной (номинальной) мощности  $N_{eн}$ .

В работе [10] тяговый КПД рекомендуется определять следующим образом:

$$\eta_T = \frac{N_{кр}}{N_e}, \quad (6)$$

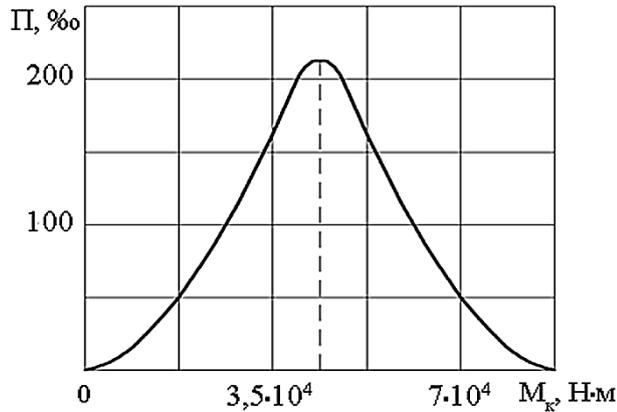
где  $N_e$  – затраты мощности на обслуживание систем трактора и условий труда оператора.

Ознакомление с исследованиями гусеничных и колесных трелевочных тракторов [2, 7] показало, что математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение значений крутящего момента изменяются в широком диапазоне. В качестве примера на рис. 2 приведена плотность распределения крутящего момента, которая показывает, что даже в относительно «спокойных» условиях трелевки  $\overline{\sigma}_{м.к}$  имеет большое значение. В формуле (2) для определения мощности в киловаттах надо заменить 1 мин на  $0,105 \text{ с}^{-1}$ , тогда

$$N_e = 0,105 M_{n_e}. \quad (7)$$

В формуле (1) при определении  $\eta_{y.t}$  рекомендуется применять максимальную тяговую мощность по данной машине ( $N_{кр}^{\text{max}}$ ), а максимальную мощность двигателя брать из его регуляторной характеристики. Однако здесь есть некоторая неопределенность. Мощность, передаваемая трансмиссией, и тяговая мощность подчиняются нормальным законам распределения (рис. 3).

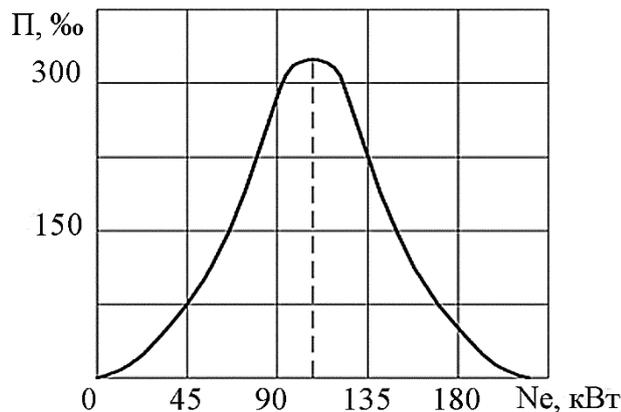
Рис. 2. Плотность распределения ( $\Pi$ ) крутящего момента на ведущих колесах трактора ТКЛ-4-01 (грузовой ход;  $Q_{\Pi} = 6 \text{ м}^3$ ;  $\overline{M_{\text{м.к}}} = 4,38 \cdot 10^4 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ;  $\sigma_{\text{МК}} = 1,44 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ;  $M_{\text{max}} = \overline{M_{\text{к}}} + 3\sigma_{\text{М}} = 8,7 \cdot 10^4 \text{ Н}\cdot\text{м}$ )



При нормальном законе максимальная мощность  $N_{\text{max}} = \overline{M_n} + 3\sigma_n$ . На рис. 3 имеем  $N_{\text{max}} = 152 \text{ кВт}$ , это несколько больше максимальной мощности, взятой с регуляторной характеристики, но она в процессе грузового хода трактора теоретически возникает. На графиках плотности распределения тяговой мощности еще сложнее определить  $N_{\text{кр}}^{\text{max}}$ , следовательно, можно получить ошибочное значение  $\eta_{\text{у.т}}$ . Видимо, регламентированная методика определения  $\eta_{\text{у.т}}$  для сельскохозяйственных тракторов требует уточнения на основании исследовательских испытаний колесных трелевочных тракторов в производственных условиях.

Квалифицированное решение этой неопределенности возможно с применением современных измерительных комплексов, обеспечивающих высокую достоверность измерения показателей и процессов, а также их первичную математическую обработку. Наибольшую достоверность величины мощности, передаваемой трансмиссией колесного трелевочного трактора ТКЛ-4-01, можно

Рис. 3. Плотность распределения ( $\Pi$ ) мощности, передаваемой трансмиссией трактора ТКЛ-4-01 (грузовой ход;  $Q_{\Pi} = 6 \text{ м}^3$ ;  $\overline{N_e} = 110 \text{ кВт}$ ;  $\sigma_{N_e} = 14,1 \text{ кВт}$ ;  $N_e^{\text{max}} = \overline{N_e} + \sigma_{N_e} = 152,1 \text{ кВт}$ )



получить при измерении крутящего момента, передаваемого карданной передачей, и частот вращения турбинного и насосного колес с измерением одновременно всех ординат через 0,5 с ( $\tau = 0,5$  с). По результатам измерений определяют закон плотности вероятности мощности при выполнении грузового и холостого ходов. По статистикам распределения определяют крюковую мощность (только не максимальную, а математическое ожидание). Тогда

$$\eta_{y.t} = \frac{N_{кр}}{N_e^{max}}. \quad (8)$$

Исследователи сельскохозяйственных тракторов определяют тяговый КПД трактора не по передачам [1, 10]:

$$\eta_T = \eta_m \eta_f \eta_\delta, \quad (9)$$

где  $\eta_m$  – КПД, учитывающий механические потери;

$\eta_f$  – КПД, учитывающий потери на перекачивание трактора;

$\eta_\delta$  – К.П.Д., учитывающий потери мощности вследствие буксования.

Таким образом, формула (9) не содержит членов с максимальными значениями.

Эксплуатация трелевочного трактора в условиях различной сложности, вероятно будет сопровождаться определенным отличием значений от тягового КПД, полученного в исследовательских испытаниях. Современный мобильный измерительный комплекс, установленный на трактор, позволяет получать необходимый объем экспериментального материала при минимальных времени и трудозатратах по всем трассам лесосеки с характерными природными, почвенно-грунтовыми и рельефными условиями.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агафонов К.П. Оптимизация удельной мощности трактора по тяговому КПД. М.: Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1981. № 1. С. 36–38.
2. Анисимов Г.М., Кочнев А.М. Основные направления повышения эксплуатационной эффективности гусеничных трелевочных тракторов. СПб.: Изд-во СПб ГТУ, 2007. 456 с.
3. Анисимов Г.М., Кочнев А.М. Основы научных исследований лесных машин. СПб.: Лань, 2010. 428 с.
4. Анисимов Г.М. Учебно-методическая и научная деятельность кафедры лесных гусеничных и колесных машин. СПб.: Изд-во СПб ГТУ, 2011. 204 с.
5. Анисимов Г.М. Эксплуатационная эффективность трелевочных тракторов. М.: Лесн. пром-сть, 1990. 208 с.
6. Болтинский В.П. Работа тракторного двигателя при неустановившейся нагрузке. М.: Сельхозгиз, 1949. 216 с.
7. Кочнев А.М. Рабочие режимы отечественных колесных трелевочных тракторов. СПб.: Изд-во СПб ГТУ, 2008. 520 с.
8. Кочнев А.М. Теория движения колесных трелевочных систем. СПб.: Изд-во СПб ГТУ, 2007. 610 с.

9. Митропольский А.К. Техника статистических исчислений. М.: Наука, 1971. 576 с.

10. Скотников В.А., Машенский А.А., Солонский А.С. Основы теории и расчета трактора и автомобиля. М.: Агропромиздат, 1986. 284 с.

Поступила 25.06.12

*A.M. Kochnev<sup>1</sup>, A.N. Yushkov<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>St. Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov

<sup>2</sup>Syktvykar Forest Institute

#### **Methodology for Estimating Tractive Efficiency of a Wheeled Skidder**

The article presents a methodology for estimating tractive efficiency taking into account working environment and nature of the machine-to-product interaction, which is one of the key assessment indicators for the operational efficiency of a skidder.

*Key words:* stump area, tracked skidder, tractive efficiency.

---



## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.047

**П.В. Билей, И.А. Соколовский**

Национальный лесотехнический университет (НЛТУ) Украины

Билей Петр Васильевич родился в 1940 г., окончил в 1969 г. Львовский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологий сушки и защиты древесины НЛТУ Украины, заслуженный деятель науки и техники Украины, академик Лесной академии наук Украины. Имеет 290 печатных работ в области древесиноведения, тепловой обработки, сушки и защиты древесины.  
E-mail: tf\_nltu@ukr.net



Соколовский Игорь Андреевич родился в 1976 г., окончил Украинский государственный лесотехнический университет в 1998 г., кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности НЛТУ Украины. Имеет 60 печатных работ в области тепловой обработки и сушки древесины и безопасности жизнедеятельности.  
E-mail: tf\_nltu@ukr.net



### **НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЯ, ТЕПЛОЙ ОБРАБОТКИ И СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ, ПРОВОДИМЫХ В НЛТУ УКРАИНЫ**

Приведены результаты экспериментальных исследований физических свойств древесины: плотности, усушки, распределения влажности. На примере буковой древесины показан весь комплекс проведенных исследований от свойств древесины до качества изделий из нее. Результаты исследований обработаны в виде критериальной зависимости. Описан энергетический аспект тепловой обработки и сушки древесины.

*Ключевые слова:* древесиноведение, влажность, плотность, усушка древесины, тепловая обработка, сушка, коэффициенты влагообмена, влагонепроводимости, расход тепла.

Тепловая обработка и сушка древесины являются сложными энергоемкими тепломассообменными процессами, которые характеризуются внешним тепло- и влагообменом, внутренним тепло- и влагопереносом. Эти процессы непосредственно зависят от анатомического строения и физико-механических свойств древесины, а также от параметров окружающей материал среды. Прежде чем приступить к исследованию процессов тепловой обработки и

© Билей П.В., Соколовский И.А., 2013

сушки, необходимо изучить свойства древесины, которые, в свою очередь, зависят (для каждой отдельно взятой породы) от условий произрастания (ареал, высота над уровнем моря), возраста, класса бонитета и других таксационных характеристик. При этом, во время тепловой обработки и сушки изменяются как физико-механические свойства древесины, так и параметры (свойства) обрабатывающей среды. Таким образом, исследования процессов тепловой обработки и сушки древесины должны сопровождаться и исследованиями в области технического древесиноведения, а также аэродинамических и температурно-влажностных характеристик обрабатывающей среды.

Актуальность поставленной выше проблемы рассмотрим на примере буковой древесины. Как известно [1–4], древесина бука имеет значительный диапазон колебаний показателей физико-механических свойств даже в свежесрубленном состоянии. Бук относится к древесным породам со средней плотностью от 540 до 740 кг/м<sup>3</sup>. (К этой же категории отнесены такие породы, как дуб, ильм, берест, вяз, явор, клен, ясень, лиственница). По результатам исследований, проведенных в НЛТУ Украины, установлено, что условная (базисная) плотность древесины бука колеблется от 540 до 730 кг/м<sup>3</sup>, что охватывает почти весь диапазон древесных пород со средней плотностью. Твердость бука изменяется в пределах от 36,3 до 51,8 МПа, влажность, измеренная по диаметру и высоте ствола, свежесрубленного дерева – от 54 до 129 %. Если учесть, что в свежесрубленном стволе есть накопившиеся в процессе роста внутренние напряжения, то можно утверждать, что перед проведением исследований процессов тепловой обработки и сушки необходимо изучить физико-механические свойства, а именно: распределение влажности и наличие внутренних напряжений, плотность, усушку (объемная, в тангенциальном и радиальном направлениях относительно волокон). Все эти данные нужны для создания физико-математических моделей процессов нагревания и сушки, проведения инженерных расчетов продолжительности процессов и расхода различных видов энергий на их осуществление.

За последнее десятилетие наиболее полно были исследованы различные аспекты технологии буковой древесины: режимы и технологии пропаривания буковых пиломатериалов и заготовок в целях их тепловой стерилизации или изменения цвета в широком диапазоне (от бежевого до темно-красно-коричневого); напряженно-деформативное состояние древесины бука в процессе сушки с учетом анизотропии; анализ результатов экспериментальных исследований технологических операций процесса сушки для их идентификации с физико-механическими моделями; закономерности влияния параметров процесса сушки на качество пиломатериалов и мебельных заготовок из древесины бука.

Последний аспект охватывал весь комплекс вопросов, от свойств древесины до качества изделий из нее. Была разработана методика исследования некоторых свойств (влажность, плотность, усушка) древесины бука, для чего были заложены пробные площади, определены их таксационные характери-

стики и сортиментная структура. У древесины, заготовленной из модельных деревьев, были определены перечисленные выше свойства. Затем из пиловочника были изготовлены пиломатериалы и заготовки, которые подвергали пропариванию и сушке. После сушки производили вторичную машинную обработку и проверяли качество заготовок для изделий из древесины бука. По результатам экспериментов получена физико-математическая модель – критериальное уравнение, которое связало условия проведения процесса сушки (режимные параметры агента сушки) и кинетические параметры этого процесса:

$$\text{Nu}' = f(\text{Fo}', \text{Pe}', \text{Re}, \text{Fr}), \quad (1)$$

где  $\text{Nu}'$  – массообменный критерий Нуссельта,  $\text{Nu}' = \beta R / a'$ ;

$\beta$  – коэффициент поверхностного влагообмена, см/с;

$R$  – характерный размер – половина толщины пиломатериалов, см;

$a'$  – коэффициент влагопроводности древесины, см<sup>2</sup>/с;

$\text{Fo}'$  – массообменный критерий Фурье,  $\text{Fo}' = a' \tau / R^2$ ;

$\tau$  – длительность процесса сушки, с;

$\text{Pe}'$  – массообменный критерий Пекле,  $\text{Pe}' = \upsilon R / a'$ ;

$\upsilon$  – скорость циркуляции агента сушки по штабелю пиломатериалов, м/с;

$\text{Re}$  – критерий Рейнольдса,  $\text{Re} = \upsilon l / \nu$ ;

$l$  – характерный линейный размер, м;

$\nu$  – коэффициент кинематической вязкости, м<sup>2</sup>/с;

$\text{Fr}$  – критерий Фруда,  $\text{Fr} = \upsilon^2 / (l g)$ ;

$g$  – ускорение, м/с<sup>2</sup>.

В связи с тем, что влияние сил тяжести на процесс циркуляции очень мало, то критерий Фруда можно исключить из уравнения (1). Кроме того, можно исключить и массообменный критерий Пекле, значение которого очень велико ( $\text{Pe}' = 2,15 \cdot 10^8$ ). Тогда уравнение (1) можно записать следующим образом:

$$\text{Nu}' = f(\text{Fo}', \text{Re}) \quad (2)$$

или

$$\frac{\beta R}{a'} = A \left[ \left( \frac{a' \tau}{R^2} \right)^n \left( \frac{\upsilon l}{\nu} \right)^m \right]. \quad (3)$$

Коэффициент влагообмена  $\beta$  находится из экспериментальных данных, когда известна скорость сушки  $dW/d\tau$  и градиент поверхностной влажности, т. е. распределение влажности древесины в поверхностной зоне ( $W_{\text{пов}} - W_p$ ). Коэффициент влагопроводности  $a'$  тоже вычисляется из экспериментальных данных при известной скорости сушки  $dW/d\tau$  и распределении влажности по толщине материала  $dW/dx$ . Коэффициент кинематической вязкости  $\nu$  определяется параметрами агента сушки, его температурой  $t_c$  и относительной влажностью  $\phi$ . Таким образом, решив уравнение (3) для заданных характеристик

процесса сушки, можно определить влияние на процесс сушки кинетических параметров и условий его проведения.

Режимы сушки проверяли на безопасность с помощью массообменного критерия Кирпичева:

$$Ki'_m = \frac{dW}{d\tau} \frac{R^2}{a'W_{\max}}, \quad (4)$$

где  $W_{\max}$  – максимальная влажность древесины, % абс.

В результате проведенного исследования получены следующие данные для древесины бука: плотность в свежесрубленном состоянии  $\rho_w = 932 \text{ кг/м}^3$ , в абс. сухом состоянии  $\rho_0 = 656 \text{ кг/м}^3$ , условная (базисная) плотность  $\rho_y = 545 \text{ кг/м}^3$ ; средняя влажность по высоте ствола возрасла на 19 %; незначительно увеличилась (до 5 %) влажность древесины при изменении высоты над уровнем моря от 350 до 550 м.

Получены также средние значения кинетических параметров процесса сушки: коэффициент влагопроводности  $\bar{a}' = 2,92 \cdot 10^{-6} \text{ см}^2/\text{с}$ , коэффициент влагоотдачи  $\bar{\beta} = 11,75 \text{ см}^2/\text{с}$ , коэффициент сушки  $\bar{K} = 0,81 \cdot 10^{-6} \text{ с}^{-1}$ , а также массообменные критерии Фурье, Нуссельта, Пекле и Кирпичева.

Таким образом, на примере буковых пиломатериалов в критериальном уравнении обобщены результаты исследования закономерностей влияния условий проведения процесса сушки на его интенсивность.

Перед проведением исследования процессов тепловой обработки и сушки были определены физические свойства сосны и дуба. Для опытных образцов древесины сосны, заготовленной в Украине, получены следующие данные: плотность в свежесрубленном состоянии  $\rho_w = 687 \text{ кг/м}^3$ , в абс. сухом состоянии  $\rho_0 = 483 \text{ кг/м}^3$ , условная (базисная) плотность  $\rho_y = 413 \text{ кг/м}^3$ ; полная усушка: объемная  $\beta_v = 13,65 \%$ , в тангенциальном направлении относительно волокон  $\beta_t = 9,1 \%$ , в радиальном направлении  $\beta_r = 4,25 \%$ . Аналогично была изучена древесина дуба:  $\rho_w = 961 \text{ кг/м}^3$ ,  $\rho_0 = 642 \text{ кг/м}^3$ ,  $\rho_y = 553 \text{ кг/м}^3$ ,  $\beta_v = 14,73 \%$ ,  $\beta_t = 9,3 \%$ ,  $\beta_r = 5,3 \%$ . Эти данные используются в производстве пиломатериалов и заготовок, в процессах нагревания и сушки.

Другим направлением научных исследований в области тепловой обработки и сушки древесины является создание ресурсо- и энергосберегающих технологий этих процессов. В связи с массовым переходом котельных установок от использования газообразного (природный газ) и твердого (каменный уголь) топлива на древесные отходы большинство предприятий стали потреблять тепловую энергию от малых теплогенераторов – автономных источников тепловой энергии. Такая тенденция имеет ряд положительных аспектов: во-первых, используется сырье, для которого не нужно продумывать схемы и оплачивать его утилизацию; во-вторых, отходы древесины можно перераба-

тивать на топливные брикеты или топливные гранулы, которые пользуются широким спросом не только на внутреннем, но и на внешнем рынке: в-третьих, улучшается экологическая ситуация, потому что при сжигании древесного топлива количество выделяемой в атмосферу двуокиси углерода ( $CO_2$ ) равно количеству  $CO_2$ , которое поглощает древесина во время роста.

С участием ученых НЛТУ были разработаны, испытаны и прошли промышленную проверку агрегаты для производства тепловой энергии, которые включают в себя котел для сжигания топлива (отходы из древесины), искрогаситель и камеру для очистки топочных газов от сажи и дыма, смешительную камеру. Такие схемы тепловых агрегатов применяются для сушки измельченной древесины. Для сушки шпона, пиломатериалов и заготовок дополнительно устанавливают приспособления для полной очистки дымовых газов.

В основу расчета этих агрегатов положено уравнение теплового баланса, которое является отражением закона сохранения и превращения энергии:

$$Q_{\Sigma} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6, \quad (5)$$

где  $Q_1$  – полезный расход тепловой энергии, кВт;

$Q_2$  – потери теплоты с основным теплоносителем, который выходит из установки (конденсат, отработанные газы и т.п.), кВт;

$Q_3$  – потери теплоты с промежуточным теплоносителем, в частности, в сушильных установках с отработанным агентом сушки; кВт;

$Q_4$  – потери теплоты от неполноты (физической и химической) сгорания топлива, кВт;

$Q_5$  – потери теплоты от вытекания теплоносителя в пределах балансовой зоны установки, кВт;

$Q_6$  – потери теплоты от ограждений установки, кВт.

Если отнесем полезный расход теплоты к суммарной тепловой мощности, то получим коэффициент полезного действия, например, сушильного комплекса – установки и ее теплового агрегата:

$$\eta = \frac{Q_1}{Q_{\Sigma}}. \quad (6)$$

Зная суммарную тепловую мощность, можно также определить расход топлива сушильным комплексом:

$$B = \frac{Q_{\Sigma}}{Q_H \eta_T}, \quad (7)$$

где  $Q_H$  – нижняя теплота сгорания топлива (для древесных отходов зависит от относительной влажности древесины), кДж/ кг;

$\eta_T$  – коэффициент полезного действия теплового агрегата.

Таким образом, для обеспечения максимально возможной интенсивности процессов тепловой обработки и сушки древесины и высокого качества высушиваемого материала необходим комплексный подход, учитывающий энергетические затраты, требования экологии и охраны окружающей среды.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Білей П.В. Теоретичні основи теплової обробки і сушіння деревини: моногр. Коломия: Вік, 2005. 364 с.
2. Білей П.В., Павлюст В.М. Сушіння та захист деревини. Львів: Видавництво «Кольорове небо», 2008. 312 с.
3. Керівні технічні матеріали з технології камерного сушіння пиломатеріалів / П.В. Білей, І.А. Соколовський, В.М. Павлюст, Є.П. Кунинець. Ужгород: Карпати, 2010. 140 с.
4. Теорія теплової обробки деревини / Є.П. Кунинець, І.А. Соколовський, Л.Я. Сорока, Я.Д. Синітович: моногр. Львів: ЗУКЦ, 2012. 200 с.

Поступила 24.12.12

*P.V. Bilei, I.A. Sokolovsky*  
National Forestry University of Ukraine

#### **Research Trends of the National Forestry University of Ukraine Within Wood Science, Heat Treatment and Wood Drying**

The article presents the experimental study results on the physical properties of wood: density, shrinkage and moisture distribution. On the example of beech wood we show the full range of studies conducted: from the properties of the wood to the quality of its products. The research results were processed in the form of criterion dependence. The energy aspect of heat treatment and wood drying is described.

*Key words:* wood science, moisture content, density, wood shrinkage, heat treatment, drying, moisture transfer coefficient, moisture conduction, heat consumption.



УДК 674.093.6-412.85

**С.Н. Рыкунин<sup>1</sup>, Е.В. Кравцов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Московский государственный университет леса

<sup>2</sup>ФГУП «Государственный научный центр лесопромышленного комплекса» (ГНЦ ЛПК)

Рыкунин Станислав Николаевич родился в 1938 г., окончил в 1961 г. Институт лесничества и деревообработки в Зволене, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии деревоперерабатывающих производств Московского государственного университета леса. Имеет более 80 печатных работ в области древесиноведения, деревянного домостроения, лесопиления и деревопереработки.  
E-mail: rikunin@mgul.ac.ru



Кравцов Евгений Викторович родился в 1979 г., окончил в 2002 г. Брянскую государственную инженерно-технологическую академию, заведующий отделом лесопиления и деревообрабатывающей промышленности ФГУП ГНЦ ЛПК, аспирант кафедры технологии лесопиления и деревообработки Московского государственного университета леса. Имеет 5 печатных работ в области деревянного домостроения, лесопиления и деревопереработки.  
E-mail: kravtsovev@mail.ru



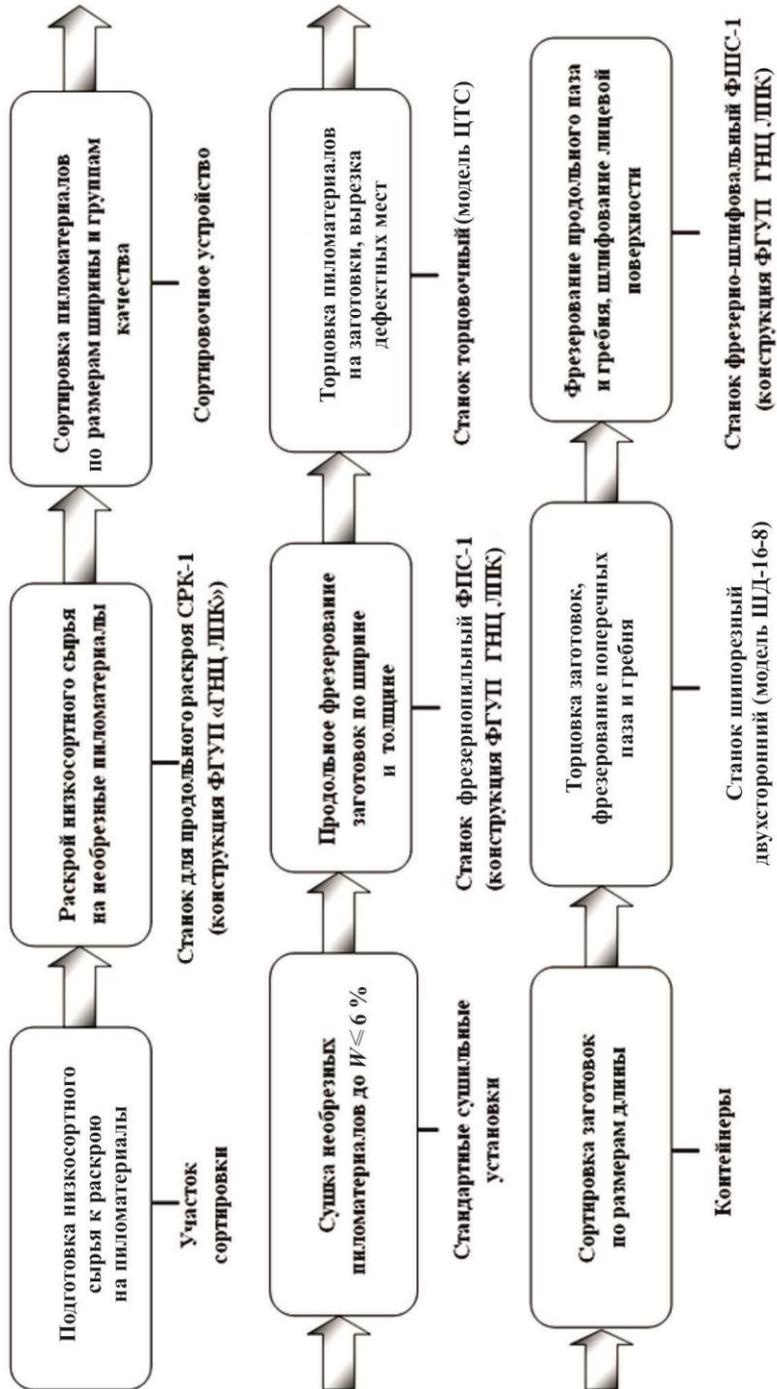
## **ОПТИМИЗАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ПОПЕРЕЧНОГО РАСКРОЯ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ НА ЗАГОТОВКИ**

Предложена оптимизационная модель процесса поперечного раскроя пиломатериалов на заготовки.

*Ключевые слова:* оптимизационная модель, поперечный раскрой, пиломатериалы, заготовки.

Древесина березы зачастую имеет значительную кривизну и малый диаметр, в связи с чем ее невозможно перерабатывать на пиломатериалы по традиционным технологиям. Поэтому было принято решение о разработке технологии и технологического оборудования (см. рисунок), позволяющих более эффективно раскраивать березовые круглые лесоматериалы на пиломатериалы требуемых размеров с последующим изготовлением из них продукции высокой добавленной стоимости.

Обработка древесины березы происходит следующим образом. Тонкомерная древесина березы на раскрой подается с ориентацией стрелы кривизны в плоскости пиления. Для оптимального ведения производственного процесса необходимо, чтобы подаваемое на раскрой пиловочное сырье имело длину не более 3 м, для чего предусмотрен дополнительный поперечный раскрой [3]. Продольный раскрой на необрезные пиломатериалы толщиной от 20 до 28 мм производится на многопильном круглопильном станке [4]. Параметры



Технологическая схема производства цельномассивной доски пола из низкосортной древесины березы

многопильного круглопильного станка позволяют перерабатывать круглые лесоматериалы, имеющие диаметр в верхнем торце 10 см и более, длину от 0,6 м и стрелу кривизны до 2 см на 1 м длины [2].

Полученные при раскросе необрезные пиломатериалы, предварительно отсортированные по ширине и по качеству, поступают на участок формирования сушильных пакетов. Высушенные пиломатериалы после технологической выдержки отправляют на четырехсторонний продольно-фрезерный станок [5], который обрабатывает эти заготовки до калиброванных по ширине и толщине пиломатериалов. Далее калиброванные пиломатериалы подают на участок поперечного раскроса (на линию оптимизации) для вырезки недопустимых пороков и получения заготовок заданных размеров по длине. Эти заготовки распределяют на группы по размерам длины.

Размеры по ширине и толщине предварительно калиброванных заготовок предусматривают соответствующие минимальные припуски для окончательной обработки при формировании нужного поперечного сечения паркетных досок.

Полученные калиброванные заготовки далее подают на двухсторонний шипорезный станок для формирования поперечного паза и гребня. После этого заготовка поступает в четырехсторонний фрезерно-шлифовальный станок [1], на котором формируются продольный паз и гребень, фрезеруются компенсационные пазы, а также производится финишная обработка лицевой поверхности.

При реализации данной технологии стоит задача рационального раскроса. Решение ее заключается в получении из пиломатериалов заготовок требуемых размеров и качества с максимальной чистой прибылью.

Оптимизационную модель процесса поперечного раскроса пиломатериалов на заготовки представим в виде целевой функции

$$\text{ПЧ} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \Pi_{ij} x_{ij} \rightarrow \max,$$

имеющей следующие ограничения:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^m P_{ij} x_j \geq V_i, & j = \overline{1, 3(m)}; \\ \sum_{k=1}^n x_j \leq Q_j, & i = \overline{1, 9(n)}; \\ x_j \geq 0, & j = \overline{1, n}, \end{cases}$$

где ПЧ – чистая прибыль, р.;

$\Pi_{ij}$  – прибыль от реализации заготовок  $i$ -го вида, получаемых из пиломатериалов  $j$ -го вида, р.;

$x_{ij}$  – объем пиломатериалов  $j$ -го вида для выработки заготовок  $i$ -го вида, м<sup>3</sup>;  
 $P_{ij}$  – выход заготовок  $i$ -го вида из пиломатериалов  $j$ -го вида, м<sup>3</sup>;  
 $V_i$  – объем заготовок  $i$ -го вида, м<sup>3</sup>;  
 $Q_j$  – объем пиломатериалов  $j$ -го вида, м<sup>3</sup>.

Полученная оптимизационная модель, учитывающая размерно-качественные характеристики пиломатериалов и заготовок, является обобщенной математической моделью, описывающей технологический процесс поперечного раскроя пиломатериалов на заготовки, применима для разработанной технологии производства заготовок из древесины березы для домостроения.

При формировании оптимизационной модели в явном виде необходимо иметь следующие данные: спецификация; коэффициенты объемного выхода заготовок, планируемых к выработке из пиломатериалов; затраты на производство этих заготовок.

Для нахождения коэффициентов объемного выхода основных заготовок воспользуемся полученным уравнением регрессии, описывающим объемный выход вырабатываемых заготовок из пиломатериалов:

$$P = 4,51389 \cdot 10^{-6} d_{\text{суч}} L_{\text{заг}} - 6,31752 \cdot 10^{-3} d_{\text{суч}} Y + 1,91098 \cdot 10^{-2} d_{\text{суч}} - 3,61806 \cdot 10^{-4} \times \\ \times L_{\text{заг}} + 0,154059 Y^2 - 0,543469 Y + 0,740141,$$

где  $P$  – коэффициент объемного выхода основных заготовок, %;

$d_{\text{суч}}$  – диаметр допускаемого сучка в заготовке, мм;

$L_{\text{заг}}$  – длина вырабатываемой заготовки, мм;

$Y$  – насыщенность пласти заготовки пороками, %.

Коэффициенты объемного выхода для каждой из основных заготовок, вырабатываемой из пиломатериалов с заданными размерно-качественными характеристиками, представлены в таблице. При расчете чистой прибыли, кроме объемного выхода основных заготовок, учитывали объемный выход коротких заготовок.

Для получения математической модели в явном виде необходимо иметь не только полную информацию по отдельным процессам, но и найти по ним наиболее вероятные решения. В основе таких решений могут быть положены как теоретические и экспериментальные обоснования способов раскроя пиломатериалов, регрессионные уравнения по определению выхода заготовок, так и технико-экономические показатели процесса. В нашем случае – себестоимость.

Тогда оптимизационная модель поперечного раскроя пиломатериалов на заготовки будет иметь следующий вид:

$$\text{ПЧ} = 877,17x_1 - 78351,50x_2 + 2786,50x_3 + 4300,03x_4 - 1237,20x_5 + 615,92x_6 + \\ + 1900,07x_7 - 390982,00x_8 - 24368,80x_9 + 2208,08x_{10} - 38469,20x_{11} - 13510,27x_{12} \\ + + 3065,61x_{13} - 6467,95x_{14} - 5381,44x_{15} \rightarrow \max.$$



Зададим ограничения по объемам выработки основных заготовок:

- ограничение 1:  $0,36x_1 + 0,08x_2 + 0,24x_3 = 1$ ;  
 « 2:  $0,94x_4 + 0,43x_5 + 0,36x_6 = 1$ ;  
 « 3:  $0,21x_7 + 0,02x_8 + 0,09x_9 = 1$ ;  
 « 4:  $0,54x_{10} + 0,14x_{11} + 0,18x_{12} = 2$ ;  
 « 5:  $0,86x_{13} + 0,35x_{14} + 0,28x_{15} = 2$ ;

по ресурсам пиломатериалов:

- ограничение 6:  $x_1 + x_4 + x_7 + x_{10} + x_{13} + x_{16} = 12$ ;  
 « 7:  $x_2 + x_5 + x_8 + x_{11} + x_{14} + x_{17} = 7$ ;  
 « 8:  $x_3 + x_6 + x_9 + x_{10} + x_{15} + x_{18} = 5$ .

В результате решения оптимизационной модели с заданными ограничениями был получен результат, отражающий максимальную чистую прибыль от изготовления и реализации заготовок различного качества, вырабатываемых из пиломатериалов соответствующей группы. ПЧ = 40540,27 р. при оптимальных значениях переменных, соответствующих объемам выработки основных заготовок и ресурсам пиломатериалов:

$$x_3 = 4,17; x_4 = 1,06; x_7 = 4,76; x_{10} = 3,7; x_{13} = 2,33; x_{16} = 0,15; x_{17} = 7; x_{18} = 0,83.$$

Таким образом, при реализации математической модели в явном виде для конкретного процесса можно подобрать такую комбинацию объемов сортированных пиломатериалов соответствующего качества и длины, необходимых для выработки заготовок, которая обеспечит оптимальность рассматриваемого процесса.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Заявка 2011117528 РФ, МПК В27 С9/04. Продольно-фрезерный деревообрабатывающий станок / Крапухин Г.А., Косарев В.А., Кондратюк Д.В., Кравцов Е.В.; заявитель и патентообладатель Мин-во пром-сти и торговли РФ. № 2011117528/03, заявл. 05.05.2011.
2. Кондратюк Д.В., Кравцов Е.В. Технологические решения переработки листовых короткомерных сортиментов // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2012. № 8 (91). С. 38–41.
3. Кравцов Е.В. Технология производства цельномассивной доски пола из низкосортной древесины // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2012. № 8 (91). С. 94–96.
4. Пат. 112859 РФ, МПК В27 В7/00. Станок для продольной распиловки круглых лесоматериалов / Кондратюк Д.В.; заявитель и патентообладатель Мин-во пром-сти и торговли РФ. №2011137979/13; заявл. 16.09.2011; опубл. 27.01.2012, Бюл. № 3. 2 с.
5. Пат. 2433034 РФ, МПК В27 С9/04. Четырехсторонний продольнофрезерный деревообрабатывающий станок / Крапухин Г.А., Косарев В.А., Кравцов Е.В., заявитель и патентообладатель Мин-во пром-сти и торговли РФ. №2009144446/03; заявл. 02.12.2009; опубл. 10.11.2011, Бюл. № 31. 8 с.

Поступила 19.12.12

*S.N. Rykunin<sup>1</sup>, E.V. Kravtsov<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Moscow State Forest University

<sup>2</sup>State Scientific Centre of Timber Industry Complex

### **Optimization Model for Timber Cross-Cutting into Blanks**

In the course of the study there was developed an optimization model for timber cross-cutting into blanks.

*Key words:* optimization model, cross-cutting, timber blanks.

---

УДК 624.011.1: 674.028.9

**Е.Н. Серов<sup>1</sup>, Б.В. Лабудин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>С.-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

<sup>2</sup>Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

Серов Евгений Николаевич родился в 1932 г., окончил в 1963 г. Ленинградский инженерно-строительный институт, доктор технических наук, профессор кафедры конструкций из дерева и пластмасс С.-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета. Имеет более 130 печатных работ в области исследования клееных деревянных конструкций с учетом анизотропных свойств материалов.  
Тел.: 8-911-754-178-4



Лабудин Борис Васильевич родился в 1948 г., окончил в 1971 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры инженерных конструкций и архитектуры ИСиА САФУ. Имеет более 170 печатных работ в области совершенствования клееных деревянных конструкций с пространственно-регулярной структурой и циклической симметрией, где учитывается деформативность упруго-податливых связей, физическая и геометрическая нелинейность.  
E-mail: labudin@hotmail.ru



## **КЛЕЕННЫЕ ДЕРЕВЯННЫЕ КОНСТРУКЦИИ: СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ**

Рассмотрены состояние, тенденции и проблемы развития деревянных конструкций (ДК) на современном этапе. Раскрывается приоритет отечественных научных достижений в практике проектирования и применения ДК и клееных ДК, обращено внимание на некоторые проблемы дальнейшего их развития.

*Ключевые слова:* клееные деревянные конструкции.

### *Особенности напряженно-деформированного состояния (НДС) большепролетных КДК и новые воззрения на оценку их прочности*

Дерево является древнейшим конструкционным материалом, и эволюция отбора конструктивных решений выработала номенклатуру весьма надежных систем и конструкций из цельной древесины (ДК). Оценка их прочности по максимальным напряжениям была и остается вполне достаточной, если не чрезмерной.

Склеивание элементов клееных деревянных конструкций (КДК) водостойкими клеями неизмеримо обогатило инженерные и архитектурные возможности древесины. КДК могут перекрывать пролеты, недостижимые для других материалов. Расстояния между опорами клеедощатых балок достигают 40 м и более, тонкостенных (клефанерных) – до 55 м, гнуклееных рам – до 70 м, арок – до 100 м, пространственных – до 250 м и более. Пространственными системами из КДК перекрывают даже целые стадионы, в том числе олимпийские.

---

© Серов Е.Н., Лабудин Б.В., 2013

В большепролетных КДК появились несвойственные для ДК очертания, например с участками большой кривизны. Существенно изменились формы и размеры поперечных сечений, а также соотношения этих размеров. Увеличились нагрузки, особенно сосредоточенные силы, в том числе и опорные реакции. Вместе с тем, клееной древесине свойственна повышенная степень анизотропии. Прочность ее вдоль волокон возросла за счет вырезания крупных пороков из отдельных слоев, а относительная величина оставшихся в многослойном пакете существенно уменьшилась, что повысило однородность клееной древесины по сравнению с цельной. Поперек волокон, наоборот, характеристики уменьшились вследствие неизбежного наличия кососрезных волокон в каждом слое и склеивания ламелей по этим скосам, а в зоне сучков – практически по торцам перерезанных волокон.

С одной стороны, совокупность перечисленных и др. особенностей КДК заметно изменила их НДС, с другой – при возросших возможностях крупных элементов КДК вдоль волокон узлы их соединения отстают в развитии, оставаясь во многих случаях на уровне мелкоэлементных ДК. В результате в некоторых эксплуатируемых КДК начали возникать дефекты, чаще, в виде трещин: в приопорных зонах, в криволинейных участках, в окрестностях узлов сопряжения и др. местах. Наблюдаемое макроразрушение обычно связывают с технологическими промахами, обвиняя клеи и режимы изготовления, с условиями эксплуатации и пр. Например, возникновение магистральных продольных трещин в КДК дало повод для введения сначала коэффициента 0,6 (!) в расчетное сопротивление клееной древесины скалыванию, а затем и существенного уменьшения его в СНиП. Такое решение не вскрыло, а скорее завуалировало сущность явления, тем более, что дефекты и очаги первых признаков разрушения возникают часто вне зон действия максимальных напряжений.

Исследования показали, что приведенные суммарные напряжения под углом к волокнам, хотя и незначительные по величине, часто оказываются соизмеримыми с сопротивлением клееной древесины в соответствующих направлениях и становятся более опасными, чем максимальные. Следовательно, возникла необходимость дополнительной оценки прочности КДК по критериям, учитывающим все компоненты плоского, а иногда и объемного НДС, в частности под углом к волокнам.

Известны критерии, разработанные специально для древесины. К ним относятся критерии Е.К. Ашкенази, Г.А. Гениева, Б.А. Освенского и др. Но они сложны для практического использования и рассматривают напряжения по площадкам, перпендикулярным к осям анизотропии материалов. Наиболее близким к рабочему оказался критерий, основанный на первой классической теории разрушения [9]. Он позволяет оценивать прочность древесины под углом к волокнам, снимает многие дискуссионные вопросы и согласуется с результатами экспериментальных исследований КДК различных типов и марок.

Новые воззрения на оценку прочности КДК вырабатывались на основе анализа наших собственных многолетних экспериментально-теоретических исследований, включающих обширные наблюдения за поведением под нагрузками эксплуатируемых конструкций, а также данных, полученных другими учеными. Еще в 1955 г. Ф.П. Белянкин сделал вывод о разрушении древесины в виде отрыва по главным площадкам даже при скалывании стандартных образцов [2]. Е.К. Ашкенази высказывала гипотезу о применимости первой классической теории разрушения древесины с образованием складок под углом при осевом сжатии [1]. Подтверждают это и исследования Ю.М. Иванова [4]. При продольном растяжении здоровой древесины разрушение происходит также под углом к волокнам [5, 7, 9]. Убедительным примером является разрушение одноосно ратягиваемых образцов под углом к волокнам с семейством почти продольных зацепистых трещин по площади, значительно превышающей поперечное сечение образца [7]. Участок кривой действующих напряжений под углом к волокнам быстрее других точек соприкасается с диаграммой прочного сопротивления древесины.

При плоском НДС, характерном для большинства КДК, ситуация усугубляется. В зависимости от конкретных конструктивных решений могут возникать не только основные, но и дополнительные касательные и нормальные напряжения, а в некоторых случаях – наиболее опасные, растягивающие древесину поперек волокон. Целесообразность оценки КДК под углом к волокнам возникает в окрестностях приложения сосредоточенных сил, в том числе возросших опорных реакций, в зонах крутых подрезок, особенно у растянутых кромок, на криволинейных участках при изгибе, уменьшающем кривизну элемента, и др.

#### *Состояние, тенденции и проблемы развития деревянных конструкций*

О роли ДК в отечественной и мировой практике написано много в учебниках, сборниках научных трудов, научной и др. специальной литературе.

Рассуждать о временах, когда древесина была основным строительным материалом, нет необходимости, интереснее оценить сегодняшнее место ДК в ряду конструкций из других, появившихся позднее и ставших уже традиционными материалов. ДК в нашей стране то получали импульс к развитию, то попадали в опалу, т.е. развивались не по спирали, а волнообразно. И это не по причинам субъективных пожеланий специалистов, мягкости или жесткости чиновников, обвиняющих древесину во всех грехах, утверждающих с видом знатоков, что она гниет и горит, и считающих, что ею выгоднее торговать, чем строить.

Неуклонное расширение применения ДК во всем мире обусловлено, прежде всего, объективными причинами. Достоинств у природного полимера и конструкций из него много. Самое основное, что не скинешь с чаши весов, древесина – единственное сырье, самовозобновляемое на поверхности Земли под действием колоссальной энергии Солнца:

Не растет цемент извека,  
И железо не растет.  
Лес – богатство человека,  
Каждый год весной цветет...  
(Е.Н. Серов)

Энергоемкость получения сопоставимой единицы пилопродукции от 4 до 123 раз меньше, чем других традиционных материалов. Что касается гниения и горения древесины, то ведь и другие материалы горят, соединяясь с кислородом и встречая агрессивные среды, только не всегда открытым пламени. По данным Института строительства США, например, ежегодные потери от пожаров составляют 885 млн долларов, от коррозии металлов – 5,5 млрд долларов, т. е. в 6,2 раза больше. Причем в США из всей совокупности основных строительных материалов на долю древесины приходится около 60 %. Там производство современных КДК было в 10 раз больше, чем у нас до развала СССР, хотя выпуск и применение этих конструкций отечественными предприятиями находился на гребне волны.

Позитивный отечественный опыт производства и применения ДК обычно подразделяют на три периода. (Л.М. Ковальчук [5]). Первый начался с 1943 г., и «перестал существовать» в 1955 г., второй – с 1973 по 1988 гг., третий – с 1992 г. Конкретные даты – дело дискуссионное, четче они увидятся на расстоянии, но в целом всплески развития приходились на эти промежутки времени. На наш взгляд, первый период, конечно, начался значительно раньше. Нельзя не вспомнить 1929 г., когда впервые в мире были опубликованы технические условия и нормы проектирования ДК, свидетельствующие о безусловном приоритете отечественной науки в этой отрасли знаний [3] и переизданные в 1931, 1938 и 1940 гг., (последняя редакция не знает себе равных из всех последующих СНиП ни по объему (191 с.), ни по содержанию). Вспомним уникальный «Справочник проектировщика» (объем 955 с., 1936 г.), а ведь к его написанию надо было привлечь большой коллектив специалистов. Ничего подобного больше нигде и никогда не издавалось. В 1930-е гг. в стране возводилось множество зданий и сооружений с использованием ДК (дощато-гвоздевых, на гладких кольцевых шпонках и др. соединениях в виде балок, рам, арок, ферм и даже пространственных конструкций). Все это отражало успехи нашей страны в теории и практике применения ДК, достигнутые в годы довоенных пятилеток. Недаром вспоминается крылатая фраза Серго Орджоникидзе о том, что «под легкими деревянными крышами рождалась наша тяжелая промышленность». В эти же годы были созданы кафедры ДК сначала в Москве, потом в Ленинграде. Уникальным является и двухтомный учебник по ДК (1942 и 1943 гг.) суммарным объемом около 100 печ. л. Все последующие учебники (1952, 1962, 1975, 1986 и 2004 гг. – последний переиздан в 2007 и 2010 гг.) с каждым выпуском становились все «худощавее», куда не вмещались не только новые научные достижения в этой отрасли знаний, но и старые усекались.

За годы первого довоенно-послевоенного периода правительство высоко оценило труд специалистов отрасли. В 1952 г. целая группа «деревянщиков» была награждена Сталинской премией. Основатель кафедры в ЛИСИ В.Ф. Иванов дважды был награжден орденом Ленина, в частности, за спасение ДК зданий и сооружений во время и после войны. С изменением строительной политики, начиная с постановления правительства 1955 г. о всемерном поощрении внедрения сборных железобетонных конструкций и «волюнтаристского» снижения цен на них, древесина в стране стала опальным материалом, а вместе с ней и конструкции, и специалисты.

Второй период начался на фоне большого отставания страны с огромными лесными богатствами от производства и применения новых большепролетных КДК за рубежом. Начало биографии КДК можно отнести к получению первых патентов: на КДК – О. Гетцером, на синтетическую смолу – Л. Бакеландом в 1907 г. Кстати, фанеру изобрел наш отечественный авиаконструктор О. Костович еще в 1882 г. – за 15 лет до патента О. Гетцера. Склеивание в развитии ДК даже значимее сварки в развитии металлоконструкций, так как не связано с «вредными» технологическими напряжениями. Технологические потери прочности встречаются и в КДК при склеивании, например, участков большой кривизны, но они связаны не с клеем, а с гнутьем досок, и легко могут быть локализованы до пренебрежимо малых величин при использовании тонких досок и, особенно, шпона. Причем лущение шпона – практически безотходный процесс. Для второго периода характерно тесное сотрудничество производства с наукой. Практически все заводы и цеха КДК, особенно вновь открывающиеся, курировали специалисты из НИИ, вузов и др. организаций отрасли. Был и большой спрос на КДК развивающегося сельского строительства в рамках решения Продовольственной программы страны. Благодаря творческим связям, например, в нашем регионе выпуск КДК сначала был налажен в системе Главзапстроя в Колпино (Трест № 41), затем в Лодейном Поле, а после 1980 г. – в цехе КДК на базе ДОЗ №1 (Ленинград). Причем, кроме заложенного изначально выпуска прямолинейных элементов на оборудовании, купленном за 1,3 млн золотых рублей, совместно с кафедрой была разработана технология тонкостенных клеефанерных (павильон лечебной физкультуры в пос. Репино) и гнутоклееных рам (каркасы теплиц для фирмы «Лето» в Янино, 44 здания птицефабрики «Гранит» в пос. Карабицино). Во второй период проектирование различных конструкций и систем из клееной древесины и водостойкой фанеры вели подразделения многих ведущих проектных институтов. В Ленинграде, например, действовал сектор ДК в одном из головных институтов (ПИ 1) под руководством Ю.П. Юдина, а затем – С.Ю. Табунова.

Обсуждаемый второй период может быть и продлился бы успешно, но грянула перестройка. На спад после второго периода [5] отводится всего 4 года – с 1988 г. по 1992 г. Но и в 1992 г. никто не ощутил подъема производства и применения ДК. Он, если и наступил, то намного позднее. В это время

гибли заводы и цеха КДК сначала вследствие «голодного пайка» – кругляк бурным потоком пошел за рубеж, позднее – по причине сдачи на металлолом оборудования, приобретенного за золотые рубли.

О начале третьего периода можно, видимо, говорить, опираясь на фактический выпуск продукции: а в 1992 г. из 20 заводов и цехов КДК практически ни один не выпускал эти конструкции. Только позднее вступил в строй цех в г. Королеве, выпускавший элементы лишь до 18 м длиной, хотя его продукция получила широкое распространение. Производятся КДК в Смоленске, Нижнем Новгороде и еще где-то. Взамен двух сгинувших цехов в 2007 г. открылся мощный цех КДК на базе Ижорских заводов в Колпино. Выпуск различных конструкций и элементов из клееной древесины налажено и на некоторых других деревообрабатывающих предприятиях.

В настоящее время проектированием КДК в полную силу, к сожалению, занимается лишь отдел ДК ЦНИИСК (ОДК ЦНИИСК). Вместе с тем, этим должны заниматься проектные институты, а не единственный в стране головной НИИ по строительным конструкциям, который в первую очередь должен заботиться о координации деятельности всей отрасли, выпуске указаний, инструкций, рекомендаций и руководств для проектировщиков, а главное – основного нормативного документа – строительных норм и правил по проектированию ДК! Действующие до 2011 г. СНиП 11-25-80 не обновлялись 30 лет! Они безнадежно устарели, в то время как учеными отрасли защищены десятки кандидатских и 15 докторских диссертаций, достигнуты существенные результаты, не менее значимые, чем за рубежом. Например, в петербургской научной школе дополнительно к принципу дробности, открытому Г.Г. Карлсеном еще в 30-е гг. XX в., сформулированы принципы рационального конструирования КДК: «следящей ориентации» («коаксиальности полевой и материальной тензоров напряжений») в наиболее ответственных узлах конструкций, «равнопрочности элементов с узлами их сопряжения», а также принцип «струны». Первый заключается в согласовании полей действующих напряжений с полями сопротивлений сильно анизотропного материала, второй – в устранении дисбаланса прочности элементов КДК и их узлов. Третий реализуется при усилении и сплачивании элементов конструкций с помощью вклеенных или ввинченных стержней, значительно лучше работающих на растяжение, чем на изгиб. Например, в уникальных арках пролетом 63 м во Дворце спорта (г. Архангельск) по результатам испытаний одной конструкции в 1977 г., в которой растягивающие главные напряжения раньше других оказались запредельными, они были оценены и локализованы по предложенному нами способу. Обоснованы и предложены методы оценки прочности криволинейных участков КДК по формулам расчета кривых брусьев, а не по формуле Навье. Выявлена и обоснована особая опасность напряжений, растягивающих клееную древесину поперек волокон в окрестностях сосредоточенных сил, в том числе опорных реакций. Раскрыта необходимость и разработана методика дополнительной критериальной оценки прочности КДК с учетом

всех компонент НДС, а не только максимальных напряжений. Обоснована необходимость и предложен метод расчета зубчато-шипового клеевого соединения в местах возможного и обычно наблюдаемого разрушения. Предложено, защищено авторским свидетельством и апробировано на заводах формирования различных видов КДК из элементов, полученных путем раскроя простых заготовочных блоков. Эти и другие предложения по совершенствованию новой редакции норм были направлены в ОДК ЦНИИСК и опубликованы [8]. Однако выпущенный в свет СП [7] не содержит этих и многих других достижений отечественной науки, а наоборот, в нем допущены грубые промахи. Приведем два примера.

В качестве первого промаха отметим совершенно правильно не включенный в СП пресловутый рис. 6, в из старых СНиП 11-25-80 с рекомендациями по склеиванию крупных клеевых блоков под большими углами. Однако взамен ничего не дано, хотя экспериментально и теоретически доказана возможность подобного стыкования вдоль волокон. Конечно, любое конкретное решение должно иметь обоснование, в том числе и расчетное.

Второй промах связан с использованием понижающего коэффициента на характеристики длительно работавшей древесины. Вместо умножения расчетное сопротивление делится на этот коэффициент, что приводит к нонсенсу: материал по каким-то сверхестественным причинам через 50...100 лет становится на 10 % прочнее. По исследованиям ЛИСИ, опубликованным еще в 1988 г., коэффициентов несколько: их величины зависят от вида НДС и сроков службы. В белорусских нормах проектирования ДК этих коэффициентов, отличных от единицы, шесть: от 0,9 до 0,5. И все они умножаются на соответствующие расчетные сопротивления и понижают их.

В волнообразном развитии конструкций из древесины опасна не только жесткая опала чиновников всех рангов на спаде и нижней отметке, но и негативные явления на подъеме. Здесь в нашу когорту обычно вливались специалисты, иногда не состоявшиеся в других отраслях знаний.

Опасными являются также рождающиеся убеждения, что в КДК полностью устранены недостатки конструкций из цельной древесины. Отнюдь! Многие, но не все. Наоборот, возникли новые специфические «парадоксы» и недостатки. Еще в гнutoклевенных рамах фирмы Гетцера на растянутых скошенных кромках «вдруг» появлялись зацепистые трещины и отрывы. Оказалось, что даже при плавной подрезке клеевых блоков для формирования сбежистости элементов в КДК могут возникать дополнительные касательные и нормальные напряжения, растягивающие древесину поперек волокон. По зарубежным публикациям, также «вдруг» уже 1976 г. появлялись трещины в гнutoклевенных балках. Растягивающие древесину поперек волокон напряжения, хотя и малы по величине, но сопоставимы с соответствующими сопротивлениями клееной древесины, степень анизотропии которой существенно увеличилась по сравнению с цельной. Вдоль волокон сопротивления возросли за счет удаления крупных пороков и сращивания досок по длине, рассредото-

чения оставшихся мелких в клееном пакете, повышения однородности материала и др. Поперек волокон, наоборот, характеристики уменьшились вследствие склеивания слоев с неизбежными перерезанными волокнами на пласти. Это происходит всегда при распиловке сбежистых бревен и присучкового косослоя, а также при перерезании сучков, которые потом приклеиваются к смежным слоям преимущественно поперек волокон.

В современных КДК с подрезками и уступами еще при проектировании закладывается неизбежность возникновения трещин отрыва, требуется их усиление еще до приложения нагрузок. Ярким примером могут служить гнутые клееные рамы с уступом в ригеле (серия 1. 822 – 1 вып. 1 и 2). Возникающие чаще у основания уступа в ригеле трещины иногда доходят до опорного узла в стойке. Такая ситуация наблюдалась нами в зернохранилище пос. Выра, Ленинградской области, в одной из кошар под Абаканом и в деревообрабатывающем цехе Приозерского комбината. Иными словами, «улучшение» конструкции с технологической точки зрения перевело их из разряда самых надежных и большепролетных рам в ненадежные. Можно привести и другие подобные примеры (рамы РД, РДП, арки типа МДА, АМД).

Не менее тревожны тенденции современных подходов к направлениям развития производства и применения КДК. Здесь просматриваются три аспекта, связанные с проектированием, ассортиментом выпускаемой продукции и сотрудничеством науки с производством. Вместо солидных институтов появились проектные конторы с «ограниченной ответственностью», не обремененные указаниями и другой нормативной документацией, написанной «по последнему слову науки и техники». В результате в конструкции из мощных клееных блоков иногда закладываются узлы, разработанные более полувека тому назад для ДК, но не получившие применения и не пригодные для КДК.

Вновь вступившие в строй заводы нацелены на выпуск не конструкций как систем, требующих только укрупнительной сборки на строительной площадке, а неких унифицированных элементов [5]. Проблемы узлов сопряжения элементов при формировании КДК оказываются за пределами и обсуждений, и заводского изготовления. Разработка сложных инженерных узлов и сегодня остается первостепенной проблемой, и отправлять ее решение на строительную площадку – значит открывать путь дискредитации КДК. Эта проблема, на наш взгляд, должна стать главенствующей в научных поисках молодых коллег – аспирантов и соискателей. Сопряжения прямолинейных унифицированных элементов в системы КДК, особенно под углами, на наш взгляд, легко реализуемы, если кроме «погонажа» из ЛВЛ наладить изготовление гнутых клееных заготовок. Исходный материал – шпон толщиной 3,2 мм – позволяет легко это осуществить.

Связь науки с производством сегодня во многом уступает тому творческому сотрудничеству, которое действовало во второй период становления отрасли. И если объединение усилий технологов, конструкторов, производителей и ученых не наступит, гребень волны (всплеск) окажется корот-

ким и совсем не потому, что на КДК спрос невысок. Конструкции, а за ними и материал, могут получить очередную дискредитацию. Например, на третьем съезде Ассоциации деревянного домостроения 27. 11. 2009 г. один из президентов ассоциации высказал сомнение по поводу стыкования «на ус» всех 22 слоев досок в середине пролета 12-метровой балки. После уточнения уклона заусовки был получен следующий ответ: «1 к 1», т. е. стык досок «на ус» в балке выполнен под 45°! Пришлось разъяснить, что даже принятый нормами уклон уса 1 к 10 – только грубое приближение к природному. Длина клетки древесины примерно в 70 раз больше ее поперечных размеров. Следовательно, в природе уклон уса равен 1/35 в ту и другую стороны. Поэтому было предложено немедленно демонтировать балку и заказать новую, пусть и дороже, но грамотно изготовленную.

Кроме отмеченных выше проблем, есть и другие. Все они могут быть решены только общими усилиями.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ашкенази Е.К.* Опыт применения первой классической гипотезы к оценке прочности древесины при сложных напряженных состояниях // Техн. информ. По результатам НИР. 1954. № 15. С. 27–32.
2. *Белянкин Ф.П.* Прочность древесины при скалывании вдоль волокон. К.: АН УССР, 1955. 140 с.
3. *Большаков В.В.* Развитие деревянных конструкций в СССР : автореф. ... д-ра техн. наук. М., 1960. 56 с.
4. *Иванов Ю.М.* К вопросу исследования складки разрушения древесины при сжатии вдоль волокон // Тр. Ин-та леса. М.: АН СССР, 1953. Т. 1X. С. 115–120.
5. *Ковальчук Л.М., Пьянов А.И.* Необходимость перехода на создание клееных деревянных конструкций из унифицированных элементов // Деревообработ. пром-сть. 2008. № 6. С. 12–20.
6. *Лабудин Б.В.* Совершенствование клееных деревянных конструкций с пространственно-регулярной структурой: моногр. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2007. 267 с.
7. *Серов Е.Н.* Особенности разрушения стандартных образцов и их связь с работой конструкций // Лесн. журн. 1994. № 1. С. 75–79. (Изв. высш. учеб. заведений).
8. *Серов Е.Н.* Рекомендации к совершенствованию норм проектирования деревянных конструкций // Строительство. 2003. С. 9–16. (Изв. высш. учеб. заведений).
9. *Серов Е.Н., Хапин А.В.* Выбор критерия прочности для клееной древесины изгибаемых и сжато-изгибаемых элементов // Лесн. журн. 1984. № 1. С. 72–76. (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 29.12.12

*E.N. Serov, B.V. Labudin*

<sup>1</sup>Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

<sup>2</sup>Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

**Glued Timbering: Present State and Development Problems**

The article considers the present state, trends and development problems of glued timbering; it also dwells on the priority of domestic scientific achievements for designing and using timber constructions and glued timbering, as well as highlights some of the problems of their further development.

*Key words:* glued timbering.

---

УДК 674.00

**Г.Ф. Прокофьев**

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

Прокофьев Геннадий Федорович родился в 1940 г., окончил в 1964 г. Архангельский лесотехнический институт, профессор, доктор технических наук, заслуженный изобретатель РФ, почетный работник высшего профессионального образования РФ, действительный член РАН, профессор кафедры прикладной механики и основ конструирования института энергетики и транспорта Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет более 280 печатных работ в области прикладной механики и интенсификации переработки древесины путем совершенствования лесопильного оборудования и дереворежущего инструмента.  
E-mail: g.prokofjev@narfu.ru



## **ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПИЛЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ НА ЛЕСОПИЛЬНЫХ СТАНКАХ**

Рассмотрены требования к современной технике. Показаны основные направления совершенствования лесопильных станков. Отмечены возможности использования лесопильных станков нового типа при создании гибких автоматизированных лесопильных линий (ГАЛЛ). Показаны достоинства ГАЛЛ и сформулированы задачи, которые необходимо решить при их создании.

*Ключевые слова:* интенсивный путь развития производства, направления совершенствования лесопильных станков, гибкие автоматизированные лесопильные линии.

Существуют два пути развития производства – экстенсивный и интенсивный. Экстенсивный путь предполагает увеличение объемов производства при использовании сложившихся технологий, оборудования, приемов и способов организации производства за счет пропорционального роста расхода энергии, сырья, материалов, транспорта и вовлечения новых трудовых ресурсов. Этот путь бесперспективен, так как при этом не повышается качество и не снижается себестоимость продукции, что делает ее неконкурентоспособной и затратной; увеличивается нагрузка на окружающую среду и требуется все большее количество работающих (но невысокой квалификации); не используются достижения науки и не разрабатываются высокие технологии.

Перспективным является интенсивный путь развития производства, при котором во все возрастающих объемах производится продукция высокого потребительского качества при минимальных расходах сырья, энергии, материалов и человеческих ресурсов.

Интенсификация производства может быть реализована за счет создания техники нового поколения, а на ее базе – новых высоких технологий.

Характерные черты техники нового поколения, отличающие ее от модернизированной техники: во-первых, реализация новой технической идеи – научного открытия, крупного изобретения, комплекса изобретений; во-вторых, скачкообразный рост эффективности, повышение производительности труда,

---

© Прокофьев Г.Ф., 2013

экономия сырья, снижение материалоемкости и энергозатрат. Для своевременной смены поколений техники необходимо, чтобы первая фраза цикла техники нового поколения опережала последнюю фазу цикла техники предыдущего поколения. Поэтому важно вовремя переориентировать конструкторов и изготовителей на разработку и освоение техники нового поколения.

Создание современных машин, приборов, новых материалов и технологий – сложный процесс, требующий соответствующей государственной политики, создания или восстановления научных школ, аналитических центров, отраслевых конструкторских бюро, развития промышленного капитального строительства, подготовки высококвалифицированных специалистов.

Следует подчеркнуть, что слепое копирование даже передовых зарубежных разработок неминуемо приводит к техническому отставанию. Только изучение тенденций развития техники и упреждающий выход вперед позволяет создавать высокоэффективную технику, не имеющую аналогов за рубежом.

Для создания современной высокоэффективной техники требуется, чтобы государство имело высокие экономический, научный и технический потенциалы и высококвалифицированных творческих специалистов. Последнее связано с повышением качества всех видов образования и как материального (вознаграждения, соответствующие творческим успехам), так и морального (почет и уважение в обществе) социального стимулирования.

Потребитель современной техники при ее приобретении желает, чтобы цена ее была приемлемой, а качество высоким. Только при этих условиях современная техника может пользоваться спросом и быть конкурентоспособной.

Качество техники характеризуют следующие показатели: производительность; экономические показатели; энергозатраты; надежность; эргономичность; эстетичность; экологичность; безопасность; ремонтнопригодность; возможность утилизации.

Производитель современной техники, с одной стороны, должен удовлетворять требования потребителя, с другой – получить максимальную прибыль, которая равна разности отпускной цены и себестоимости.

При выпуске изделия с потребительскими свойствами, достигнутыми многими производителями, его цена может быть снижена для обеспечения конкурентоспособности. В этом случае прибыль обеспечивается только за счет снижения себестоимости изделия.

Цена изделия может быть повышена при увеличении его потребительских свойств, а также опережении конкурентов при выходе на рынок с неудовлетворенным спросом на товар с новыми или улучшенными потребительскими свойствами. Отсюда следует, что необходимо разрабатывать изделия с улучшенными или новыми потребительскими свойствами в короткие сроки.

Для снижения себестоимости изделий должны быть выполнены следующие требования: стандартизация; унификация; преемственность; снижение металлоемкости; технологичность; транспортабельность; сохраняемость.

Кроме выполнения указанных требований, изделие должно обладать патентной чистотой.

Пиление древесины на лесопильных станках производится рамными, ленточными и круглыми пилами, представляющими собой тонкие стальные полосы, ленты и диски, на одной из кромок которых выполнены зубья. Они имеют малую жесткость и устойчивость, что не позволяет обеспечивать высокую точность пиления древесины при больших скоростях подачи. Идти на увеличение толщин рамных и круглых пил нецелесообразно, так как увеличивается расход древесины в опилки и энергозатраты, а у ленточных пил, кроме этого, возрастают напряжения изгиба пилы на шкивах и снижается их долговечность, которая и так является недостаточной. Увеличение натяжения рамных и ленточных пил снижает долговечность пил. Одним из эффективных направлений повышения жесткости и устойчивости пил является уменьшение их свободных длин в плоскостях наименьшей и наибольшей жесткости. Это может быть достигнуто при использовании для пил направляющих, расположенных над и под распиливаемым материалом, с рабочими поверхностями, выполненными в виде аэростатических опор. Применение аэростатических направляющих для пил может быть использовано при модернизации существующих лесопильных станков и создания станков нового типа [10].

Принципиальные схемы узлов резания действующих конструкций лесопильных станков, модернизированных и нового типа приведены в таблице.

На схемах 1.1, 2.1 и 3.1 показаны принципиальные схемы узлов резания лесопильных станков, широко применяемых в отечественной промышленности. Пилы имеют большие свободные длины, низкую жесткость и устойчивость, а следовательно, малую точность пиления.

При установке над и под распиливаемым материалом аэростатических направляющих для пил (схемы 1.2, 2.2 и 3.2) свободные длины пил в плоскости их наименьшей жесткости уменьшаются в несколько раз, повышается жесткость пил и точность пиления. Это является эффективным направлением модернизации действующих в промышленности лесопильных станков.

Аэростатические направляющие для пил могут быть использованы при создании новых типов лесопильных станков (схемы 1.3, 2.3 и 3.3.)

На рис. 1–3 показаны экспериментальные образцы лесопильной рамы с нерастянутыми пилами, совершающими возвратно-поступательные движения в аэростатических направляющих (предназначена для распиловки брусьев высотой до 200 мм); ленточнопильного станка с пилой, движущейся по криволинейным аэростатическим направляющим; круглопильного станка с кольцевой пилой, совершающей вращательное движение в аэростатических направляющих.

Экспериментальные образцы этих станков созданы на основании технических решений и исследований автора статьи. Станки не имеют зарубежных аналогов. Новизна технических решений подтверждается авторскими свидетельствами и патентами [1–7]. Станки имеют ряд достоинств по сравнению со

Принципиальные схемы совершенствования лесопильных станков при использовании аэростатических направляющих для пил

Тип станка	Уровень совершенствования		
	Действующие станки	Модернизированные станки	Станки новой конструкции
Лесопильные рамы	<p>1.1</p>	<p>1.2</p>	<p>1.3</p>
Ленточные станки	<p>2.1</p>	<p>2.2</p>	<p>2.3</p>
Круглопильные станки	<p>3.1</p>	<p>3.2</p>	<p>3.3</p>

станками традиционных конструкций: снижены габаритные размеры, металлоемкость и энергозатраты, повышена долговечность пил, качество пиления, рациональное использование сырья. Эти станки могут быть использованы при создании гибких автоматизированных линий (ГАЛЛ) [8–11], коренным образом изменяющих технологии производства пиломатериалов.

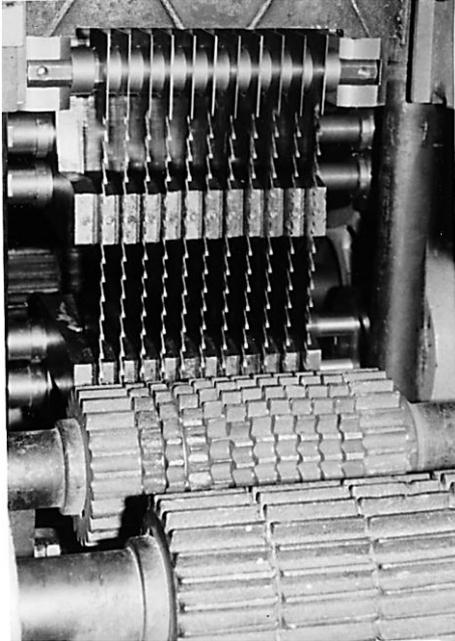


Рис. 1. Лесопильная рама с нерастянутыми пилами, совершающими возвратно-поступательное движение в аэростатических направляющих

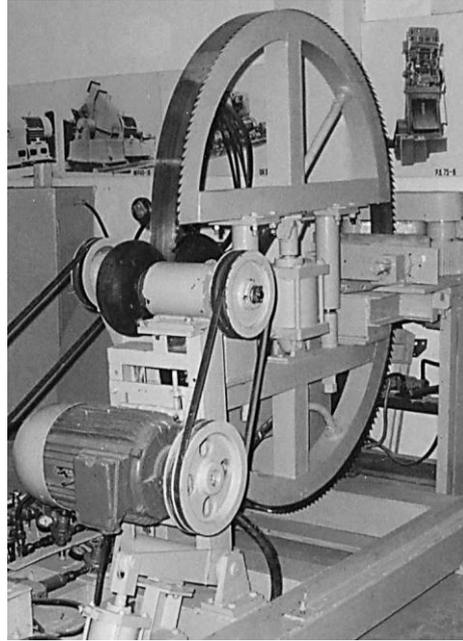


Рис. 2. Ленточнопильный станок с пилой, движущейся по криволинейным аэростатическим направляющим

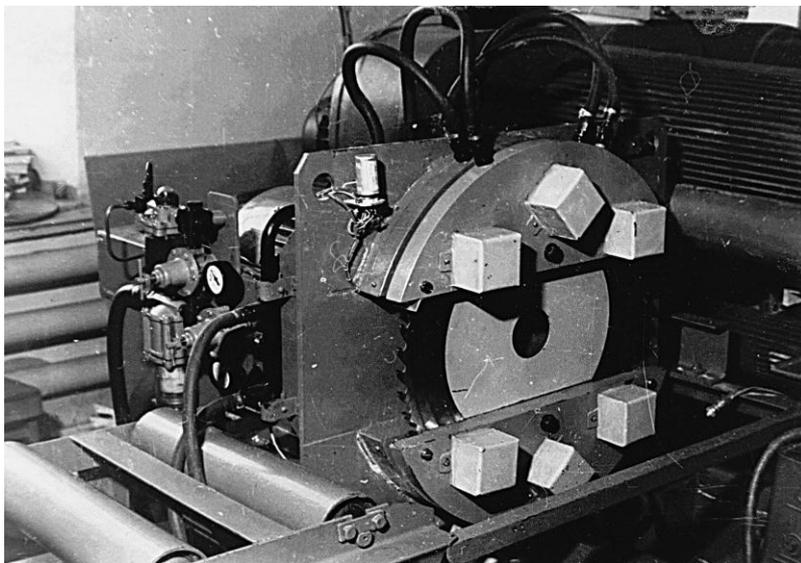


Рис. 3. Общий вид круглопильного станка с кольцевой пилой

ГАЛЛ – это управляемая средствами вычислительной техники совокупность технологического и вспомогательного оборудования, осуществляющая комплекс технологических, контрольных и транспортных операций для получения пилопродукции в условиях поступления пиловочного сырья с разными размерно-качественными характеристиками. При этом производится получение пиломатериалов требуемой номенклатуры, количества и качества с минимальными затратами сырья, энергии, материалов и трудовых ресурсов. Особенность ГАЛЛ заключается в том, что планы и режимы раскроя пиловочного сырья могут изменяться и осуществляться в автоматизированном режиме (с ограниченным участием человека).

Новая технология (применение ГАЛЛ) по сравнению с существующей имеет следующие достоинства.

1. Повышение производительности труда при производстве пиломатериалов за счет значительного сокращения операций на складах сырья и пиломатериалов и автоматического выбора оптимальных режимов пиления древесины на лесопильных модулях.

2. Повышение выхода пиломатериалов за счет выбора рациональных планов раскроя сырья с учетом размерно-качественных характеристик каждого поступающего на распиловку бревна, применения тонких пил с направляющими, точного ориентирования бревен относительно оси поставки, высокой точности пиления и позиционирования пильных модулей, специальных способов распиловки бревен с кривизной.

3. Повышение качества пиления древесины за счет автоматического контроля качества получаемых пиломатериалов и автоматической корректировки режимов пиления, повышения точности подготовки пил и оснащения зубьев пластинками из сверхтвердых материалов при использовании лесопильных модулей нового поколения (например, ленточнопильных модулей с пилами, движущимися по криволинейным аэростатическим направляющим).

4. Удешевление изготовления и эксплуатации оборудования за счет использования унифицированных лесопильных модулей, обладающих малыми массой и габаритами, высокой точностью пиления и надежностью.

5. Сокращение численности работающих. При общем снижении обслуживающего персонала увеличивается численность инженерно-технических работников, и работник умственного труда становится главным.

6. Снижение затрат на складе сырья и пиломатериалов. Применение ГАЛЛ приводит к снижению затрат на содержание склада бревен за счет предельного упрощения операции их сортировки перед распиловкой до 2–4 градаций диаметров или исключения сортировки. Снижение затрат на содержание склада пиломатериалов обеспечивается вследствие выполнения сортировки получаемых пиломатериалов в лесопильном цехе путем их идентификации и маркировки (например, использования системы меток или штрих-кодов), а также применения настройки оборудования ГАЛЛ на максимальный спецификационный выход, что уменьшает число одновременно получаемых сечений пиломатериалов при некотором снижении объемного выхода.

7. Повышение эффективности управления производством пиломатериалов, так как в результате объединения промышленных и офисных сетей администрация предприятия (руководители и главные специалисты) в реальном времени получает доступ к объективной производственной информации (объемы производственной продукции, расход сырья, загрузка оборудования, простои и т.д.) и имеет возможность оперативно влиять на производственные процессы.

8. Решение социальных вопросов. Использование ГАЛЛ существенно изменяет структуру лесопильного производства и требования ко всем функциональным службам предприятия. Такие изменения носят социальный характер, так как связаны с улучшением условий труда, совмещением ряда специальностей, повышением уровня подготовки специалистов, ростом доли умственного труда, исключением тяжелого низкоквалифицированного физического труда.

В ГАЛЛ могут быть использованы в качестве модулей лесопильного оборудования лесопильные рамы, многопильные ленточнопильные станки и круглопильные станки, включающие пильные модули с возможностью их позиционирования на некотором расстоянии друг от друга в зависимости от плана раскроя сырья. Для обеспечения высокой эффективности работы ГАЛЛ пильные модули должны обладать надежностью, обеспечивать требуемую точность пиления и малый расход древесины в опилки, иметь малые габариты и металлоемкость.

Для создания ГАЛЛ необходимо выполнить следующие виды работ:

дать рекомендации по использованию средств определения размерно-качественных характеристик поступающего на переработку сырья;

разработать компьютерные программы для выбора плана раскроя пиловочного сырья с определенными размерно-качественными показателями для получения максимального выхода пиломатериалов: объемного, спецификационного, ценностного, качественного;

разработать компьютерные программы для выбора режимов пиления пиловочного сырья с определенными размерно-качественными характеристиками с учетом ограничений по точности пиления, шероховатости пиломатериалов, работоспособности межзубовых впадин, мощности привода;

определить требования к позиционированию лесопильных модулей в соответствии с рассчитанным планом распиловки пиловочного сырья и дать рекомендации по созданию позиционеров, обладающих высокой точностью позиционирования, быстроедействием и возможностью корректировки позиционирования лесопильных модулей при смещении центра поля рассеяния толщин пиломатериалов от центра поля допуска;

предложить, определить параметры и разработать новые конструкции лесопильных модулей, имеющих малые габаритные размеры и металлоемкость, высокую точность пиления и малые энергозатраты; пилы лесопильных модулей должны иметь малую толщину, что уменьшает энергозатраты и рас-

ход древесины в опилки, но высокую долговечность, что позволяет оснастить их износостойкими сплавами;

разработать средства непрерывного автоматического контроля качества пиломатериалов (точности и шероховатости) с анализом результатов с помощью вычислительной техники и принятием решений (корректировка режимов пиления, корректировка позиционирования пильных модулей, остановка линии для ее отладки);

разработать средства точной подачи распиливаемого материала к пильным модулям и надежного базирования при прохождении через них;

обеспечить идентификацию каждого пиломатериала для автоматизации всех операций на складе пиломатериалов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. с. 266188 СССР, МКЛ 38а, 3/04. Устройство для установки рамных пил / Прокофьев Г.Ф., Туфанов А.Г. № 1285275/29-33; заяв. 25.11.68; опубл. 17.03.70, Бюл. № 11.
2. А. с. 408773 СССР, МКЛ В27 В 13/10. Ленточнопильный станок / Прокофьев Г.Ф. № 1802797/29-33; заявл. 29.06.72; опубл. 30.11.73, Бюл. № 48.
4. А. с. 818862 СССР, МКЛ В27 В 15/00. Ленточнопильный станок / Прокофьев Г.Ф. № 2610721/29-15; заявл. 04.05.78; опубл. 07.04.81, Бюл. № 13.
3. А. с. 818859 СССР, МКЛ В27 В 3/10. Механизм резания лесопильной рамы / Прокофьев Г.Ф., Носаль Б.Д., Хвиюзов А.Н. № 2666847/29-15; заявл. 29.09.78; опубл. 07.04.81, Бюл. № 13.
5. А. с. 874335 СССР, МКЛ В27 В 5/14. Узел резания круглопильного станка / Васкан Ю.В., Прокофьев Г.Ф. № 2934660/29-15; заявл. 29.05.80; опубл. 23.10.81, Бюл. № 39.
6. А. с. 1113245 СССР, МПК В27 В 3/10. Узел резания лесопильного станка / Прокофьев Г.Ф., Королев И.Ю. № 3569974/29-15; заявл. 29.03.83; опубл. 15.09.84, Бюл. № 34.
7. Пат. 2452615 РФ, МПК В27 В 3/10. Узел резания лесопильного станка / Прокофьев Г.Ф., Микловцик Н.Ю., Тюрин А.М. № 2011100762/13; заявл. 12.01.2011; опубл. 10.06.2012, Бюл. № 16.
8. Прокофьев, Г.Ф., Дундин Н.И. Основные направления интенсификации переработки древесины на лесопильном оборудовании // Лесн. журн. 2004. № 3. С. 65–74. (Изв. высш. учеб. заведений).
9. Прокофьев, Г.Ф., Иванкин И.И. Гибкие автоматизированные линии в лесопилении // Деревообработ. пром-сть. 2004. №6. С. 15–17.
10. Прокофьев Г.Ф., Иванкин И.И. Повышение эффективности пиления древесины на лесопильных рамах и ленточнопильных станках: моногр. / Под ред. Г.Ф. Прокофьева. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2009. 380 с.
11. Прокофьев, Г.Ф. Интенсификация пиления древесины на лесопильных рамах и ленточнопильных станках // Деревообработ. пром-сть. 1990. № 9. С. 6–10.

Поступила 16.11.12

*G.F. Prokofyev*

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

**Intensification of Wood Sawing by Means of a Sawing Machine**

Requirements to modern equipment have been considered; key ways of improving sawing machines are presented. The possibility of using a new type of sawing machines to develop flexible automated sawmill lines (FASL) is pointed out. The advantages of FASL have been shown and goals to be achieved while developing FASL have been set.

*Key words:* intensive development of production, ways of improving sawing machinery, flexible automated sawing lines.

---

УДК 674.048.5

**И.В. Григорьев, О.А. Куницкая, Г.В. Григорьев, Г.Ю. Есин**

С.-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова

Григорьев Игорь Владиславович родился в 1973 г., окончил в 1996 г. С.-Петербургскую государственную лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор кафедры технологии лесозаготовительных производств СПбГЛТУ.  
E-mail: silver73@inbox.ru



Куницкая Ольга Анатольевна окончила в 1996 г. С.-Петербургскую государственную лесотехническую академию, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии лесозаготовительных производств СПбГЛТУ.  
E-mail: ola.ola07@mail.ru



Григорьев Глеб Владимирович родился в 1975 г., окончил в 1997 г. С.-Петербургскую государственную лесотехническую академию, доцент кафедры водного транспорта леса и гидравлики СПбГЛТУ.  
E-mail: vtl@mail.ru.



Есин Григорий Юрьевич родился в 1987 г., окончил в 2010 г. С.-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, аспирант кафедры технологии лесозаготовительных производств СПбГЛТУ.  
E-mail: tlzp@inbox.ru



## **ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ПРОПИТКИ ДРЕВЕСИНЫ**

Проведены экспериментальные исследования центробежной пропитки образцов древесины различных пород. Получена зависимость положения фронта пропитки от времени (скорости пропитки) при различных угловых скоростях платформы центрифуги. Установлено влияние отношения длины сортифта к радиусу платформы центрифуги за время пропитки.

*Ключевые слова:* центробежная пропитка, роторное оборудование, скорость пропитки.

Одним из наиболее распространенных способов модификации древесины в целях повышения ее эксплуатационных свойств (био- и огнестойкость) является пропитка древесины водными растворами различных солей. В настоящее время активно ведутся исследования по использованию для пропитки

древесины синтетических и природных полимеров. Известны различные способы пропитки: вымачивание древесины, пропитка в барокамерах, пропитка древесины в пьезопериодическом поле в режиме «вакуум – давление – вакуум – давление», автоклавный способ пропитки по методу «давление – сброс – давление», пропитка на центробежных установках [2, 3]. Центробежный способ апробирован и дает при обработке древесины хорошие результаты [1]. Этот способ обеспечивает равномерную сквозную пропитку, что позволяет в дальнейшем проводить механическую обработку пропитанных заготовок.

Однако, несмотря на значительный объем проведенных исследований, центробежная пропитка древесины исследована недостаточно. Чтобы применить на практике существующие модели центробежной пропитки, требуются дополнительные экспериментальные данные. Отсутствуют методика и сравнительно простые зависимости, позволяющие на практике определять рациональные режимы работы центрифуг для пропитки при варьировании длины и породы обрабатываемых сортиментов. Все это сдерживает развитие технологии модификации древесины путем пропитки и ограничивает практическое применение данного способа.

Целью наших исследований является выявление зависимости положения фронта пропитки от времени (скорости пропитки) при различных угловых скоростях платформы центрифуги. Сложность строения древесины затрудняет поиск аналитического решения задачи, поэтому для определения искомой зависимости использовали экспериментальную установку кафедры технологии лесозаготовительных производств (рис. 1).

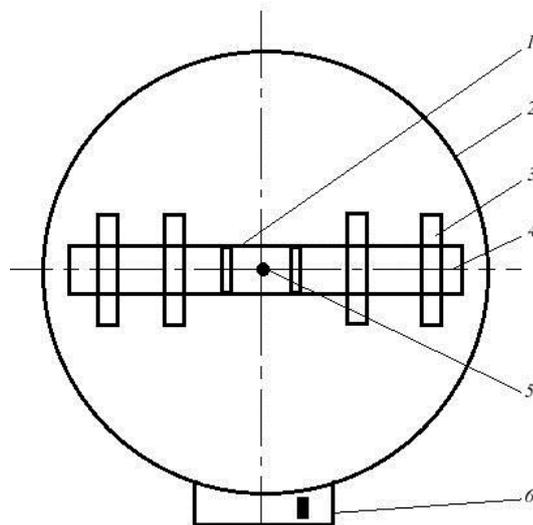


Рис. 1. Схема экспериментальной установки:  
1 – карусель; 2 – корпус; 3 – крепежные полукольца; 4 – стакан; 5 – вал; 6 – пульт управления

Центрифуга имеет стальной сварной корпус 2 в виде вертикально стоящего цилиндра с прослойкой песка между внешней и внутренней обечайками. Внутри корпуса расположен электродвигатель мощностью 2,6 кВт, на валу 5 которого закреплен рабочий орган, представляющий собой вращающуюся карусель 1. На нее горизонтально при помощи хомутов (полуколец) 3 установлены два герметично закрывающихся стакана 4 с пропитываемыми образцами. Управление установкой осуществляют с пульта 6. Частота вращения  $n$  вала двигателя плавно изменяется от 450 до 2700 об/мин и градуирована через 150 об/мин за счет редуктора.

Образец длиной  $L$  размещен в стакане с пропиточной жидкостью, стакан соединен с каруселью (угловая скорость  $\omega$ ). Расстояние от края платформы до оси ее вращения  $R = 0,55$  м, расстояние от нижнего (погруженного в жидкость) торца образца до края платформы  $\delta = 0,05$  м.

Для пропитки использовали образцы древесины четырех пород (сосна, ель, осина и береза) длиной 0,32 м, прямоугольным сечением 25×50 мм. Начальная абсолютная влажность образцов  $W_a = 10...12$  %. Переменные величины представлены в табл. 1.

В ходе эксперимента путем взвешивания измеряли массу поглощенной образцом жидкости. Взвешивание проводили через каждые 30 с до тех пор, пока не прекращался прирост массы образца.

Эмпирические зависимости получены с использованием метода наименьших квадратов. В качестве приближающей функции для прироста массы (масса впитанной жидкости) выбрана следующая зависимость:

$$\Delta m = a_0 t + a_1 \ln(t + a_2), \quad (1)$$

на основании которой рассчитывали ряд дополнительных величин.

Отношение  $k$  объема впитанной жидкости к объему порового пространства образцов определяли по формуле

$$k = \frac{\Delta m_k}{\rho_{\text{ж}} b h L \left( 1 - \frac{\rho_{\text{обр}}}{1540} \right)},$$

где  $\Delta m_k$  – максимальный суммарный прирост массы образца;

$\rho_{\text{ж}}$  – плотность жидкости;

$\rho_{\text{обр}}$  – средняя плотность образца до начала пропитки.

Таблица 1

**Уровни варьирования факторов**

Фактор	Уровни варьирования			Интервал
	Нижний	Основной	Верхний	
$\Delta^*$ , м	0,1	0,2	0,3	0,1
$n$ , об/мин	450	900	1350	450

\* Расстояние от нижнего торца образца, погруженного в жидкость, до поверхности жидкости в стакане.

Обозначим

$$S = \rho_{\text{ж}}bh \left( 1 - \frac{\rho_{\text{обр}}}{1540} \right),$$

тогда положение фронта пропитки (при допущении о ее равномерности) определится как

$$x(t) = \frac{\Delta m(t)}{kS}.$$

При этом скорость фронта

$$v_x(x) = \frac{dx(t)}{dt} = \frac{d\Delta m(t)}{kSdx}.$$

На основании теоретических исследований [4, 5] было сделано предположение, что скорость фронта пропитки может быть определена из выражения

$$v_x(x) = f \frac{P_{\text{max}}^2}{x(t)P(x)},$$

где  $f$  – постоянная величина, индивидуальная для каждой породы.

Для проверки этой гипотезы по результатам каждого опыта рассчитывали значение функции

$$K = \frac{P_{\text{max}}^2}{v_x(x)x(t)P(x)}. \quad (3)$$

Решая (3), находим выражение для определения времени  $\tau$ , когда фронт пропитки достигнет положения  $x$ :

$$\tau = \frac{2K \left[ \frac{1}{4}x^4 + \frac{1}{3}x^3(2R - 2\delta - 2\Delta) \right]}{\rho_{\text{ж}}\omega^2\Delta^2(2R - 2\delta - \Delta)^2}. \quad (4)$$

Во всех опытах масса впитанной жидкости определяется по выражению (1). Например, для ели прирост массы иллюстрирует график, приведенный на рис. 2.

Далее, используя полученные выражения для массы впитанной жидкости, рассчитывали «мгновенное» значение функции  $K(t)$  для каждого опыта. При определении среднего (использовавшегося при дальнейших расчетах) значения функции  $K$  применяли известную формулу

$$K = \int_{0,17}^T K(t)dt, \quad (5)$$

где  $T$  – суммарное время пропитки.

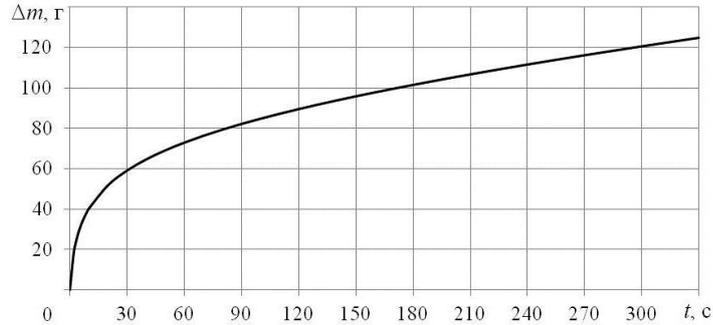


Рис. 2. Изменение массы образцов ели при пропитке ( $n = 900$  об/мин,  $\Delta = 0,2$  м)

Результаты расчетов представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Значение функции  $K \cdot 10^{-10}$  для различных пород древесины**

Условия опыта	Ель	Сосна	Осина	Береза
$\Delta = 0,1$ м; $n = 450$ об/мин	1,606	1,856	1,344	1,494
$\Delta = 0,1$ м; $n = 900$ об/мин	1,917	1,947	1,301	1,547
$\Delta = 0,1$ м; $n = 1350$ об/мин	2,250	2,262	1,498	2,303
$\Delta = 0,2$ м; $n = 450$ об/мин	1,602	1,778	1,309	1,514
$\Delta = 0,2$ м; $n = 900$ об/мин	1,585	1,881	1,396	1,530
$\Delta = 0,2$ м; $n = 1350$ об/мин	1,650	1,982	1,360	1,682
$\Delta = 0,3$ м; $n = 450$ об/мин	1,618	1,728	1,269	1,380
$\Delta = 0,3$ м; $n = 900$ об/мин	1,725	1,890	1,321	1,501
$\Delta = 0,3$ м; $n = 1350$ об/мин	1,813	2,031	1,409	1,648
<i>Среднее значение</i>	1,752	1,928	1,356	1,622

Выбор интервала интегрирования объясняется тем, что  $K(0) \rightarrow \infty$  исходя вида функции  $\Delta m$ . Это делает интегрирование невозможным. После вычисления  $K$  по (4), полагая  $x = \Delta$ , находили расчетное время пропитки:

$$T_{\text{расч1}} = \frac{2K \left[ \frac{1}{4}x^4 + \frac{1}{3}x^3(2R - 2\delta - 2\Delta) \right]}{\rho_{\text{ж}} \omega^2 \Delta^2 (2R - 2\delta - \Delta)^2}. \quad (6)$$

Второе значение расчетного времени  $T_{\text{расч2}}$  определяли аналогично, но вместо  $K$  использовали его среднее значение:

$$K_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n K_i}{n},$$

где  $n$  – число опытов.

Величины  $\Delta_1$  и  $\Delta_2$  определяли по следующим формулам:

$$\Delta_1 = \frac{T_{\text{эксп}} - T_{\text{расч1}}}{T_{\text{эксп}}} 100 \%; \Delta_2 = \frac{T_{\text{эксп}} - T_{\text{расч2}}}{T_{\text{эксп}}} 100 \%,$$

где  $T_{\text{эксп}}$  – экспериментально определенное значение времени насыщения образца жидкостью.

Результаты вычислений на примере ели, представленные в табл. 3, свидетельствуют, что время пропитки, определяемое с использованием (6) и  $K_{\text{ср}}$ , близко к экспериментально определенному.

График на рис. 3 иллюстрирует зависимость скорости пропитки  $v_x$  от времени  $t$ , очевидна качественная сходимость кривых.

Таким образом, время пропитки определяется из выражения (6) с использованием данных табл. 2.

Таблица 3

Расчетное и экспериментальное значения времени пропитки древесины ели

Условия опыта	$T_{\text{эксп}}$	$T_{\text{расч1}}$	$T_{\text{расч2}}$	$\Delta_1$	$\Delta_2$
	с			%	
$\Delta = 0,1$ м; $n = 450$ об/мин	630	584	637	7	1
$\Delta = 0,1$ м; $n = 900$ об/мин	180	174	169	3	6
$\Delta = 0,1$ м; $n = 1350$ об/мин	90	91	86	1	4
$\Delta = 0,2$ м; $n = 450$ об/мин	1320	1276	1395	3	6
$\Delta = 0,2$ м; $n = 900$ об/мин	330	316	349	4	6
$\Delta = 0,2$ м; $n = 1350$ об/мин	150	146	155	3	3
$\Delta = 0,3$ м; $n = 450$ об/мин	2160	2125	2301	2	7
$\Delta = 0,3$ м; $n = 900$ об/мин	570	566	575	1	1
$\Delta = 0,3$ м; $n = 1350$ об/мин	270	265	256	2	5

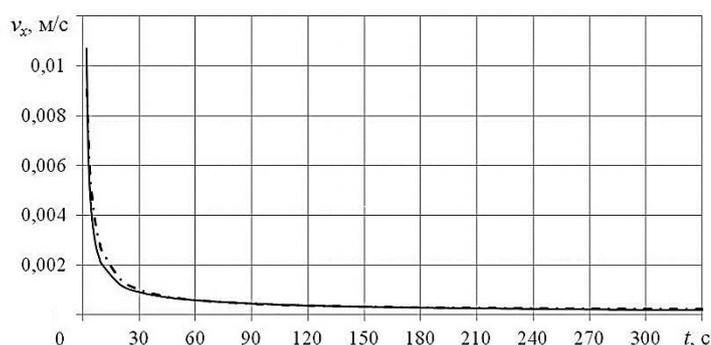


Рис. 3. Скорость фронта пропитки образцов древесины ели при  $n = 900$  об/мин,  $\Delta = 0,2$  м (сплошная линия – график на основе экспериментальных данных с использованием (2), пунктирная – расчетные данные по (3) при  $K = K_{\text{ср}}$ )

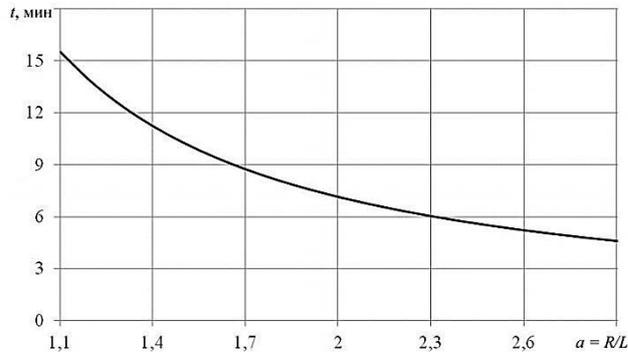


Рис. 4. Влияние отношения  $a$  на время пропитки сортимента  $t$

При помощи графика, приведенного на рис. 4, можно проследить влияние отношения радиуса платформы центрифуги к длине сортимента  $a = R/L$  за время пропитки

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Базаров С.М., Куницкая О.А., Григорьев И.В. Математическая модель самобалансировки пачки лесоматериалов на вращающейся струне при ротационной сушке и пропитке // Инженер. журн. 2012. № 4. С. 8–15.
2. Новые конструкции и математические модели расчета установок для пропитки древесины в пьезопериодическом поле/ О.А. Куницкая [ и др.] // Науч. обозрение. 2012. № 4. С. 128–136.
3. Обоснование исходных требований математической модели обезвоживания древесины в процессе прессования и сушки / Куницкая О.А. [ и др.] // Лесн. журн. 2012. № 1. С. 70–79.
4. Потякин В.И., Тишин Ю.Г., Базаров С.М. Техническая гидродинамика древесины. М.: Лесн. пром-сть, 1990. 300 с.
5. Расев А.И. Некоторые задачи в области исследования процессов пропитки древесины // Химическая модификация древесины. Рига: Знание, 1975. 372 с.

Поступила 19.12.12

*I.V. Grigoryev, O.A. Kunitskaya, G.V. Grigoryev, G.Yu. Yesin*  
Sain-Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov

#### Kinetics of Centrifugal Wood Treatment

Experimental study of the centrifugal treatment of different wood species was conducted. We obtained a relation between the treatment front and treatment time (rate) at different angular velocities of the centrifuge platform. The influence of the ratio between the assortment length and the centrifuge platform radius on the time of treatment was determined.

*Key words:* centrifugal treatment, rotary equipment, treatment rate.



## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.2

**А.С. Смолин**

С.-Петербургский государственный технологический университет  
растительных полимеров

Смолин Александр Семенович, родился в 1939 г., окончил в 1962 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии бумаги и картона С.-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров. Имеет более 130 научных трудов в области изучения процессов бумажно-картонного производства, химии бумаги, использования вторичного волокна.

E-mail: smolin@gturp.spb.ru



### О РАЗВИТИИ ТЕХНОЛОГИИ БУМАГИ И КАРТОНА

Проанализированы направления развития технологии бумаги и картона. Показана перспективность использования вторичного волокна, эффективных химических реагентов, поверхностной обработки бумаги и картона.

*Ключевые слова:* вторичные волокна, межволоконные связи, материалы для гофрокартона, химические реагенты, поверхностная обработка.

Производство бумаги и картона – динамично развивающийся сектор химической переработки древесины и другого растительного сырья. Бумажно-картонные материалы благодаря низкой стоимости, экологической безопасности, возобновляемому сырью и эффективной технологии являются востребованными и конкурентоспособными в различных отраслях производства, товарооборота, транспорта, социально-бытового и культурного потребления.

Сравнительно низкая стоимость бумаги и картона связана с доступностью и дешевизной растительных материалов, возобновляемость сырья определяется постоянным приростом лесных и других растительных ресурсов, экологическая безопасность обеспечивается возможностью использования вторичного волокна и легким биоразложением отходов производства и потребления.

Уникальная способность растительных волокон к межволоконному связеобразованию, определяемая взаимодействием целлюлозы с водой и не требующая каких-либо дополнительных связующих, дает технологии производства бумаги и картона на основе растительных волокон неоспоримые преимущества перед любыми волокнами иного происхождения.

В настоящее время более половины всех растительных волокон, используемых в производстве бумаги и картона, составляют вторичные волокна (табл. 1) [4].

---

© Смолин А.С., 2013

Таблица 1

Изменение структуры мирового производства волокнистых полуфабрикатов  
(% от общего объема) в 1980 – 2010 гг.

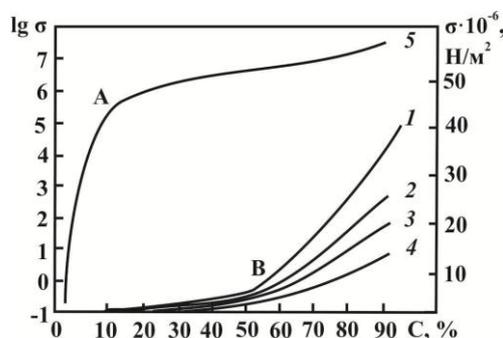
Полуфабрикат	1980	1990	2000	2010	2020*
Макулатура	28	32	44	48	51
Недревесная целлюлоза	3	4	4	4	4
Полуцеллюлоза из древесины	2	1	1	1	1
Механическая древесная масса	17	16	11	9	8
Химическая древесная целлюлоза	50	47	40	38	36

\* Прогноз.

Большая часть макулатурного сырья (в России более 80 %) используется для производства картона различных марок. Широко применяется вторичное волокно в композиции санитарно-гигиенических видов бумаги и газетной бумаги. Главным условием расширения ассортимента продукции на основе вторичного волокна является облагораживание и отбелка макулатуры с использованием современных систем флотации и эффективных отбеливающих реагентов [5].

Следует отметить, что практически ни один вид бумаги и картона не выпускается в отсутствие длиноволокнистых полуфабрикатов. Современные воззрения на строение бумажного листа предполагают образование сетчатой структуры из длинных волокон, которые представляют армирующую конструкцию, обеспечивающую основной вклад в прочностные характеристики бумаги и картона. Коротковолокнистые полуфабрикаты, входящие в композицию бумажно-картонных материалов, заполняют ячейки армирующей сетки и играют роль активного наполнителя, т. е. материала, участвующего в связеобразовании и развитии прочности. При этом минеральные пигменты, в обязательном порядке присутствующие в композиции бумаги для печати, служат инертным наполнителем, препятствующим связеобразованию. Если с этих позиций рассмотреть образование листа на основе вторичного волокна, то механизм будет единообразным, так как макулатура любого происхождения всегда содержит длиноволокнистую фракцию, играющую армирующую роль. Более глубокий анализ позволяет предположить, что структура листа есть результат взаимопроникновения армирующей длиноволокнистой сетки и активно наполняющей коротковолокнистой сетки. В целом это взаимопроникновение реализуется в достаточно равномерную и прочную макроструктуру бумаги и картона из зачастую разнородных растительных волокон, основой которой наряду с самими волокнами являются межволоконные связи между однородными и разнородными волокнами. При этом, вероятнее всего, более значимы связи между однородными волокнами.

Рис. 1. Зависимость прочности бумаги  $\sigma$  из целлюлозы, размолотой до 30°ШР, от сухости (С): 1 – сульфатная небеленая хвойная; 2 – сульфатная беленая хвойная; 3 – сульфитная беленая хвойная; 4 – сульфатная беленая лиственная; 5 – логарифмическая кривая



Прочность бумажного полотна определяется прочностью как самих волокон, входящих в композицию материала, так и межволоконных связей. В процессе размола, благодаря развитию поверхности и повышению гибкости и пластичности волокон, увеличивается площадь контактов, что ведет к росту межволоконного связеобразования. Одновременно возникает и развивается отрицательный эффект деструкции волокон, что снижает их прочность. Изменение прочности бумаги и картона в процессе размола есть результат взаимодействия этих процессов, разнонаправленно влияющих на конечный результат.

Формирование структуры листа и развитие его показателей прочности происходит на бумаго- и картоноделательных машинах (БДМ и КДМ) в процессе обезвоживания. Зависимость прочности листа от сухости материала приведена на рис. 1. Анализ логарифмической зависимости 5 позволяет сформулировать ряд положений, характеризующих образование связей между волокнами и природу этих связей [6].

Резкий подъем прочности на участке кривой от начальной концентрации ( $\sim 0,1$  %) до сухости 9...10 % связан с фазовым переходом, проявляющимся на сетке БДМ в виде «сухой линии». До перегиба на кривой при сухости 9...10 % (т. А) волокнистая система имела двухфазный характер. Прочность этой системы определялась неустойчивыми тиксотропными связями флокуляционного типа. На участке от начальной концентрации до «сухой линии» удаляется до 95 % всей воды, присутствующей в бумажной массе. При сухости 9...10 % завершается формирование волокнистого фильтрующего слоя, начинается освобождение межволоконных пространств от воды, в бумажное полотно начинает проникать воздух. Образуется трехфазная система, в которой получает развитие граница раздела фаз воздух–вода. С этого момента межволоконные связи зависят от сил поверхностного натяжения воды, влияние которых увеличивается с развитием межфазной границы.

По мере удаления воды силы поверхностного натяжения обеспечивают сближение волокон и увеличение прочности системы. При достижении сухости 55...60 % межволоконные прослойки воды практически исчезают,

вода сохраняется в виде мономолекулярных или близких к ним по толщине слоев, а также внутри волокон. С этого момента начинается интенсивное образование межволоконных водородных связей (т. В), что в конце сушильной части приводит к получению прочного бумажного листа. По мере удаления внутриволоконной влаги увеличивается и прочность самих волокон, поскольку относительно сухое волокно прочнее гидратированного, так как образующие волокно фибриллы представляют менее подвижную связанную внутриволоконную структуру.

Основным направлением развития технологии бумаги и картона является увеличение использования вторичного волокна. При этом значительная часть макулатуры расходуется на производство материалов для гофрокартона.

Составные части тарного картона (лайнер и флютинг) производятся как из свежего волокна (крафт-лайнер и полуцеллюлозный флютинг), так и из вторичного волокна (тест-лайнер и макулатурный флютинг). Известно, что вторичные волокна имеют сниженные бумагообразующие свойства, причем это снижение прогрессирует в результате цикличности использования макулатуры. Основными причинами снижения показателей прочности являются ороговение поверхностных слоев волокна в процессе контактной сушки и термовоздействий гофроагрегата, термодеструкция полисахаридов, деструкция волокон в процессе роспуска и размола, присутствие деградированных химических реагентов, главным образом, крахмала. Установлено, что снижение прочности материала в процессе циклического использования вторичного волокна, главным образом, связано с уменьшением сил межволоконного взаимодействия и, в меньшей степени, со снижением прочности самих волокон (табл. 2) [2].

Основной задачей производителей материалов для гофрокартона является приближение качества тест-лайнера к показателям крафт-лайнера. Эта

Таблица 2

**Влияние циклического использования сульфатных хвойных целлюлозных полуфабрикатов на собственную прочность волокна и межволоконные силы связи в листе**

Номер цикла	$L_0$ , м	$F_{св}$ , МПа	$SV$ , МПа
0	10440/8030	1,31/1,20	1,75/1,73
1	10170/7880	0,94/0,82	1,38/1,32
2	8850/7680	0,89/0,68	1,31/1,13
3	8750/7540	0,78/0,62	1,16/1,05
4	8670/7330	0,75/0,61	1,13/1,03
5	8460/6320	0,69/0,59	1,09/1,00

Примечания. 1.  $L_0$  – нулевая разрывная длина;  $F_{св}$  – силы связи по С.Н. Иванову;  $SV$  – когезионная способность по Кларку. 2. В числителе приведены данные для небеленой целлюлозы, в знаменателе – для беленой.

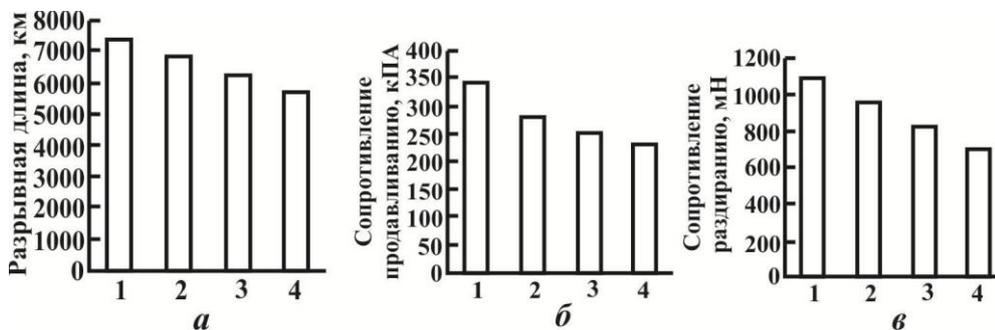


Рис. 2. Изменение прочности показателей макулатурной массы при различных обработках: 1 – МС-5Б + амилаза + крахмал; 2 – МС-5Б + крахмал; 3 – МС-5Б + амилаза; 4 – МС-5Б

комплексная проблема в определенной степени решается путем использования эффективных технологий подготовки макулатурной массы, включающих энергосберегающие системы размола и сортирования, фракционирование и флотацию вторичных волокон, применение ферментов (рис. 2) [3], а также повышение технического уровня основного оборудования потоков производства, в том числе топ-формеры в сеточных частях при производстве многослойного картона, компактные прессовые части с прессами с широкой зоной захвата, пленочные клеильные прессы. В числе эффективных мер повышения качества материалов на основе вторичных волокон следует отметить дозированное использование в композиции свежих длинноволокнистых полуфабрикатов и современных систем упрочняющих химических реагентов полимерного характера.

Эффективные системы химических реагентов получили широкое развитие в период перехода производства бумаги и картона на нейтральный и слабощелочной процессы проклейки материалов. Изменение принципов фиксации мелочи, наполнителей, клеевых частиц сопровождалось широким использованием катионных полимеров. В то же время проявилась проблема катионной потребности, усложнившей использование эффективных катионных реагентов (рис. 3) [7].



Рис. 3. Нейтрализация катионной потребности

Использование современных систем удерживаемости, наряду с применением высокодисперсных карбонатных наполнителей, позволяет производить высокозольные печатные виды бумаги. В сочетании с мелованием бумага для печати может рассматриваться как волокнисто-минеральный композит. Перспективным направлением развития картона-лайнера, в том числе, на макулатурной основе является создание производств картона с верхним белым слоем – наиболее востребованного материала для получения высококачественной гофротары. Для реализации этого направления, помимо современного картоноделательного оборудования, необходим комплекс химических реагентов, обеспечивающих требуемую белизну и гладкость белого покровного слоя.

Сложность в подборе технологии применения химических вспомогательных веществ (ХВВ) в мокрой части БДМ и КДМ проистекает из-за их влияния одновременно на несколько взаимосвязанных процессов, происходящих в сеточной части машин, а именно: формирование макроструктуры, обезвоживание и удерживаемость компонентов бумажной массы. Кроме того, ряд реагентов из числа тех, что используются для интенсификации работы сеточной части машины, влияют и на свойства готовых материалов, выступая в роли связующих и проклеивающих химикатов [1].

Организация межволоконных связей в водно-волокнистых системах и в структуре бумаги и картона во многом зависит от электроповерхностных характеристик волокон. Поэтому достаточно эффективным является использование катионных полиэлектролитов. Дальнейшим развитием применения активных полимерных реагентов является метод создания полислоев на волокнах из катионных полиэлектролитов с последующим связыванием анионными полиэлектролитами. При этом образуются полиэлектролитные комплексы, работающие в качестве связующих и удерживающих реагентов. Практическое применение нашли полиэлектролитные комплексы на основе модифицированного катионного крахмала и карбоксиметилцеллюлозы (рис. 4) [8].

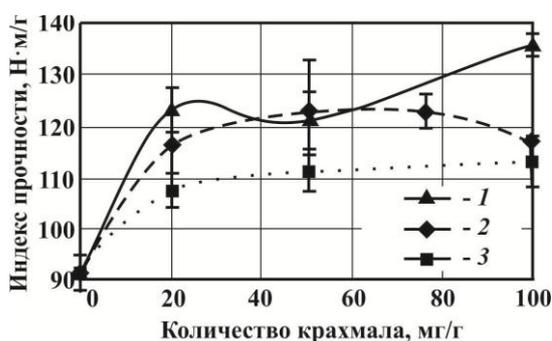
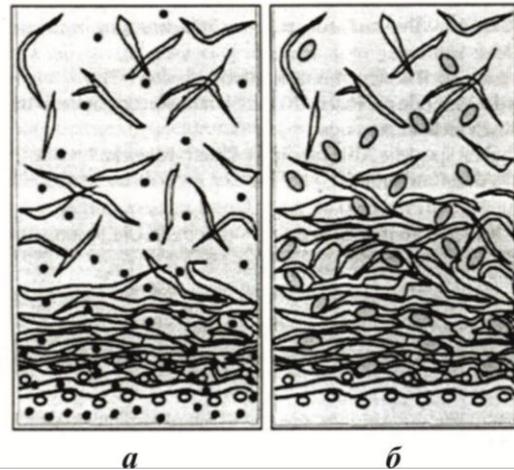


Рис. 4. Влияние полиэлектролитных комплексов на прочность бумаги: 1 – ШР 35, катионный крахмал СЗ = 0,05/КМЦ; 2 – ШР 35, катионный крахмал 0,05; 3 – ШР 35, катионный крахмал 0,015

Рис. 5. Принцип удержания (фиксирования) обычными ХВВ (а) и с помощью волокон-носителей (б)



Более отдаленная перспектива развития существует в использовании наноцеллюлозных волокон как носителей различных химических вспомогательных веществ, крахмальных и проклеивающих материалов и наполнителей. При этом значительно возрастает удерживаемость и, соответственно, эффективность используемых химических реагентов (рис. 5) [9].

В самостоятельный и весьма значимый раздел технологии вырастает поверхностная обработка бумаги и картона. Нанесение на бумагу и картон с одной или обеих сторон проклеивающих материалов, полимерных, пигментных, специальных композиций решает целый ряд экономических и технологических проблем, в том числе расширение ассортимента продукции, улучшение барьерных и печатных характеристик при снижении себестоимости продукции, повышение экологической безопасности производства. Преимущества поверхностной обработки значительно возросли с появлением высокопроизводительных клеильных прессов пленочного типа с нанесением материалов покрытий на валы прессы через специальные головки и последующей передачи покрытия на поверхность бумаги и картона (рис. 6). Использование

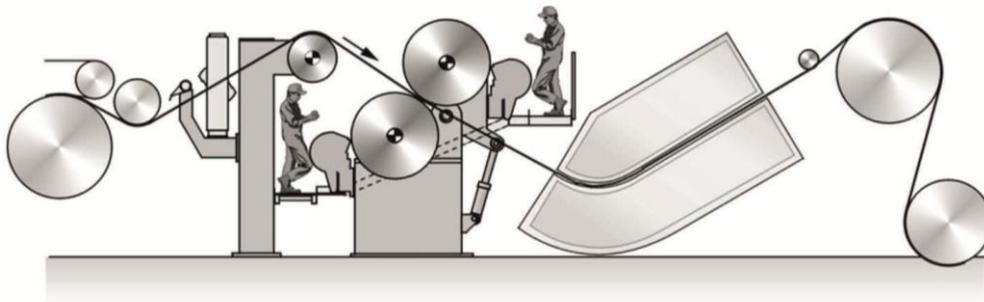


Рис. 6. Пленочный клеильный пресс

пленочных клеильных прессов позволило повысить концентрации наносимых покрытий и значительно снизить нагрузку на досушивающую часть машин. Появилась возможность нанесения крахмальных композиций с концентрацией до 18 %, меловальных паст – до 60 %.

Таким образом, основными направлениями развития технологии бумаги и картона в настоящее время являются:

увеличение объемов использования вторичного волокна и повышение качества материалов на основе макулатуры;

повышение эффективности химических реагентов, используемых в технологии бумаги и картона;

поверхностная обработка бумаги и картона с использованием современного наносающего оборудования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Изменение начальной влагонепроницаемости бумажного полотна в присутствии катионных электролитов / Е.С. Николаев [и др.] // Химия растит. сырья. 2010. № 4. С. 167–172.
2. Кулешов А.В., Смолин А.С. Влияние цикличности использования макулатурного волокна на бумагообразующие свойства // Лесн. журн. 2008. № 4. С. 131–139. (Изв. высш. учеб. заведений).
3. Кулешов А.В., Смолин А.С. Характеристика макулатурного волокна после ферментативного удаления крахмала // Лесн. журн. 2009. № 9. С. 115–120. (Изв. высш. учеб. заведений).
4. Проект «Лиственница». Сочетание периодической и непрерывной сульфатной варки как путь повышения конкурентоспособности интегрированного предприятия / Э.Л. Аким [и др.] // Целлюлоза. Бумага. Картон. 2011. № 9. С. 20–27.
5. Смолин А.С., Кулешов А.В., Ванчаков М.В. Вторичные волокнистые материалы из отходов производства и потребления картонно-бумажной продукции // Росс. хим. журн. 2011. Т.LV. № 1. С. 50–56.
6. Смолин А.С. Межволоконные связи и макроструктура бумаги и картона: автореф. дис. д-ра техн. наук СПб., 1999. 23 с.
7. Смолин А.С., Шабиев Р.О., Яркола П. Исследование дзета-потенциала и катионной потребности волокнистых полуфабрикатов // Химия растит. сырья. 2009. № 1. С. 177–189.
8. Смолин А.С., Шабиев Р.О. Комплексные исследования электроповерхностных явлений в гидросуспензиях растительных волокон // Лесн. журн. 2011. № 6. С. 124–133. (Изв. высш. учеб. заведений).
9. Schlosser H. Nano Disperse Cellulose und Nano Fibrillierte Cellulose – neue Produkte für die Herstellung und Veredelung von Papier und Karton // Wochenblatt für Papierfabrikation. 2008. № 6. S. 252–263.

Поступила 21.12.12

*A.S. Smolin*

Saint Petersburg State Technological University of Plant Polymers

**The Development of Paper and Cardboard Technology**

The article analyzes development trends of paper and cardboard technology; it shows prospects of using recycled fiber, effective chemicals and surface treatment of paper and cardboard.

*Key words:* recycled fiber, interfiber bonding, materials for corrugated cardboard, chemicals, surface treatment.

---

УДК 547.992.3

**А.П. Карманов**

Институт химии Коми научного центра Уральского отделения РАН

Карманов Анатолий Петрович родился в 1948 г., окончил в 1971 г. Куйбышевский политехнический институт, доктор химических наук, заведующий лабораторией физикохимии лигнина Института химии Коми НЦ УрО РАН. Имеет более 250 печатных работ в области физикохимии полимеров, химии лигнина, самоорганизации, фракталов, нелинейной динамики и электронной микроскопии.  
e-mail: apk0948@yandex.ru



## ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИГНИНА СВИЛЕВАТОЙ ДРЕВЕСИНЫ БЕРЕЗЫ\*

Методами скоростной седиментации, поступательной диффузии и вискозиметрии исследованы гидродинамические свойства разбавленных растворов лигнина березы *Betula pendula*. Определены скейлинговые параметры зависимостей типа Марка–Куна–Хаувинка и величины гидродинамических инвариантов. Рассмотрена взаимосвязь гидродинамических и конформационных свойств образцов лигнина.

*Ключевые слова:* лигнин, гидродинамические свойства, конформация, топологическая структура, скейлинг.

### *Введение*

Нарушения правильности структуры тканей и клеточных оболочек, понижающее качество и ограничивающие возможность применения древесины, называют пороками. В частности, на стволах деревьев иногда наблюдаются наросты (сувели и капы) – структурные аномалии, имеющие специфическую свилеватую структуру ксилемы. Указанные пороки, возникающие вследствие воздействия негативных экзогенных факторов, снижают качество древесины и уменьшают ее прочность на растяжение и изгиб. Следует отметить, что аномальность строения такой древесины отчетливее всего проявляется в морфологии клеточных оболочек и тканей. Во вторичной ксилеме сувелей и капов структурные изменения касаются пространственной организации растительных клеток и, как показано в работе [4, с. 223], изменяется ультраструктура лигнина во вторичной клеточной оболочке, которая приобретает явно выраженную пространственную периодичность. Поскольку для полимеров любой

---

\* Работа выполнена при финансовой поддержке программы фундаментальных исследований УрО РАН (код проекта 12-М-45–2012) и гранта РФФИ (код проекта 12-04-00445-а)

© Карманов А.П., 2013

природы между различными уровнями структурной организации существует «генетическая» взаимосвязь, то этот факт позволяет предположить, что лигнин аномальной древесины отличается от лигнина здоровой древесины и по химической, и по топологической структуре.

Цель работы – исследование конформационных свойств и топологической структуры лигнинов, входящих в состав вторичной ксилемы сувели березы *Betula pendula*.

#### Экспериментальная часть

Объект исследования – лигнин, выделенный из сувели на стволе дерева *Betula pendula*. Размер нароста составлял около 25 см в диаметре и находился на высоте около 2 м от поверхности земли. Измельченную древесную ткань сувели подвергали стандартной обработке для удаления экстрактивных веществ. Содержание лигнина (по методу Комарова) – 22,7 %. Препарат лигнина выделяли одним из общепринятых методов [9] обработкой растительного материала смесью диоксан–вода в присутствии хлористого водорода. Элементный состав выделенного препарата диоксанлигнина (ЛСД), %: С – 58,4±0,60; Н – 6,12±0,25; N – 0,075.

Фракционирование образца ЛСД проводили методом дробного осаждения в системе диоксан–бензол. Для исследования молекулярных свойств лигнина использовали методы скоростной седиментации, поступательной диффузии и вискозиметрии. Растворитель – диметилформамид (ДМФА), температура  $T = 298$  К, вязкость  $\eta_0 = 0,78 \cdot 10^{-2}$  П. Концентрация полимера при измерениях отвечала критерию  $c[\eta] < 1$  (здесь  $[\eta]$  – характеристическая вязкость). Фактор плавучести  $1 - \nu\rho$ , необходимый для вычисления гидродинамических характеристик, определяли пикнометрическим методом. Значение  $1 - \nu\rho = 0,3374$ . Коэффициенты скоростной седиментации и поступательной диффузии измеряли на аналитической ультрацентрифуге МОМ-3180 в двухсекторной полиамидной кювете с образованием искусственной границы. Вязкость растворителя и растворов измеряли капиллярным вискозиметром Оствальда при температуре 25 °С.

Характеристическую вязкость  $[\eta]$  фракций ЛСД определяли линейной экстраполяцией зависимостей приведенной вязкости  $\eta_{уд}/c$  к бесконечному разбавлению в рамках уравнения Хаггинса:

$$\eta_{уд}/c = [\eta]_c + k_x[\eta]_c^2 c + \dots,$$

где  $c$  – массовая концентрация;

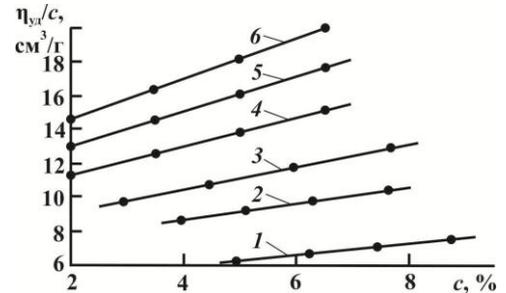
$$[\eta]_c = [\eta]\rho_0;$$

$\rho_0$  – плотность растворителя;

$k_x$  – коэффициент Хаггинса.

Как видно из рис. 1, в выбранном диапазоне концентраций полимера наблюдается четко выраженная прямолинейность зависимостей, что свидетельствует об отсутствии явлений полиэлектролитного разбухания макромолекул.

Рис. 1. Зависимость приведенной вязкости  $\eta_{уд}/c$  от массовой концентрации  $c$  фракций ЛСД в ДМФА (цифрами обозначены номера фракций, см. таблицу)



Явление теплового диффузионного движения молекул в растворах используется для оценки коэффициента поступательного трения макромолекул полимеров и определения размеров и формы, которую принимают молекулы в результате взаимодействий типа полимер–растворитель. Наличие набора охарактеризованных узких фракций полимера и определенные процедуры в рамках современной теории гидродинамики макромолекул позволяют установить их конформацию. Коэффициенты поступательной диффузии  $D$  определяли при частоте вращения ротора центрифуги  $5 \cdot 10^3 \text{ мин}^{-1}$ . В диффузионных измерениях с оптическим методом регистрации распределения макромолекул  $\partial c/\partial x$  по смещениям  $x$  в области границы раствор–растворитель определяется распределение  $\delta(x)$ -диффузионная кривая:

$$\delta(x) \sim \partial n/\partial x = (dn/dc)\partial c/\partial x,$$

где  $dn/dc$  – инкремент показателя преломления системы полимер–растворитель,  $dn/dc = \lim_{c \rightarrow 0} (n - n_0)/c$ ;

$n$  – показатель преломления раствора с концентрацией  $c$ ;

$n_0$  – показатель преломления растворителя.

Таким образом, коэффициент диффузии  $D$  может быть найден из построений по уравнению

$$(4\pi Dt)^{0,5} = S/H,$$

где  $S$  и  $H$  – площадь под контуром интерференционной полосы и ее максимальная ордината.

Наклон этой зависимости представляет собой искомое значения коэффициента диффузии. На рис. 2. приведена зависимость дисперсии диффузионной границы  $(S/H)^2$  от времени  $t$  для фракций исследуемых препаратов.

Рис. 2. Зависимость дисперсии диффузионной границы  $(S/H)^2$  от времени  $t$  фракций ЛСД в ДМФА

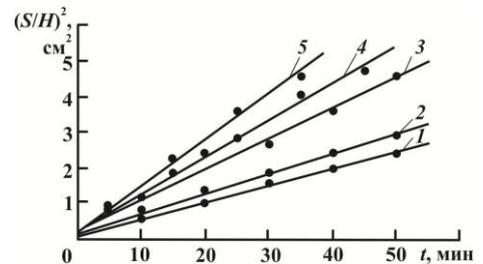
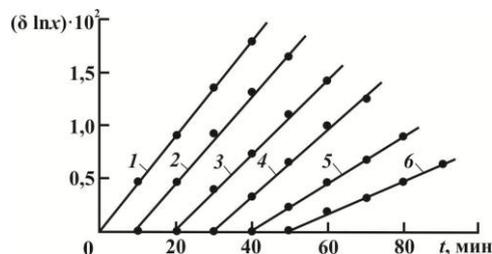


Рис. 3. Зависимость смещения седиментационной границы  $\Delta \ln x$  от времени седиментации  $t$  фракций ЛСД в ДМФА



Для оценки коэффициента скоростной седиментации использовали метод Сведберга:

$$S_0 = (\delta \ln x / \Delta t) \omega^{-2},$$

где  $x$  – координата максимума седиментограммы;

$\omega$  – частота вращения ротора центрифуги,  $\omega = 2\pi n$ .

На рис. 3 представлены зависимости  $\delta \ln x$  от  $t$  для высокомолекулярных фракций ЛСД. Прямолинейность полученных зависимостей позволяет рассчитать значения коэффициентов седиментации макромолекул.

#### Обсуждение результатов

Топологическая структура макромолекул лигнина, как и любого другого полимера, характеризует геометрию связей фрагментов макроструктуры. Методической основой современных подходов для установления топологии макромолекул является изучение транспортных характеристик, т.е. коэффициентов поступательной диффузии, скоростной седиментации и характеристической вязкости, в условиях, когда взаимодействиями типа полимер–полимер можно пренебречь [6]. В нашем случае для системы ЛСД–ДМФА выбрана такая область концентраций, где выполняется так называемый критерий Дебая ( $c[\eta] < 1$ ). В соответствии с положениями современных гидродинамических теорий полимерных растворов  $D$ ,  $S$  и  $[\eta]$ , представленные в таблице, были использованы нами для определения таких важных характеристик полимеров, как молекулярные массы  $M_{SD}$  и  $M_{D\eta}$ , молекулярно-массовое распределение, гидродинамические инварианты Цветкова–Кленина  $A_0$  или Флори–Манделькерн  $\Phi^{1/3} R^{-1}$ . Молекулярную массу ЛСД вычислили, используя следующие уравнения:

$$M_{SD} = S_0 RT / D_0 (1 - \bar{v} \rho_0);$$

$$M_{D\eta} = A_0^3 ([D]^3 [\eta]).$$

Гидродинамический инвариант Цветкова–Кленина определяли по уравнению [8]:

$$A_0 = \eta_0 D_0 (M_{SD} [\eta])^{1/3} / T.$$

По результатам фракционирования и вычисления молекулярных масс фракций средняя молекулярная масса ЛСД составляет  $M_w = 14,0 \cdot 10^3$ , среднечисловая –  $M_n = 8,6 \cdot 10^3$ , параметр неоднородности Шульца –  $(M_w/M_n - 1) = 0,6$ ;  $M_z = 19 \cdot 10^3$ .

Молекулярные характеристики лигнина ЛСД в ДМФА

№ фракции	$W_i \cdot 10^2$	$[\eta]$ , $\text{см}^3/\text{г}$	$D \cdot 10^7$ , $\text{см}^2/\text{с}$	$S \cdot 10^{13}$ , с	$M_{SD} \cdot 10^{-3}$	$M_{D\eta} \cdot 10^{-3}$	$A_0 \cdot 10^{10}$ , $\text{эрг} \cdot \text{К}^{-1} \times \times \text{МОЛЬ}^{-1/3}$	$k_x$
1	11,2	11,57	7,4	2,98	32,2	25,3	3,0	1,38
2	27,3	10,98	7,8	2,15	19,2	22,6	2,7	0,85
3	10,8	9,53	8,8	1,67	12,3	18,2	2,6	0,67
4	15,6	9,03	11,9	1,61	11,3	7,7	3,1	0,31
5	7,8	6,83	13,4	1,25	6,7	7,1	2,8	0,61
6	5,3	6,84	15,6	0,91	4,2	4,6	2,8	0,42
7	6,0	6,22	15,2	–	–	5,3	–	0,70
8	16,0	4,77	18,2	–	–	4,0	–	0,59
ЛСД*		8,99	10,0	–	–	12,9	–	0,91

\* Нефракционированный образец.

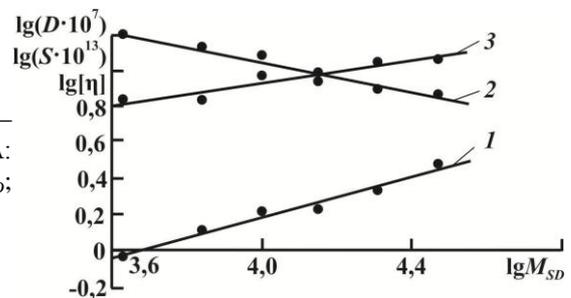
Как видно из полученных данных, молекулярные массы фракций ЛСД изменяются в пределах  $(4,0 \dots 32,2) \cdot 10^3$ . Характеристическая вязкость  $[\eta]$  растет с молекулярной массой, что отражает увеличение коэффициента вращательного трения макромолекул и, соответственно, гидродинамических радиусов макромолекул. Коэффициенты диффузии закономерно уменьшаются при увеличении молекулярной массы; минимальное значение  $D = 7,4 \cdot 10^{-7} \text{ см}^2/\text{с}$  для фракции, имеющей  $M_{SD} = 32,2 \cdot 10^3$ .

Конформация макромолекул полимера в растворе определяется путем установления корреляционных соотношений между молекулярной массой  $M$  и  $S$ ,  $D$  и  $[\eta]$ . Гидродинамические характеристики фракций ЛСД были проанализированы с помощью метода наименьших квадратов по уравнению Марка–Куна–Хаувинка:  $c_i = K_i M^{b_i}$  (где  $c_i \equiv [\eta]$ ,  $D$  или  $S$ ;  $b_i \equiv b_\eta$ ,  $b_D$  или  $b_S$ ).

На рис. 4 представлены зависимости  $\lg[\eta]$ ,  $\lg D$ ,  $\lg S$  от  $\lg M_{SD}$ , которые аппроксимируются прямыми, отвечающими следующим уравнениям Марка–Куна–Хаувинка:

$$\begin{aligned}
 [\eta] &= 5,0 \cdot 10^{-3} M^{0,31 \pm 0,04}, \\
 D &= 7,6 \cdot 10^{-5} M^{0,43 \pm 0,04}, \\
 S &= 7,7 \cdot 10^{-16} M^{0,57 \pm 0,05}.
 \end{aligned}$$

Рис. 4. Зависимости Марка–Куна–Хаувинка для системы ЛСД–ДМФА: 1 –  $\lg S - \lg M_{SD}$ ; 2 –  $\lg D - \lg M_{SD}$ ; 3 –  $\lg[\eta] - \lg M_{SD}$



Согласно фундаментальным основам физики полимеров, значения показателей степени в этих уравнениях отвечают разветвленным макромолекулам. Следует отметить практически идеальную выполнимость известного проверочного соотношения  $(1 - b_s) = |b_D| = 1/3(b_\eta + 1)$ , что указывает на отсутствие аномалий в гидродинамике исследуемого полимера. Поэтому можно констатировать следующее:

гидродинамическое поведение макромолекул ЛСД в вискозиметрических, диффузионных и седиментационных экспериментах идентично;

макромолекулы различной молекулярной массы имеют формы, которые с точки зрения геометрии принято называть подобными (выполняется принцип скейлинга);

гидродинамическое поведение макромолекул аналогично поведению разветвленных макромолекул, на что указывают гидродинамический инвариант Цветкова–Кленина и коэффициенты Хаггинса;

макромолекулы ЛСД в ДМФА принимают конформацию непротекаемого клубка, размеры которого отвечают хаотически разветвленной структуре, набухшей в хорошем растворителе.

Как показывает анализ гидродинамических характеристик, лигнин ЛСД, как и лигнины сосновой [1, 2] или лиственничной [5] древесины, характеризуется относительно высокими значениями коэффициентов поступательной диффузии и скоростной седиментации, что указывает на компактность макромолекул. О достаточно плотной конформации макромолекулы свидетельствуют и скейлинговые индексы Марка–Куна–Хаувинка, которые мало отличаются от значений, типичных для хвойных лигнинов. Например, для диоксанлигнина пихтовой древесины (система ДЛП–ДМФА) скейлинговый индекс  $b_\eta = 0,25 \dots 0,28$  [3]. Диффузионный показатель Марка–Куна–Хаувинка для этой системы  $|b_D| = 0,36$ , что значительно ниже «критического» значения (для линейных и звездообразных полимеров  $|b_D| \geq 0,5$ ). Параметр Цветкова–Кленина важнейшая характеристика гидродинамических свойств высокомолекулярных соединений. Для синтетических гибкоцепных линейных полимеров, как и для злаковых лигнинов с линейной структурой,  $A_0 = 3,2 \cdot 10^{10} \text{ эрг} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1/3}$  [8]. Для хаотически разветвленных полимеров параметр Цветкова–Кленина заметно ниже, в частности для лигнина пихты  $A_0 \sim 2,2 \cdot 10^{10} \text{ эрг} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1/3}$ . Предположение о разветвленности макромолекул ЛСД подтверждается значениями инварианта Цветкова–Кленина, которые в среднем составляют  $2,8 \cdot 10^{10} \text{ эрг} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1/3}$ . При этом характеристическая вязкость фракций ЛСД заметно выше, чем у лигнинов хвойных пород. В частности, при равных значениях молекулярной массы вязкости  $[\eta]$  лигнинов пихты ДЛП и исследуемого лигнина ЛСД отличаются в 1,8 раза: для фракции № 2 ЛСД ( $M_{SD} = 19,2 \cdot 10^3$ ) –  $[\eta] = 11 \text{ см}^3/\text{г}$ ; для фракции № 2 ДЛП ( $M_{SD} = 19,7 \cdot 10^3$ ) –  $[\eta] = 6,1 \text{ см}^3/\text{г}$ . Таким образом, возникает вопрос, достаточно ли полученных экспериментальных данных для вывода о том, что лигнин, выделенный из вторичной ксилемы сувели березы, относится к типичным хаотически раз-

ветвленным полимерам типа лигнинов хвойных пород древесины? Этому выводу противоречит, как было показано выше, весьма высокая (для хаотической структуры) характеристическая вязкость.

Ранее [7] было проведено исследование гидродинамических свойств лигнина, выделенного из нормальной стволовой древесины березы *Betula pendula*. Полученные данные позволили сделать вывод о том, что макромолекулы березового лигнина представляют собой тетрафункциональные звездообразные структуры, гидродинамические и конформационные свойства которых определяются линейной топологией ветвей. Следует отметить, что лигнин вторичной ксилемы из вида *Betula nana* практически не отличается по конформационным свойствам и топологической структуре от лигнина березы *Betula pendula*.

Обнаруженный для исследуемого препарата комплекс физико-химических свойств однозначно указывает на то, что топология его макромолекул не отвечает ни структуре сетчатого микрогеля, ни линейной структуре, ни гребнеобразной, ни лестничной, ни звездообразной. По-видимому, есть основания предполагать, что лигнин, выделенный из сувели березового дерева, относится к полимерам разветвленного типа, однако, в отличие от типичных гваяцильных лигнинов, он характеризуется меньшим числом узлов разветвлений. Справедливость этого вывода может быть подтверждена дополнительными экспериментами с лигнинами из других образцов свилеватой древесины и оценкой степени их разветвленности.

Таким образом, в результате изучения поведения макромолекул, лигнина, выделенного из стволового нароста на *Betula pendula*, в разбавленных растворах ДМФА методами молекулярной гидродинамики получены коэффициенты поступательной диффузии, скоростной седиментации и характеристической вязкости для ряда фракций образца. Установлена взаимосвязь между молекулярными массами фракций и гидродинамическими параметрами, определены скейлинговые индексы, конформационные параметры, проведен анализ топологических критериев. Получены доказательства, что топологическая структура лигнина, выделенного из стволового нароста на *Betula pendula*, отличается от структуры лигнина нормальной древесины. Можно предположить, что лигнин свилеватой древесины относится к хаотически разветвленным полимерам в отличие от лигнина нормальной древесины, который принадлежит к универсальному классу звездообразных структур.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРА

1. Исследование физико-химических свойств лигнинов из древесины сосны и акации / А.П. Карманов, Л.С. Кочева, К.Г. Боголицын, Д.В. Кузьмин // Лесн. журн. 2003. № 5. С. 93–102. (Изв. высш. учеб. заведений).
2. Карманов А. П., Беляев В.Ю. Исследование топологической структуры лигнина // Лесн. журн. 1999. № 6. С. 85–92. (Изв. высш. учеб. заведений).

3. Лигнин ксилемы пихты *Abies sibirica*. Исследование структуры макромолекул методами молекулярной гидродинамики / А.П. Карманов [и др.] // Лесн. журн. 2013. № 1. С. 137–145. (Изв. высш. учеб. заведений).

4. Карманов, А.П. Самоорганизация и структурная организация лигнина. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 269 с.

5. Свойства растворов и конформационные характеристики макромолекул диоксанлигнинов / А.П. Карманов [и др.] // Лесн. журн. 2007. № 4. С.112–120. (Изв. высш. учеб. заведений).

6. Твердохлебова И.И. Конформация макромолекул. М.: Химия, 1981. 284 с.

7. Топологическая структура природного лигнина березы [Текст] / А.П. Карманов [и др.] // Высокомолекул. соед. 2002. Т. 44 (А), № 2. С. 233–238.

8. Цветков, В.Н. Лавренко П.Н., Бушин С.В. Гидродинамический инвариант полимерных молекул // Успехи химии. 1982. Т. 51, № 10. С. 1698–1732.

9. Pepper, J.M., Baylis P.E., Adler E. The isolation and properties of lignin obtained by the acidolysis of spruce and aspen woods in dioxane-water // Canad. J. Chem. 1959. Vol. 37, N 8. P. 1241.

Поступила 21.12.12

**A.P. Karmanov**

Institute of Biology, Komi Scientific Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

### **The Study of Lignin of Cross-Grained Birch Wood**

By means of sedimentation velocity, translational diffusion and viscometry, the hydrodynamic properties of dilute solutions of *Betula verrucosa* lignin were studied. Scaling characteristics of Mark-Kuhn-Houwink relationships as well as hydrodynamic invariants were determined. Interrelation between hydrodynamic and conformational properties of lignin samples was considered.

*Key words:* lignin, hydrodynamic properties, conformation, topological structure, scaling.

---

УДК 676.017

**Я.В. Казаков**

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

Казаков Яков Владимирович родился в 1966 г., окончил в 1990 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, заведующий кафедрой технологии целлюлозно-бумажного производства Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, член международного научного общества EUROMECH. Имеет более 160 научных трудов в области деформативности и прочности целлюлозно-бумажных материалов.  
E-mail: j.kazakov@narfu.ru



### **КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА НЕОДНОРОДНОСТИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ БУМАГИ ПРИ ОДНООСНОМ РАСТЯЖЕНИИ С ПОСТОЯННОЙ СКОРОСТЬЮ**

Представлена методика оценки локальных деформаций при одноосном растяжении с постоянной скоростью листовых целлюлозно-бумажных материалов. Установлено наличие в неоднородной структуре целлюлозного волокнистого материала неоднородности продольных и поперечных локальных деформаций при растяжении, дана их количественная и статистическая оценка. Предложен способ визуального представления поля локальных деформаций. Экспериментально подтверждено, что образец разрывается в области с максимальной неоднородностью локальных деформаций.

*Ключевые слова:* неоднородность бумаги, деформирование, локальные деформации, растяжение.

Все виды бумаги и картона, в той или иной степени, обладают структурной неоднородностью [2, 6, 7]. Благодаря природе волокнистых полуфабрикатов и существующей технологии изготовления бумаги и картона, получить идеальный изотропный материал в настоящее время не удастся.

Структура реального листового целлюлозно-бумажного материала определяется особенностями строения, свойств и взаимосвязи структурных элементов: волокон различных размеров, природы и степени разработки, наполнителей, проклеивающих и других вспомогательных веществ [7]. Все эти факторы, включая склонность волокон к хлопьеобразованию, приводят к тому, что в реальном бумажном листе обязательно имеет место структурная неоднородность, т. е. неравномерность распределения массы по площади листа. Визуально этот эффект оценивается по облачности просвета листа бумаги [6, 7], для количественной оценки применяют анализаторы формования [2].

В настоящее время при описании механического поведения бумаги под воздействием различного вида нагрузок (растягивающих, сжимающих, изгибающих) широко используют ряд теорий [1], основывающихся на допущении однородного поля деформаций во всем образце бумаги. В действительности

имеют место существенные изменения по величине местной деформации в листе бумаги под нагрузкой (при приложении внешней нагрузки к образцу целлюлозно-бумажного материала). Связанные межволоконными связями области и свободные от связей сегменты волокон имеют различную жесткость, флоккулы и промоины в образце усиливают эффект неоднородности, что приводит к возникновению концентраций напряжений.

Экспериментальные наблюдения свидетельствуют, что при приложении к образцу внешней нагрузки, в нем возникает неоднородность полей деформаций и напряжений, приводящая к возникновению концентраций напряжений, что выражается как в локальности зоны разрушения, так и в сильной вариации значений разрушающих характеристик. Учет макроструктурной неоднородности, обусловленной строением агрегированных вторичных элементов пространственной структуры бумаги и распределением волокон в бумажном листе, а также количественная оценка неоднородности напряжений и деформаций позволяют более надежно прогнозировать поведение целлюлозно-бумажного материала в процессе его эксплуатации.

В материаловедении существуют методики анализа распределения локальных деформаций в образце, которые широко применяются для прогнозирования механического поведения металлов, полимеров и композитов. Результаты, получаемые в этих экспериментах, служат исходными данными для расчетов с использованием метода конечных элементов (МКЭ) [5], который позволяет получить информацию о поле напряжений во всех точках образца и прогнозировать дальнейшее развитие деформаций. Однако в отечественной практике для целлюлозно-бумажных материалов данная методика практически не применяется.

Нами проведена адаптация используемых в материаловедении методик для измерения локальных деформаций в структуре листа бумаги при испытании на растяжение и оценки неоднородности полей локальных деформаций и напряжений в образце [4, 8]. Суть методики состоит в следующем.

Образец с нанесенной струйным принтером сеткой точек, расположенных по углам квадратов (длина стороны 4 мм), крепится в зажимах вертикальной разрывной машины. Напротив, на штативе, устанавливается цифровой фотоаппарат, который производит снимки (разрешение 12 мегапикселей) исходного образца и далее через каждую секунду в процессе его растяжения с постоянной скоростью до разрушения. При обработке полученных кадров с помощью специально разработанной программы по первому снимку определяется шаг сетки в пикселах (рис. 1), затем производится наложение получившихся снимков и вычисляются смещения узлов сетки в пикселах (рис. 2).

С учетом разрешения снимка рассчитываются смещения точек в миллиметрах. Одновременно в процессе испытания регистрируются кривые зависимости «напряжение–деформация», по которым можно точно установить общую деформацию и среднее напряжение в образце в момент снимка.

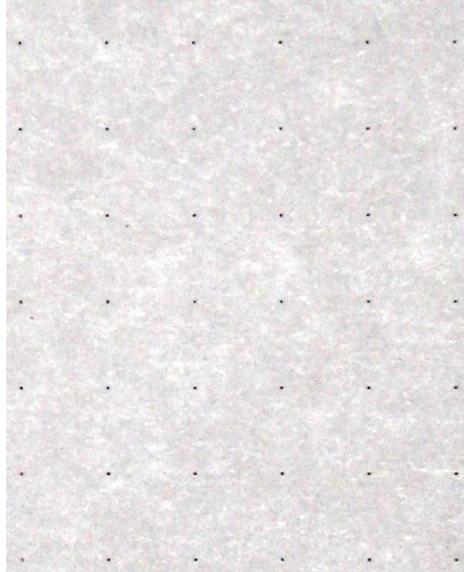


Рис. 1. Фрагмент цифрового снимка сетки точек образца бумаги перед испытанием

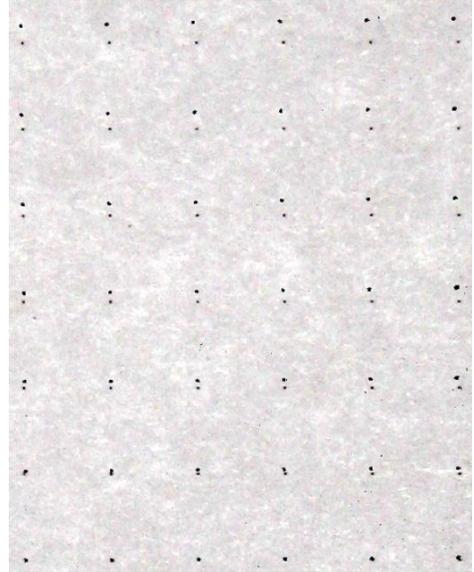


Рис. 2. Снимок образца с общей деформацией 4 мм, наложенный на снимок исходного образца

Полученные смещения точек ( $u_x$  – вдоль продольной оси образца,  $v_y$  – перпендикулярно продольной оси) соответствуют локальным деформациям  $\epsilon_x$  и  $\epsilon_y$ , развивающимся в образце, и служат исходными данными для расчетов по методу конечных элементов.

Результаты определения неоднородности поля деформаций представляются в виде графиков распределения локальных деформаций в образце при растяжении. На рис. 3 приведены данные для композиции из лиственной

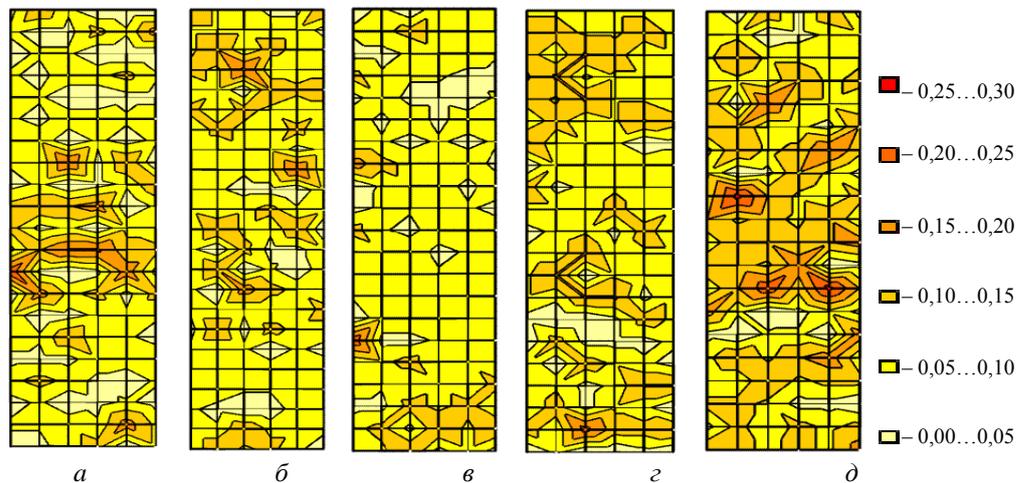
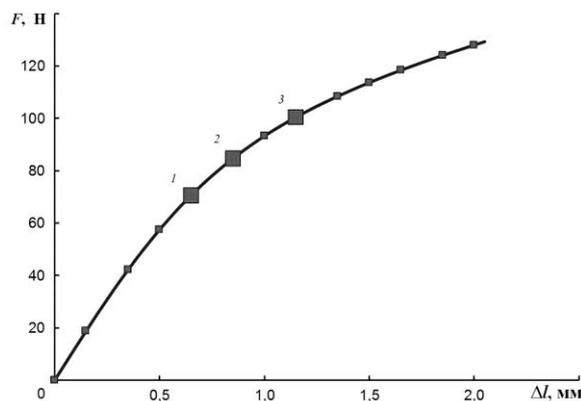


Рис. 3. Распределение продольных локальных деформаций  $\epsilon_x$  в образцах с различной степенью помола, °ШР: а – 18; б – 20; в – 25; г – 30; д – 40

Рис. 4. Экспериментальная кривая деформирования образца при растяжении (■ – точки, где делались снимки): 1–3 – точки, принятые для обработки



(60 %) и хвойной целлюлоза (40 %) с различной степенью помола после растяжения образца до общей деформации 1 мм. Более темные области диаграмм соответствуют более сильным деформациям. Отметим, что поперечные деформации  $\epsilon_y$  в образце бумаги являются деформациями сжатия, поэтому полученные значения являются отрицательными. Полученные результаты свидетельствуют о наличии неоднородного поля деформаций как вдоль линии нагружения, так и поперек.

Анализ развития неоднородности полей деформаций при растяжении выполнен на образцах, имеющих следующую композицию: 40 % лиственной и 60 % хвойной целлюлозы. Использовали три точки при растяжении одного образца примерно до 0,65; 0,90 и 1,25 мм (рис. 4): т. 1 находится в области замедленной упругости, т. 2 – в области начала развития пластических деформаций в образце, т. 3 – в начале зоны предразрушения материала [3]. Для количественной оценки обнаруженной неоднородности проведена статистическая обработка локальных деформаций. Результаты представлены в таблице. За характеристику неоднородности локальных деформаций принято среднеквадратическое отклонение величины локальных деформаций в направлении приложения нагрузки  $\sigma_{\epsilon_x}$ .

Представленные в таблице данные свидетельствуют, что при растяжении образца увеличиваются не только общая и локальная продольные деформации, но и их неоднородность, т. е. развитие деформаций усиливается в местах, где образуются локальные растяжения структуры. Экспериментально подтверждено, что наибольшие локальные деформации наблюдаются именно в том месте, где в последующем образец рвется (рис. 5).

Необходимо отметить, что деформации в продольном направлении  $\epsilon_x$  по абсолютной величине больше, чем в поперечном  $\epsilon_y$ , и их рост при растяжении образца более выражен. При этом характеристики неоднородности поперечных деформаций остаются на одном уровне.

## Характеристика неоднородности полей деформаций в образце при растяжении

Степень помола, °ШР	Нагрузка на образец		Общее удлинение, мм		Средняя локальная деформация		Неоднородность деформации $\sigma_{\epsilon_x}$
	$F$ , Н	$\sigma$ , МПа	$\epsilon_y^o$	$\epsilon_x^o$	$\epsilon_y^l$	$\epsilon_x^l$	
18	51,8	18,2	-0,0163	0,639	-0,0054	0,0356	0,03416
	66,7	21,5	-0,0227	0,873	-0,0076	0,0468	0,03380
	79,5	26,5	-0,0580	1,280	-0,0193	0,0659	0,03917
20	64,7	22,7	-0,0518	0,640	-0,0164	0,0313	0,02485
	79,5	27,9	-0,0656	0,900	-0,0206	0,0448	0,02728
	99,0	34,7	-0,1137	1,393	-0,0366	0,0652	0,03375
25	83,4	31,4	-0,0683	0,784	-0,0228	0,0421	0,03207
	89,4	35,0	-0,0716	0,958	-0,0239	0,0547	0,03546
	101,2	39,9	-0,1004	1,190	-0,0335	0,0586	0,03162
30	60,2	23,1	-0,0399	0,488	-0,0133	0,0289	0,02530
	78,9	30,3	-0,0413	0,672	-0,0138	0,0346	0,03298
	113,3	43,6	-0,1212	1,251	-0,0404	0,0638	0,03264
40	73,6	31,6	-0,0145	0,523	-0,0048	0,0311	0,02764
	89,2	38,4	-0,0370	0,668	-0,0123	0,0386	0,02795
	98,4	42,3	-0,0410	0,784	-0,0137	0,0452	0,03115

Влияние степени помола в данном случае проявляется в нескольких аспектах. С одной стороны, при увеличении степени помола возрастает жесткость материала, и при той же общей деформации у размолотых образцов напряжения в структуре выше, что сказывается на общей величине и неоднородности деформаций, с другой стороны, размол приводит к снижению неоднородности структуры материала. Поэтому не наблюдается линейной зависимости неоднородности локальной деформации от степени помола.

Полученные в эксперименте данные будут использованы для расчетов полей напряжений в образце по методу конечных элементов. Для этого необходимо знать упругие константы материала – модуль Юнга (модуль упругости)  $E$  и коэффициент Пуассона  $\nu$ . Интегральный начальный модуль упругости материала определяют математической обработкой кривых «напряже-

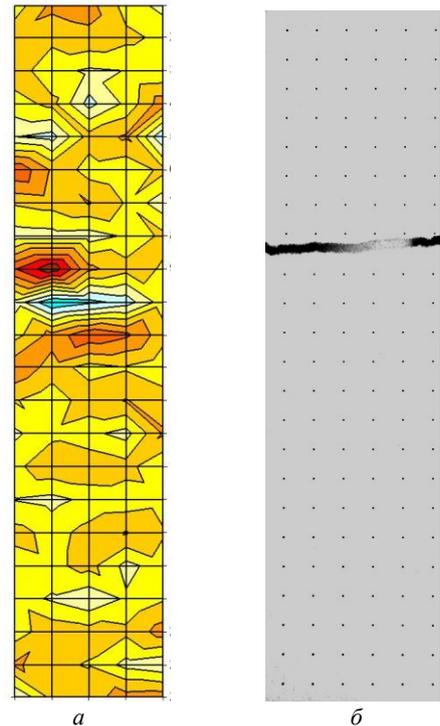


Рис. 5. Сопоставление распределения продольных локальных деформаций в образце (общее удлинение 1,2 мм) с линией разрыва: *a* – распределение деформаций,

*б* – образец с линией разрыва

ние–деформация» [1, 3], в задачах теории упругости его принимают величиной постоянной. При выходе общей деформации за пределы зоны упругости для расчетов используют текущий модуль упругости  $E_t$ . Сведения о коэффициенте Пуассона для целлюлозно-бумажных материалов достаточно противоречивы [1], поэтому для более точного определения  $\nu$ , особенно вне пределов зоны упругости, предложена методика, основанная на принципе определения локальных деформаций.

Таким образом, в результате проведенных исследований предложена и экспериментально апробирована методика оценки локальных деформаций при растяжении листовых целлюлозно-бумажных материалов. Экспериментально установлено наличие в неоднородной структуре целлюлозного волокнистого материала неоднородностей продольных и поперечных локальных деформаций при растяжении, дана их количественная и статистическая оценка. Экспериментально подтверждено, что образец разрывается в области с максимальной неоднородностью локальных деформаций.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Комаров В.И.* Деформация и разрушение волокнистых целлюлозно-бумажных материалов. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2002. 440 с.
2. *Казаков Я.В., Зеленова С.В., Комаров В.И.* Влияние неоднородности структуры на характеристики жесткости картонов-лайнеров // Лесн. журн. 2007. № 3. С.110–121. (Изв. высш. учеб. заведений).
3. *Казаков Я.В., Комаров В.И.* Математическая обработка кривых зависимости «напряжение-деформация», полученных при испытании целлюлозно-бумажных материалов на растяжение // Лесн. журн. 1995. № 1. С.109–114. (Изв. высш. учеб. заведений).
4. *Казаков Я.В., Суханов А.В., Комаров В.И.* Анализ перераспределения локальных деформаций в структуре бумаги в процессе растяжения // Целлюлоза. Бумага. Картон. Спец. науч. вып. Ноябрь. 2006. С. 51–53.
5. *Рикардс Р.Б.* Метод конечных элементов в теории оболочек и пластин. Рига: Зинатне, 1988. 284 с.
6. *Смолин А.С., Аксельрод Г.З.* Технология формования бумаги и картона. М.: Лесн. пром-сть, 1984. 120 с.
7. *Фляте Д.М.* Свойства бумаги. Изд. 4-е, испр. и доп. СПб.: НПО «Мир и семья-95»; ООО «Интерлайн», 1999. 384 с.
8. *Kazakov Ya., Komarov V., Suhanov A.* Analysis of local deformations and stresses in structure of handmade sheets with different furnish under tensile loading // Progress in paper physics seminar / Proceedings. Helsinki University of Technology, TKK, Dipoli, Otaniemi, Espoo, Finland, 2–5 June 2008. P. 201–205.

Поступила 25.01.13

*Y. V. Kazakov*

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

**Quantitative Estimation of Deformation Heterogeneity in a Paper at Uniaxial Stretching at Constant Rate of Speed**

The technique of an estimation of local deformation under uniaxial tension at a constant rate applied to sheet pulp and paper materials is presented. Experimentally established that in inhomogeneous structure of cellulose fiber material the presence of heterogeneity of the longitudinal and transverse tensile local deformations and their quantitative and statistical evaluation is given. Provides a method for visual representation of the field local deformations. Experimentally confirmed that the sample breaks in the region of the maximum heterogeneity of local deformations.

*Key words:* kraft pulp, paper drying, viscoelasticity, strength, deformation behavior, interfiber bonds, fiber strength.

---



КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 674.047

**Л.Л. Кротова**

Сибирский государственный технологический университет

Кротова Людмила Леонидовна окончила в 1972 г. Сибирский технологический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии композиционных материалов и древесиноведения СибГТУ. Имеет более 45 научных статей в области проблем сушки пиломатериалов, энерго- и ресурсосберегающих технологий.  
E-mail: bikkl@mail.ru



**О РАЗВИТИИ ТЕХНОЛОГИИ СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ  
В СИБИРСКОМ РЕГИОНЕ**

Приведен обзор развития научных исследований в области технологии сушки древесины различных пород в Красноярском крае, направления исследований кафедры теплотехники СибГТУ и сектора инновационных технологий Специального конструкторского технологического бюро «Наука» Красноярского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук (СКТБ «Наука» КНЦ СО РАН).

*Ключевые слова:* сушка древесины, режимы, лиственница, НИОКР, микротомография.

Проблемы сушки пиломатериалов существовали, существуют и будут существовать до тех пор, пока будет потребность в сухих пиломатериалах для строительства и обустройства зданий экологически чистым природным материалом – древесиной.

В наибольшей степени с проблемами сушки древесины сталкиваются лесодостаточные районы, имеющие значительные производственные и лесосушильные мощности. Красноярский край относится к территориям со значительными лесопокрытыми площадями и с мощными лесопильно-деревобработывающими комплексами, лесозэкспортными узлами, которые поставляют не только товарные пиломатериалы, клееные деревянные конструкции, но и обширный перечень изделий из древесины. Качество поставляемой на рынок продукции из древесины в значительной степени определяется квалифицированной сушкой древесины различных пород.

В 60-х гг. прошлого столетия в Сибирском технологическом институте начали проводить серьезные научные исследования в области сушки пиломатериалов. Одной из самых сложных, с точки зрения прогнозируемости качества сушки, является древесина лиственницы. Первая диссертация по этой

таматике была защищена Л.Н. Кротовым в 1957 г. Одновременно Леонид Николаевич возглавил научное направление по исследованию процессов камерной сушки пиломатериалов из древесины лиственницы. Была создана специализированная лаборатория, которая стала отраслевым центром исследований процессов сушки пиломатериалов в Сибирском регионе.

Сформировалась научная школа. Наиболее плодотворными были 70...90 гг. В это время на основе проводимых исследований защищено семь кандидатских диссертаций, получены авторские свидетельства, опубликовано множество научных статей, выполнены научные работы по заказу предприятий края и координационному плану Министерства лесной отрасли.

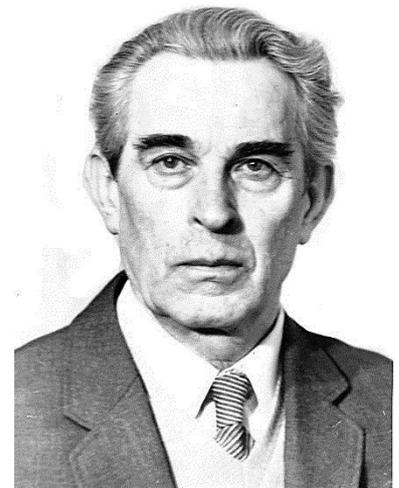
Представляет интерес научно-производственный опыт сушки лиственничных брусков для олимпийского велотрека в Крылатском по режимам, разработанным отраслевой лабораторией сушки Сибирского лесотехнического института. Внедрение новой структуры режимов сушки лиственничных пиломатериалов позволило на 15...20 % снизить продолжительность сушки без потери качества высушиваемой древесины.

Наиболее талантливые ученики Л.Н. Кротова, С.В. Мансуров и Н.В. Дзыга, продолжили научные исследования в этом направлении. В настоящее время тематика исследований связана с совершенствованием режимов сушки пиломатериалов из древесины лиственницы и др. сибирских пород.

Развивающаяся лесная отрасль Красноярского края ставит перед учеными задачи в области разработки и совершенствования оборудования для сушки пиломатериалов и технологии и организации производственного процесса сушки пиломатериалов.

В СКТБ «Наука» КНЦ СО РАН организован сектор инновационных технологий (руководитель Л.Л. Кротова). Инновационные направления – разработка проектов новых сушильных камер; исследование технологических вопросов сушки пиломатериалов, отработка и корректировка режимов сушки пиломатериалов для условий конкретных предприятий.

Начиная с 2000 г., предприятиями края приобретены лесосушильные камеры различных производителей, в основном зарубежных. Режимы сушки древесины, которые предлагают изготовители, далеко не всегда отвечают требованиям эксплуатирующей стороны и по продолжительности процессов, и по качеству высушиваемых пиломатериалов. Не учитываются специфические особенности древесины, произрастающей в Сибири. Безусловно, предлагаемые режимы требуют корректировки и адаптации конструкций камер, осо-



Л.Н. Кротов

бенно китайского производства, к условиям промышленной эксплуатации. Возникающие проблемы решаются на основе научно-исследовательского и практического опыта центра и кафедр университета.

Наряду с прикладными, проводятся глубокие фундаментальные исследования с использованием современных достижений томографии. Микротомографические методики позволяют без разрушения древесных образцов увидеть на вертикальных и горизонтальных снимках распределение молекул воды в древесине разной влажности, а также фронт перемещения влаги в условиях процесса влаго- и водопоглощения. Результаты исследований ученых опубликованы и доложены на международных научно-технических конференциях\*. Разработанная методика микротомографических исследований адаптирована к изучению процессов накопления и перемещения влаги в древесине основных пород с различными начальными и текущими условиями.

Поступила 03.12.12

*L.L. Krotova*

Siberian State Technological University

#### **Development of Sawn Timber Drying in Siberia**

The article provides an overview of the development of scientific research on drying of different wood species in the Krasnoyarsk Krai. In addition, it accounts for research areas of the Heat Engineering Department, Siberian State Technological University, as well as of innovative technologies sector of the Special Technology and Design Bureau "Science" (Krasnoyarsk Scientific Centre, Siberian Branch RAS).

*Key words:* wood drying, modes, larch, research and development, microtomography.

---

---

\* Кротова Л.Л., Лызенко А.В., Буданов В.Ю. Микротомографические методики при исследовании процессов влагопереноса в древесине //Актуальные проблемы современной науки. Естественные науки: тр. 10-й Междунар. конф., 16–18 нояб. 2009 г. Секция «Архитектура и строительство». Самара: Самарский гос. обл. ун-т, 2009. С. 31–33.

## **Лесопромышленный форум Сибири пройдет в Красноярске**

**10–13 сентября в Красноярске (ул. Авиаторов, 19, МВДЦ «Сибирь») пройдет XV международная выставка ЭКСПОДРЕВ. Ключевым событием конгрессной части станет Лесопромышленный форум Сибири.**

Проведение мероприятия такого формата на территории Красноярска в полной мере оправдано: край по праву считается одним из самых перспективных лесных регионов России. На сегодняшний день для отрасли первостепенными являются вопросы **модернизации лесного комплекса**. Также уделяется особое внимание повышению эффективности **борьбы с лесными пожарами**, мерам по **лесовосстановлению** и рациональному использованию лесного потенциала.

Все эти темы будут активно обсуждаться в рамках форума. Откроет серию форумных мероприятий **пленарное заседание «Лесные ресурсы: использование, сохранение, мотивация»**. Ожидается, что в нем примут участие губернатор Красноярского края **Лев Кузнецов**, замминистра природных ресурсов и экологии РФ **Владимир Лебедев**, министр природных ресурсов и лесного комплекса края **Елена Вавилова**, замруководителя Рослесхоза **Николай Кротов**, руководитель агентства лесной отрасли края **Михаил Малькевич** и др. Участники форума коснутся вопросов управления лесами, интенсификации ведения лесного хозяйства, аренды лесов, возможностей лесопромышленников в условиях ВТО, партнерства российских и зарубежных компаний и т. д. Опытом лесовосстановления поделится представитель **Еврейского национального фонда «Керен Каемет Ле-Израэль»**.

Также программа Лесопромышленного форума Сибири включит серию специализированных дискуссий и семинаров на темы, касающиеся **современных технологий деревообработки, биоэнергетики, лесозаготовки**.

**Напомним, Лесопромышленный форум состоится в рамках выставки «ЭКСПОДРЕВ», которая пройдет 10–13 сентября в выставочном центре «Сибирь» (г. Красноярск, ул. Авиаторов, 19).**

**Оргкомитет форума:** Правительство Красноярского края, Администрация г. Красноярска, Агентство лесной отрасли Красноярского края, ФГУ «Рослесзащита» Центр защиты леса Красноярского края, Союз лесопромышленников Красноярского края, Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Сибирский государственный технологический университет, ВК «Красноярская ярмарка».