

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

5/335

По материалам
Международной научной конференции,
посвященной 180-летию «Лесного журнала»

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. Мясичев**; 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» № 5/335

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 25.06.2013. Подписан в печать 27.09.2013. Заказ № 1718

Форм. бум. 70×108 1/16. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 17,250.

Уч.-изд. л. 14,196. 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>Д.В. Трубин.</i> История формирования научного наследия «Лесного журнала» и его роль в развитии лесного комплекса.....	7
<i>Е.Н. Наквасина.</i> «Лесному журналу» – 180 лет (к юбилею «Лесного журнала»)..	14
<i>О.Н. Болгова.</i> Материалы о состоянии лесного дела в Архангельской губернии на страницах «Лесного журнала» (1833–1918 гг.).....	21
<i>Е.А. Памфилов.</i> К выходу в свет указателя статей ИВУЗ «Лесной журнал» за 1958–2012 гг.	29
ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО	
<i>В.А. Усольцев, Н.В. Хабибуллина, Г.Г. Терехов.</i> Структура и география распределения фитомассы кедровых сосен в Азии.....	32
<i>Н.В. Беляева, А.В. Грязькин, М. Гуталь, П.М. Калинин.</i> Влияние технологии несплошных рубок и состава материнского древостоя на успешность возобновления ели.....	39
<i>С.В. Третьяков, А.А. Горбунов, П.А. Феклистов.</i> Ход роста смешанных модальных среднетаежных насаждений с преобладанием осины в Архангельской области.....	47
<i>М.Д. Мерзленко, М.И. Захарова.</i> Итог опыта М.К. Турского по выращиванию культур сосны из разного лесокультурного материала.....	54
<i>Н.А. Дружинин, Ф.Н. Дружинин.</i> Классификация и особенности сплошных и выборочных форм рубок.....	59
<i>Б.А. Мочалов, С.В. Бобушкина.</i> Влияние вида кассет на размеры сеянцев сосны с закрытыми корнями и их рост в культурах на Севере.....	65
<i>А.Б. Егоров, А.А. Бубнов.</i> Система гербицидов для ухода за посевами хвойных пород в лесных питомниках.....	71
<i>Н.А. Демидова, Т.М. Дуркина.</i> Особенности роста и развития тополей в условиях интродукции на Европейском Севере России.....	78
<i>Б.В. Раевский.</i> Современное состояние и перспективы развития единого генетико-селекционного комплекса Карелии.....	88
<i>А.И. Соколов, А.Н. Пеккоев, В.А. Харитонов, Т.И. Кривенко.</i> Ускоренное выращивание культур ели в среднетаежной подзоне Карелии.....	96
<i>В.А. Ананьев, С.А. Мошников.</i> Лесоводственно-экологическая оценка выборочных и постепенных рубок в защитных лесах Северного Приладожья.....	106
<i>И.Н. Кутявин.</i> Возрастная динамика роста сосны в условиях Северного Приуралья.....	115
<i>Д.Г. Хинчук, К.Е. Хинчук.</i> Обоснование параметров лесной сеялки, оснащенной сферическим сошником, при посеве ели в условиях дренированных вырубок	124
ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ	
<i>Е.А. Памфилов, Г.А. Пилюшина.</i> Возможности и перспективные пути повышения работоспособности машин и оборудования лесного комплекса.....	129

<i>А.Н. Минаев, А.И. Никифорова, А.А. Пельмский, Д.С. Киселев, В.А. Андронов, В.Н. Язов.</i> Математическая модель процесса образования колеи под воздействием колесных лесных машин.....	142
<i>В.М. Дербин, М.В. Дербин.</i> Концептуальная модель сертификации лесопромышленного предприятия.....	150
<i>В.Н. Иващенко.</i> Структура ресурсов, затрачиваемых на выполнение лесохозяйственных технологических процессов.....	156
МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ	
<i>В.П. Рябчук, Т.В. Юскевич, В.М. Гриб.</i> Физические свойства древесины видов рода сосна.....	160
<i>А.А. Фомин.</i> Методология построения процесса механической обработки периферийных сегментов.....	170
ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ	
<i>С.А. Покрышкин, К.Г. Боголицын, Ю.Г. Хабаров.</i> Окисление лигнина пероксидом водорода в среде вода–ДМСО в присутствии пероксидазы хрена.....	177
<i>Я.В. Казаков, Т.В. Воробьева, Р.Г. Хромцова.</i> Формирование характеристик вязкоупругости целлюлозно-бумажных материалов в процессе сушки.....	184
<i>Е.Н. Коптелова, Л.Н. Кузнецова, Н.А. Кутакова, С.И. Третьяков.</i> Интенсификация процесса выделения бетулина из бересты с использованием СВЧ-поля.....	193
КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ	
<i>П. Сигурдссон.</i> Кривизна стволов лиственницы в лесных насаждениях Исландии.....	202
<i>О.О. Ференц, Р.Я. Киндрат, П.Н. Рыбицкий.</i> Теоретические подходы к определению эколого-экономической эффективности комплексной переработки древесины.....	208
<i>А.А. Смирнов.</i> Интродукция и натурализация хвойных на Сахалине.....	213
<i>П.В. Билей, П.П. Билей, А.М. Комбаров.</i> Исследования физических свойств древесины явора.....	218



CONTENTS

<i>D.V. Trubin.</i> The History of Formation of the Scientific Heritage of “Forest Journal” and its Role in the Development of the Forest Sector.....	7
<i>E.N. Nakvasina.</i> 180th Anniversary of the Forest Journal.....	14
<i>O.N. Bolgova.</i> On the State of Forestry in the Arkhangelsk Region in the Pages of «Forest Journal» (1833–1918).....	21
<i>E.A. Pamfilov.</i> To the Release of the Index of Articles Published in Forest Journal in 1958–2012.....	29
FORESTRY	
<i>V.A. Usoltsev, N.V. Habibullina, G.G. Terekhov.</i> Structure and Geography of Cedar Pine Phytomass Distribution in Asia.....	32
<i>N.V. Belyaeva, A.V. Gryazkin, M. Gutal, P.M. Kalinsky.</i> Influence of Partial Cutting Technology and Composition of Parent Stand on Spruce Regeneration.....	39
<i>S.V. Tretyakov, A.A. Gorbunov, P.A. Feklistov.</i> Growth Dynamics of Mixed Modal Mid-Taiga Aspen-Dominated Stands in the Arkhangelsk Region.....	47
<i>M.D. Merzlenko, M.I. Zakharova.</i> The Results of Professor Tursky’s Experiment on Growing Pine Cultures from Various Planting Stocks.....	54
<i>N.A. Druzhinin, F.N. Druzhinin.</i> Classification and Peculiarities of Clear and Cutting.....	59
<i>B.A. Mochalov, S.V. Bobushkina.</i> Influence of the Type of Containers and the Size of Containerized Pine Seedlings on their Growth in Artificial Stands in the North..	65
<i>A.B. Egorov, A.A. Bubnov.</i> The System of Herbicides for Protection of Coniferous Crops in Forest Nurseries.....	71
<i>N.A. Demidova, T.M. Durkina.</i> Growth and Development Features of Poplars in the European North of Russia.....	78
<i>B.V. Raevsky.</i> Present-Day Situation and Development of Woody Species Breeding Base in Karelia.....	88
<i>A.I. Sokolov, A.N. Pekkoev, V.A. Kharitonov, T.I. Krivenko.</i> Accelerated Growing of Spruce Cultures in the Middle Taiga Subzone of Karelia.....	96
<i>V.A. Ananyev, S.A. Moshnikov.</i> Silvicultural and Ecological Assessment of Selective and Gradual Cutting Systems in Protective Forests of the Northern Ladoga Area	106
<i>I.N. Kutyavin.</i> Age Dynamics of <i>Pinus sylvestris</i> Growth in the Northern Cis-Urals...	115
<i>D.G. Khinchuk, K.E. Khinchuk.</i> Justification of Parameters of a Seed Drill Equipped with Spherical Coulters and Used for Sowing Spruce in Drained Cut-over Areas	124
WOODEXPLOITATION	
<i>E.A. Pamfilov, G.A. Pilyushina.</i> Possibilities and Prospective Ways to Increase Working Capacity of Forest Sector Machines and Equipment.....	129
<i>A.N. Minaev, A.I. Nikiforova, A.A. Pelymsky, D.S. Kiselev, V.A. Andronov, V.N. Yazov.</i> Mathematical Model for Rutting by the Action of Wheeled Forest Vehicles.....	142
<i>V.M. Derbin, M.V. Derbin.</i> Conceptual Model of Forest Management Certification....	150

<i>V.N. Ivashchenko.</i> Structure of Resources Allocated for Silvicultural Technological Processes.....	156
<i>MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOODSCIENCE</i>	
<i>V.P. Ryabchuk, T.V. Yuskevich, V.M. Grib.</i> Physical Properties of Pine Wood.....	160
<i>A.A. Fomin.</i> Methodology for the Process of Machining of Peripheral Segments.....	170
<i>CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD</i>	
<i>S.A. Pokryshkin, K.G. Bogolytsin, Yu.G. Khabarov.</i> Oxidation of Lignin with Hydrogen Peroxide in Water/DMSO Binary Solvent in the Presence of Horseradish Peroxidase	177
<i>Ya.V. Kazakov, T.V. Vorobyeva, R.G. Khromtsova.</i> Formation of Viscoelastic Properties of Pulp-and-Paper Material in the Process of Drying.....	184
<i>E.N. Koptelova, L.N. Kuznetsova, N.A. Kutakova, S.I. Tretyakov.</i> Intensification of Betulin Isolation from Birch Bark Using Microwave Field.....	193
<i>SUMMARIES AND EXCHANGE OF TEACHING</i>	
<i>P. Sigurdsson.</i> Stem Crookedness in <i>Larix</i> in Plantations on Iceland.....	202
<i>O.O. Ferents, R.Ya. Kindrat, P.N. Rybitsky.</i> Theoretical Approaches to Evaluation of Ecological and Economic Efficiency of Integrated Wood Processing.....	208
<i>A.A. Smirnov.</i> Introduction and Naturalization of Coniferous Trees on the Sakhalin Island.....	213
<i>P.V. Biley, P.P. Biley, A.M. Kombarov.</i> The Study of Physical Properties of Maple Wood.....	218

УДК 630*(09)

Д.В. Трубин

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

ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ «ЛЕСНОГО ЖУРНАЛА» И ЕГО РОЛЬ В РАЗВИТИИ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА

Приведен исторический анализ формирования научного наследия «Лесного журнала» и оценка его роли в развитии лесного комплекса. Отслеживаются примеры длительного развития научных идей от момента рождения и до внедрения в практику. Обосновывается необходимость системного изучения, структуризации и адаптации научного наследия «Лесного журнала» к современным условиям научных исследований, а также необходимость государственной поддержки отраслевой науки в реформенный период.

Ключевые слова: научное наследие, рождение научной идеи, технические новации, внедрение в производство.

Без малого два столетия «Лесной журнал» исполняет историческую роль особого научного органа, ведущего лесную отрасль по пути научно-технического развития. Все значимые новации в лесохозяйственном и лесопромышленном производстве, каждая из которых обеспечивала очередной этап развития лесного комплекса, заранее, за несколько лет, а то и десятилетий до внедрения в практику, предвосхищались на страницах журнала научными идеями. Рождение продуктивных идей – особый процесс. Иногда они появлялись в результате творческого поиска авторов публикаций и проверялись на перспективность в ходе научных дискуссий. Иногда зерна новаций были почерпнуты из богатой мировой практики и адаптированы к конкретным российским условиям. И в том, и в другом случае «Лесной журнал» принимал тему и выносил ее на суд научного сообщества, выступая в роли колыбели будущей производственной новации. Далее шел долгий путь научного поиска места задуманного усовершенствования в производстве, его экономического обоснования, исследования новых процессов, разработки экспериментальных технологий, создания опытных образцов, их апробирования и внедрения в производство. Иногда такой путь растягивался на десятилетия.

В отличие от академических изданий, аккумулирующих фундаментальные, базовые знания, накапливаемые, если так можно выразиться, про запас, «Лесной журнал» является мостом от науки к практике.

Примечательно, что на первом этапе «Лесной журнал» наполнялся, кроме статей маститых ученых, публикациями рядовых лесничих, лесоустро-

ителей и практиков лесного дела. При этом было много сообщений из нашего северного края. Эти добровольные корреспонденты писали о проблемах и нуждах северного лесного хозяйства, о своих наблюдениях, удачных находках и решениях производственных проблем, о возможностях улучшения лесов путем применения передового опыта. Среди них известные, а также и забытые, но достойные памяти северные лесничие и таксаторы: А.А. Битрих, Н.А. Граков, И.И. Гуторович, К.И. Егоров, А. Кириллов, М.Е. Китаев, В.М. Ляхович, С.Г. Нат, П.П. Серебренников, А.С. Рожков, В. Соколовский, М.Д. Успенский, Э.И. Шабак, Ф.Н. Флоровский, Л.И. Яшнов.

В то время среди лесных специалистов не было строгого разграничения на ученых и практиков. Многие лесничие одновременно с производственной деятельностью занимались научными исследованиями, поддерживали тесную связь со своими бывшими педагогами. Нередко таких лесничих приглашали на профессорские должности в учебные заведения или, наоборот, состоявшиеся ученые уезжали в глубинку и продолжали свои исследования в лесничествах. Яркий пример тому – С.В. Алексеев, доктор сельскохозяйственных наук, лесничий Северного опытного лесничества, отдавший своему детищу всю свою трудовую жизнь (с 1912 г. по 1957 г.). Он первый поднял тему лесовосстановления в местах сплошных рубок, которые революционным путем пришли в таежные леса. Его первые лесокультурные опыты в 1929–1933 гг. послужили научной основой для массового искусственного облесения вырубок, начавшегося в 60-х гг. прошлого века.

Характерной чертой «Лесного журнала» дореволюционного периода были публикации отчетов о заграничных поездках и стажировках лесных специалистов, что делало доступным передовой мировой опыт. Назовем лишь ряд публикаций: Н. Шафранов «Венская всемирная выставка в лесохозяйственном отношении» (1873 г., вып. 5 и 6); П. Жудра «Заграничные впечатления русского лесничего» (1885 г., вып. 9–11); Ф. Арнольд «Наши учителя – Гартиг, Кота, Гундесгаген, Пфейль и Кениг» (1885 г., вып. 7 и 8); В. Гомилевский «О культурных манипуляциях в Баварском Спессарде (путевая заметка)» (1875 г., вып. 2); А. Рожков «Из лесов Швеции» (1910 г., вып. 8 и 9); барон Вреде «Очерк положения казенного и частного лесного хозяйства в Великом княжестве Финляндском» (1888 г., вып. 5).

В последней из упомянутых работ рассказывается о финском феномене – развитии мировой лесной державы в одной из отсталых окраин Российской империи. Там начали с принятия в 1851 г. Положения о лесах, которым около половины финских лесов, не разделенных по лесовладениям, отчуждались в казну. Потом инициаторы финских лесных реформ пригласили на консультацию саксонского обер-форстмейстера, директора Тарандской академии барона Эдмунда фон-Берга. С помощью именитого консультанта они взяли из классического германского лесоводства (с учетом передового российского опыта) самые нужные рациональные зерна: принципы пространственной организации территории, методы таксации, приемы искусственного

выращивания лесов, систему рубок ухода и окончательных рубок, в последующем усовершенствовав их применительно к своим условиям. Далее они создали Государственное лесное управление с территориальными органами, разработали инструкцию по организации правильного лесного хозяйства (1859 г.), учредили корпус таксаторов, провели инвентаризацию лесных запасов, отработали технологию лесного планирования, наладили производство лесных семян, создали сеть лесных питомников, стимулировали и организовали широкомасштабные лесокультурные работы. Одновременно были разработаны система преференций для развития лесной промышленности и программы дорожного строительства. Бережно сохраняя многоукладность лесных отношений, финские конструкторы подобрали оригинальную форму общинного (кооперативного) лесоуправления для частных лесов мелких собственников. Это позволило не дробить общинные леса на мелкие полоски индивидуальных наделов, а вести хозяйство коллективно в достаточно обширных границах. Для помощи в организации лесного хозяйства был создан штат государственных чиновников – лесных инструкторов (не инспекторов!).

Главным в начальной финской лесной политике было то, что идея сделать ставку на лес в деле поднятия благосостояния страны была возведена в статус национальной объединяющей идеи, определившей глубинный смысл понятия о лесе, как о неистощимом источнике богатства и общенациональном достоянии. Благодаря этому в финском обществе развивалось заботливое благодарное, даже трепетное отношение к лесам, не зависимо от форм их собственности, а финский лесной комплекс стал лучшим мировым образцом. Как не хватает сейчас в России такого продуманного подхода в деле лесных реформ!

Когда на первом Лесном съезде в 1872 г. в Москве были обозначены в качестве приоритетных вопросы лесовозобновления российских лесов, авторы «Лесного журнала» откликнулись рядом публикаций: П. Жудра «Вопросы дня – Облесение вырубок» (1875 г., вып. 1); Н. Шафранов «К вопросу о том, какой тип семяносушен наиболее применим в России при современных условиях» (1875 г., вып. 2); Ф. Тюрмер «Из практики лесоразведения в Поречьском имении графа Уварова» (1873 г., вып. 1, 3) и «О важности искусственного лесовращения» (1883 г., вып. 1). Спустя полвека С.В. Алексеев в Северном опытном лесничестве использовал это бесценное наследие в своих первых на Севере производственных лесокультурных опытах. Сейчас, через 100 с лишним лет, когда лесокультурное производство в результате лесных реформ загублено до крайней степени, очень было бы полезно руководителям лесного сектора и практикам обратиться к этим первоисточникам.

Плодотворная деятельность «Лесного журнала» была прервана революционными событиями. В 1918 г. журнал был закрыт.

Наука не может быть вне политики, что подтверждает длительный (с 1918 г. по 1957 г.) перерыв в издании «Лесного журнала». Это трагический период и для лесной науки, и для лесного хозяйства, и для всего сообщества лесоводов, ученых и практиков. Он характеризуется разгромом лесоводствен-

ных устоев лесного дела в стране, объявлением их «чуждой идеологией», политической травлей корифеев, разрушительным демонтажем административной структуры лесного хозяйства, репрессиями по отношению к рядовым лесоводам. Российскими лесами бездумно и расточительно расплачивались за индустриализацию и милитаризацию страны. Лишь в конце 40-х гг. последовательные и выдающиеся ученые, защищенные своими академическими званиями, смогли стать серьезными оппонентами и убедить политическое руководство страны в необходимости смены курса. Благодаря своему высочайшему интеллекту, широкому мировоззрению подчас только они видят стратегические промахи, не боятся публично заявить о них, умеют подсказать нужное решение.

Их победа была ознаменована Постановлением Совета министров СССР от 4 апреля 1947 г. о создании союзно-республиканского Министерства лесного хозяйства СССР и передачи в его ведение всех лесов страны. Хотя в последующем было много реорганизаций и административных реформ, но приоритет единого профессионального руководства лесным сектором государства с тех пор сохранялся неизменно.

Под крылом Министерства стали возрождаться лесные институты, лесное законодательство, лесоустройство, государственная лесная охрана, образование, наука. Только тогда появились условия и для возрождения «Лесного журнала». Наверно, этого момента с нетерпением ждал наш земляк, академик ВАСХНИЛ Иван Степанович Мелехов. По его настоятельному ходатайству и при поддержке научной общественности под своим историческим названием журнал был утвержден приказом Министерства высшего и среднего специального образования СССР № 787 от 31 июля 1957 г. как один из журналов серии «Известия высших учебных заведений».

Журнал быстро завоевал популярность. В нем охотно публиковались ведущие ученые страны. После длительного перерыва на страницах журнала в 1958 г. увидели свет работы В.В. Антанайтиса, А.В. Вагина, И.В. Воронина, С.А. Гинсерука, О.О. Герница, М.Л. Дворецкого, В.К. Захарова, М.М. Михайлова, Н.А. Моисеева, И.М. Наumenко, В.И. Перехода, В.Н. Правдина, Г.П. Санникова, Р.Г. Синельщикова, Э.Н. Фалалеева, Н.Г. Харина, в 1959 г. – К.Е. Никитина, в 1960 г. – В.В. Огиевского, И.В. Семечкина, В.Л. Джиковича, А.Я. Жукова, В.М. Иванюты, Е.П. Проказина, В.С. Чуенкова, Ф.П. Моисеенко и др. Региональное научное сообщество почитало за честь разместить на его страницах свои научные сообщения.

Сейчас «Лесной журнал», как и раньше, не закрыт для практиков, но его требования к публикациям в части научных стандартов высоки. Если сам университет по праву называют кузницей кадров для лесного цеха страны, то «Лесной журнал» можно назвать наковальной для выковывания перспективных научных идей, предназначенных для внедрения в производство. Можно отметить, что с момента последнего обновления журнала (1957 г.) на его страницах прошли предварительное опробование и научную оценку практи-

чески все новшества лесного сектора, которые обеспечивали научно-технический прогресс отрасли. Это и передовые методы агротехники в крупных лесопитомниках, и производство лесных культур на вырубках и гарях, и новые способы строительства лесовозных дорог, и новые системы рубок, и пионерное производство деревоклееных изделий, и новые технологии в лесопилении и целлюлозно-бумажном производстве. Из десятков и сотен больших и малых публикаций журнала сложился весомый интеллектуальный потенциал отрасли, определились основные направления научно-технического прогресса.

В 50–60-х гг. «Лесной журнал» публиковал много информации о научных исследованиях в области механизации лесосечных работ и усовершенствования лесовозного транспорта. Над этими вопросами трудились ученые Архангельского лесотехнического института (АЛТИ) и др. научных учреждений: З.Б. Васильев, Н.С. Дроздов, Л.В. Коротяев, Г.М. Васильев, А.Г. Воробьев, А.М. Гольдберг, М.М. Корунов, Г.А. Манухин, М.М. Кочнев, М.И. Скрипов, Л.Н. Савин, Ф.И. Коперин. Позднее в эту работу включились их последователи и ученики: В.Я. Харитонов, А.А. Митрофанов, Т.А. Гурьев, В.Л. Рымашевский, В.В. Щелкунов и др. Это были прикладные исследования, которые в кратчайшие сроки воплощались в технические решения, новые технологические приемы, изобретения, опытные образцы новых машин и механизмов. В итоге росла эффективность производства. Например, в конце 50-х – начале 60-х гг. ряд публикаций были посвящены научным основам механизации обрубки сучьев – наиболее трудной лесозаготовительной операции (С. Йонайтис, А.В. Рогозин, М.Я. Гурьянов, В.Г. Нестеренко, П.А. Новиков). Благодаря этим исследованиям уже в 70-х гг. в лесосеки в массовом порядке стали поступать сучкорезные механизмы, а в 80-х гг. самая тяжелая и неблагоприятная профессия сучкоруба практически ушла в прошлое.

Развитию лесохозяйственного производства и управлению лесами способствовали научные исследования в области лесоводства. Это подтверждают публикации ученых-лесоводов старшего поколения: И.С. Мелехова, П.Н. Львова, В.И. Левина, Ф.Б. Орлова, Б.Б. Лебле, П.И. Войчала, О.А. Неволлина, И.И. Гусева, Л.Ф. Ипатова, П.М. Малаховца, А.И. Барабина, В.Ф. Цветкова, Г.А. Чибисова, Н.Н. Соколова и их учеников: А.А. Бахтина, Н.А. Бабича, П.А. Феклистова, Е.Н. Наквасиной, В.В. Петрика и др.

Также важным двигателем прогресса в сфере деревообработки были исследования авторов «Лесного журнала». Примерно 10 лет проходило от момента первых публикаций о теории резания древесины, оригинальных принципах распила, принципиально иных конструкциях лесопильного и сушильного оборудования и до внедрения их на деревообрабатывающих заводах северного региона. Благодаря этому продукция отечественного лесопиления сохраняла сильные позиции на международном рынке. Это можно проследить, анализируя публикации Ю.М. Стахиева, В.Г. Турышева, Ю.М. Варакина, А.М. Копейкина, В.И. Мелехова и др.

В первые годы после возрождения «Лесного журнала» появились публикации по склеиванию древесины: Г. Далоча «О прочности склеивания древесины в зависимости от взаимного расположения волокон в склеиваемых поверхностях» (1958 г., № 6); Н.А. Гоюгаров «О подготовке поверхности древесины к склеиванию» (1960 г., № 4); В.М. Хрулев «О прочности клеевых соединений» (1962 г., № 5). У этого новшества оказался более долгий путь в производство, но он активно сопровождался научными исследованиями А.М. Копейкина, А.Э. Пиира, В.Г. Турушева, Е.Д. Гельфанда, С.И. Рощиной, В.В. Лукина, Б.В. Лабудина, В.И. Мелехова – авторов журнала. Лишь в 80-х гг. началось опытно-промышленное производство деревоклеенных конструкций на ЭПЗ «Красный Октябрь». К сожалению, заводу не суждено было пережить годы перестройки, но примерно через десятилетие клееная древесина вернулась из-за рубежа, но с несомненным отзвуком отечественных разработок. Сейчас это направление одно из приоритетных в области глубокой переработки древесины.

Не быстро происходило и научное обоснование массового производства древесностружечных (ДСП) и древесноволокнистых плит (ДВП). Н.В. Никитин (1959 г., № 6) сообщил об итогах Всесоюзной конференции по производству и применению ДСП и ДВП. Потом последовали публикации о разработке технологий подготовки сырья и прессования, создании опытных образцов оборудования, сырьевом обеспечении и других вопросах нового производства (Ф.Н. Коперин, Ю.В. Адо и др.). Итогом этого научного направления стало строительство цехов по производству ДСП и ДВП на крупных лесопромышленных предприятиях региона.

Истоки другого актуального в наши дни новшества, биоэнергетики, также можно обнаружить в архивах «Лесного журнала»: А.Н. Минин «Экономическая целесообразность производства брикетов из измельченных древесных отходов» (1958 г., № 5), Н.В. Никитин «Энергохимическое использование древесных отходов на предприятиях Архангельского совнархоза» (1959 г., № 2). Срок научного «созревания» этой производственной новации (и не только в отечественных научных кругах), на протяжении которого она сопровождалась и другими публикациями, составил около 40 лет.

Сегодняшние проблемы лесного сектора и его функционирование в рыночных условиях также предвосхищались на страницах журнала. В этой связи можно упомянуть следующие работы: Г.А. Харитонов «Будущие социалистические ландшафты лесостепи и необходимая в них лесистость» (1972 г., № 6); Т.С. Лобовиков, Л.Н. Смирнова «О методическом подходе к проблеме моделирования и оптимизации процессов развития лесных предприятий», В.М. Иванюта «К проблеме экономической оценки лесных площадей» (1972 г., № 1); С.В. Починков «Об экономической сущности капиталовложений в строительство лесовозных дорог» (1972 г., № 2); В.М. Кожин «Экономические предпосылки пересмотра цен на лесопродукцию в 1972–1973 гг.» (1972 г., № 5); С.В. Мизарас «Себестоимость выращивания древесины в добровольно-выборочном хозяйстве» (1972 г., № 5). К сожалению, предостережения ученых не были услышаны в руководящих кругах. Политическое решение о переходе производства на рыночные условия в 90-х гг. имело неожиданный и революционный характер. Это потребовало срочной научной поддержки,

которую пришлось осуществлять параллельно с политическими процессами. В этом отношении очень важными оказались публикации ученых-экономистов: Е.С. Романова, Н.А. Моисеева, А.П. Петрова, В.Н. Петрова, А.В. Пластинина, М.Д. Каргополова.

Серьезным подспорьем в преодолении кризисных явлений переходного периода, особенно при потере актуальной информации о лесах из-за неудачного реформирования системы лесоустройства, являются новые научные инструменты. К ним относятся компьютерное моделирование процессов и явлений, методы биоиндикации глобальных и локальных природных явлений, дистанционное зондирование земной поверхности, в том числе из космоса, автоматизированные системы управления базами данных и геоинформационные системы, программные средства интеллектуального анализа данных, программно-аппаратные комплексы. В этом отношении можно отметить работы А.Т. Гурьева с соавторами по автоматизации лесоучетных работ и тематическому дешифрированию космических снимков, которые могут служить научной основой формирования нового лесоустройства. С ними созвучны работы И.И. Иванкина, М.Д. Каргополова, С.В. Третьякова и др.

Исторический анализ публикаций «Лесного журнала» еще раз показал, что наука является неперенным условием технического прогресса. Без нее невозможно устойчивое развитие производства, особенно в современных рыночных условиях. Необходимо отметить, что и наука в этот период подвергается серьезным рискам потери своего места в общественно-политическом процессе. Как производство требует научной поддержки, так и наука требует политической опеки.

Не только в поддержке технического прогресса состоит предназначение науки. Как уже упоминалось, наука не может быть вне политики. В строках и между строк каждой публикации сквозит тревога за русский лес. Многие авторы журнала отмечают негативные явления, формулируют рекомендации по их преодолению. Может быть в большинстве своем они оказываются не услышанными органами власти, но благодаря таким печатным органам, как «Лесной журнал», они суммируются в звучный голос общественности. В этом и состоит главное предназначение сегодняшнего «Лесного журнала».

D.V. Trubin

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

The History of Formation of the Scientific Heritage of “Forest Journal” and its Role in the Development of the Forest Sector

The article provides a historical analysis of formation of the scientific heritage of “Forest Journal” and assessment of its role in the development of the forest sector. Some scientific ideas are traced from their origination and long-term development to putting into practice. The necessity of systematic study of the scientific heritage of “Forest Journal” is substantiated, as well as of its structuring and adaptation to modern research conditions. In addition, the paper proves the need for government support of specialized science in time of reforms.

Keywords: scientific heritage, emergence of scientific ideas, technical innovations, introduction.

УДК 630*(09)

Е.Н. Наквасина

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

**«ЛЕСНОМУ ЖУРНАЛУ» – 180 ЛЕТ
(к юбилею «Лесного журнала»)***

Кратко рассмотрена история становления и современное состояние «Лесного журнала» – ведущего научного издания лесной отрасли России, показана преемственность и сохранение традиций. Представлены материалы о праздновании 180-летнего юбилея журнала, проходившего в рамках Международной научной конференции Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова – соучредителя и издателя «Лесного журнала».

Ключевые слова: «Лесной журнал», история, современность, традиции, юбилей.

«Лесной журнал» начал выходить в 1833 г. под эгидой Лесного общества России, объединявшего «радетелей леса» и созданного (1832 г.) «для поощрения лесного хозяйства». Издание «Лесного журнала» стало одной из главных забот Общества «...в том предположении, что сие доставит Обществу возможность содействовать владельцам к правильному устройству лесного хозяйства сообщением полезных сведений о лесных науках и новых по сей части открытий». Первым редактором журнала был Юханцев, затем – Ланге. Позднее журнал редактировали Н.С. Шафранов, А.Ф. Рудзкий, Н.С. Нестеров, Л.И. Яшнов и другие видные лесоводы. Последним редактором старого «Лесного журнала» (с 1904 г. по 1918 г.) был Г.Ф. Морозов.

С первых лет издания журнал играл важную роль в информировании научной общественности, был четко структурирован на разделы, отражающие основные направления лесного дела и садоводства и сохранившие свою значимость до настоящего времени. Большое внимание уделялось лесохозяйственным наукам: разведению лесов и деревьев; лесоохранению; лесной технологии, или лесопотреблению; лесной таксации, или лесовычислению; истории лесоводства. Основу составляли публикации с описаниями лесов стран, губерний и отдельных урочищ (боров). Не оставались без внимания и вспомогательные, близкие к лесному делу науки: лесная ботаника, лесная химия, познание почв лесных, зоология, лесная энтомология, лесоизмерение, лесная география, лесная статистика и топографическое описание лесов.

* В статье использованы материалы публикаций о «Лесном журнале», список которых представлен на официальном сайте САФУ (<http://narfu.ru/fj/>).

На страницах «Лесного журнала» широко освещалась литература по лесным наукам: разбор сочинений по лесной части; библиографические сведения и объявления о вновь выходящих сочинениях по лесоводству; биографии ученых; указания по лесным наукам; труды известнейших лесоводцев и сочинителей. Отсутствие сформированной российской школы лесных знателей привело к тому, что более половины статей в журнале представляли переводы зарубежных, в основном немецких, изданий.

Особое место в журнале было отведено заметкам о достопримечательностях природы, новейших изысканиях и наблюдениях: описания необычных и редких естественных явлений; новейшие изобретения по лесной части; описание полезных лесных орудий, приборов и моделей. Весьма интересной для читателей того времени была рубрика «Смесь», в которой в виде небольших по объему заметок приводилась любопытная информация по различным аспектам лесного и сельского хозяйства. Много места отводилось наблюдениям за природой, критическим материалам и разным интересным фактам.

Вместе со страной, с изменением политики в области лесного хозяйства, менялся и «Лесной журнал», менялись его рубрики, редакторы... Шло становление авторского коллектива. На страницах журнала появляются фамилии Гартига, Арнольда, Теплоухова, Варгаса де Бедемара, Шелгунова, Зобова и др., составивших позднее славу отечественного лесоводства.

Лесное хозяйство России переходило от периода становления к периоду упорядочения и, прежде всего, к организации системы его ведения на государственном уровне. В 1870-х гг., когда после перерыва Общество возобновило издание «Лесного журнала», на его страницах стали появляться статьи, связанные с порядком управления крестьянскими лесами, изучением хозяйственной заготовки леса в государственных лесах, судопроизводством по нарушениям постановлений о лесах и по др. вопросам, отражающим изменения, происходящие в стране.

Тематика журнала того времени охватывала все отрасли лесного хозяйства. Много внимания уделялось организации лесного опытного дела, развитию степного лесоразведения, подготовке специалистов. Важное значение для становления российского лесного дела имели статьи, показывающие состояние лесного хозяйства в других странах (Франция, Бельгия, Великобритания, Германия и др.). Большой заслугой редколлегии явилось привлечение лесничих в качестве авторов статей и заметок.

Шло становление современной лесной службы России. Отражением проблем, возникавших при этом, стало появление статей о положении и деятельности лесничих, «новой лесной страже в государственных лесах», материальном положении лесных ревизоров. Постоянно публиковалась информация о движении личного состава корпуса лесничих, велась полемика о необходимости специального лесохозяйственного образования лесничих и их практической подготовке.

Одновременно усиливалась коммерциализация лесного хозяйства, связанная с продажей древесины. В «Лесном журнале» появился и стал постоянным и очень подробным раздел «Лесоторговые известия», в котором публиковались обзоры цен на древесину на ярмарках, рыночные цены на лесные материалы и информация о движении лесных товаров по железной дороге.

Развернувшаяся торговля лесом вызвала интерес к лесной таксации и статистике. Стали преобладать статьи-переводы по этим вопросам. Появилась информация, хотя и достаточно краткая, о работах российских специалистов. В частности, о книгах М. Турского «Таблицы для таксации леса», Н. Забоева «Лесная таксация и лесоустройство», В. Проворова «Таблицы кубического содержания древесной массы бревен разных размеров», заметки А. Рудзского о проекте составления русских массовых таблиц.

Несмотря на обилие материалов, связанных с лесозаготовкой, транспортировкой и продажей леса, в «Лесном журнале», хоть и в меньшем объеме, чем в первые годы после его выхода, публиковались статьи, связанные с лесной наукой, с познанием биологии леса и его роли. Яркие страницы в историю журнала вписаны корифеем лесоводственной науки, редактором журнала Г.Ф. Морозовым. Под его влиянием постепенно изменилась идейная направленность журнала, стали обсуждаться социальные вопросы. Г.Ф. Морозов считал, что в «Лесном журнале» должны рассматриваться проблемы лесоведения и лесоводства, экономики и организации лесного хозяйства и его политики.

Старый «Лесной журнал» – наше национальное достояние, летопись лесного дела, бесценная кладовая накопленных наукой и практикой знаний о лесе и лесном хозяйстве, замечательный печатный памятник творцам отечественного лесного хозяйства: ученым, лесничим, лесоустроителям – всем, кому дорога судьба русского леса, кто понимал его исключительное значение для нашего государства.

Революция 1917 г., новые веяния, коренная ломка жизни России, к сожалению, привели к постепенному свертыванию всех лесных органов периодической печати. Не избежал этой участи и «Лесной журнал», прекративший свою деятельность в конце 1918 г.

Под своим историческим названием журнал был возрожден решением директивных органов и приказом Министерства высшего и среднего специального образования СССР № 787 от 31 июля 1957 г. как один из журналов серии «Известия высших учебных заведений». Честь издавать журнал была оказана Архангельскому лесотехническому институту (АЛТИ), что стало убедительным подтверждением успехов лесной индустрии на Европейском Севере и единственного в регионе лесного вуза. Первым ответственным редактором (1958–1967 гг.) стал ректор АЛТИ, профессор Ф.И. Коперин. Ответственным секретарем редакции на протяжении 32 лет была А.И. Кольцова, на ее плечи легла огромная организационная работа. Первый номер журнала вышел в феврале 1958 г. Цель, которая стояла перед новым «Лесным журна-

лом» и его редколлегией – «сделать журнал достойным носить имя его славного предшественника...».

Много для «Лесного журнала» сделал его ответственный редактор, ректор АЛТИ И.М. Боховкин (1967–1979 гг.). Особо следует отметить заслуги профессора И.С. Мелехова – ученого-лесоведа с мировым именем, члена редколлегии со дня возрождения журнала и до конца своей жизни. Он был главным редактором журнала с 1980 г. по 1993 г. В 1993 г. журнал возглавил профессор, заслуженный деятель науки РФ, ректор АЛТИ О.М. Соколов, который в трудные годы перехода к рыночной экономике не только сохранил, но и придал новый облик журналу, расширил его тематику с учетом новых направлений науки. С 2009 г. по 2011 г. главным редактором был профессор, ректор АГТУ А.Л. Невзоров.

Сегодня учредителем «Лесного журнала» является Министерство образования и науки РФ, соучредителем и издателем – Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова (САФУ). Главный редактор – профессор, заслуженный деятель науки РФ В.И. Мелехов.

Редактируемый и рецензируемый «Лесной журнал» входит в Перечень периодических изданий, рекомендованных ВАК для публикаций материалов докторских и кандидатских диссертаций. Он имеет развернутую сеть рецензентов и представительную редколлегию, состоящую из ведущих ученых Москвы, С.-Петербурга, Екатеринбурга, Брянска, Красноярска, Петрозаводска, Йошкар-Олы, Архангельска, Львова (Украина) и Эмдена (Германия). Их имена обеспечивают высокий научный уровень публикуемых статей, во многом определяют формирование авторского коллектива и редакционного портфеля.

За 55 лет в портфель редакции поступило свыше 15 тыс. статей. Их география обширна и включает практически все регионы России (Сибирь (Тюмень, Забайкалье, Красноярский край), Урал, центральные области (Брянск, Воронеж), Поволжье, Европейский Север, Карелию), страны ближнего и дальнего зарубежья. Среди авторов журнала ученые, преподаватели вузов, инженерно-технические работники, аспиранты, молодые исследователи, начинающие свою научную карьеру.

Сохраняя добрые традиции своего знаменитого предшественника, его главную идею единства лесного дела, современный «Лесной журнал» значительно расширяет тематику и круг освещаемых проблем и публикует научные статьи по всем отраслям лесного дела, сообщения о внедрении законченных исследований в производство и передовом опыте в лесном хозяйстве и лесной промышленности, информацию о научной жизни высших учебных заведений. Он включает более 15 разделов и рубрик: лесное хозяйство; лесозэксплуатация; механическая обработка древесины и древесиноведение; химическая переработка древесины; экономика и организация производства; методика и практика преподавания; компьютеризация учебных и технологических процессов; краткие сообщения и обмен опытом; история науки; прочие материалы

(научные конференции и совещания; критика и библиография; юбилеи; некрологи и др.). Ежегодно выходят в свет 6 номеров журнала по 10 печатных листов, публикуется более 160 статей.

«Лесной журнал» известен далеко за пределами России, его читают и выписывают во многих странах мира. Журнал реферируется в трех информационных изданиях США («Current Contents on Diskette^R», «Sci Search^R», «Current Contents Search^R») и в библиографических журналах («Biological Abstracts» и др.).

Традиционными в «Лесном журнале» стали выпуски тематических номеров, посвященных важнейшим проблемам лесного хозяйства и лесопромышленного комплекса, юбилеям лесных вузов России. Поддерживая постоянную тесную связь с лесными вузами, редколлегия журнала практикует выездные заседания и читательские конференции. В разные годы они успешно проведены в Москве, Воронеже, Львове, Екатеринбурге, Красноярске, Петрозаводске, Брянске, С.-Петербурге, Йошкар-Оле.

Огромная ответственность за выпуск «Лесного журнала», пользующегося заслуженным авторитетом в научном мире, лежит на слаженном коллективе сотрудников редакции. Ответственным секретарем редакции с 1990 г. является заслуженный работник культуры РФ Р.В. Белякова. Имея богатый опыт издательской деятельности, она много внимания уделяет формированию номеров, организует и проводит научные читательские конференции, круглые столы, выездные заседания редколлегии, координирует работу членов редколлегии, авторов и рецензентов. Бессменными ее помощниками являются ведущий специалист Л.С. Окулова, О.В. Деревцова, Е.Б. Краснова, А.М. Комарова. Они пришли на смену работавшим в разные годы редакторам Л.П. Туляковой, З.Ф. Кекишевой, Н.П. Бойковой, корректорам Т.А. Пальминой, В.С. Журавлевой, В.П. Олтаржевской, Г.П. Ивановой, Э.Н. Власовой, Л.Л. Аксеновой и др.

Бесценная летопись лесного дела – «Лесной журнал» – в 2013 г. отметил свое 180-летие. Юбилейные торжества проходили в рамках Международной научной конференции «Развитие Северо-Арктического региона: проблемы и решения», которая состоялась 26–28 марта 2013 г. в Северном (Арктическом) федеральном университете имени М.В. Ломоносова (САФУ). Главенствующее положение в программе конференции занимала секция «Лесной журнал» в развитии лесного хозяйства и промышленного комплекса России».

Для участия в конференции приехали гости – члены редколлегии и авторы «Лесного журнала» из Москвы, С.-Петербурга, Красноярска, Брянска, Ухты, Сыктывкара, Петрозаводска, Череповца и др. городов России, а также представители Национального лесотехнического университета Украины. Многие прислали приветственные телеграммы, которые зачитывались с трибуны. В их числе губернатор Архангельской области И.А. Орлов, руководитель Департамента лесного хозяйства по Северо-Западному федеральному округу А.И. Карпилович, министр Министерства природных ресурсов и лесопромышленного

комплекса Правительства Архангельской области С.В. Шевелев, заместитель руководителя Федерального агентства по печати и массовым коммуникациям В.С. Козлов. Пришли поздравления от коллективов институтов РАН и отраслевых НИИ, ректоров и коллективов российских и зарубежных вузов, коллективов библиотек и партнеров (<http://lesnojjournal.narfu.ru>).

Открыл работу пленарного заседания, посвященного юбилею «Лесного журнала», академик РАСХН Н.А. Моисеев докладом «Лесной журнал и уроки истории лесопользования», в котором он сопоставил прошлую и нынешнюю организацию пользования и управления государственными лесами, призвал извлечь уроки 200-летней истории лесопользования и учесть их при подготовке национальной лесной политики страны. В дни юбилейных торжеств Н.А. Моисееву было присвоено звание почетного доктора САФУ, состоялась открытая публичная лекция «Историческая преемственность лесной науки и практики и ее роль в подготовке кадров». Преподавателей и студентов САФУ, гостей конференции покорила не только постановка темы, но и увлеченность докладчика, доступность изложения и искрометный юмор академика.

Историческая связь «старого» и «нового» «Лесного журнала» была прослежена в обстоятельном докладе его нынешнего главного редактора профессора В.И. Мелехова, который в своем выступлении подчеркнул, что современный журнал сохраняет традиции и верность идеалам его основателей. Интерес участников конференции вызвало выступление-презентация профессора Е.Н. Наквасиной, подготовленная совместно с магистрантами специальности «Лесное дело». Любопытен был взгляд молодежи – будущих специалистов лесного дела, и ученых лесной науки на историю страны и «Лесного журнала» дореволюционного периода. Они отметили уникальность издания, его роль в создании и отражении истории России через призму становления лесного хозяйства.

Прикладное значение журнала в своих докладах отразили заслуженный лесовод РФ Д.В. Трубин и профессор СПбГЛТУ Б.В. Бабиков, подчеркнувшие значимость публикаций «Лесного журнала» для специалистов разных отраслей лесного хозяйства и лесной науки – от таксации и лесоустройства до мелиоративных изысканий.

Общение членов редколлегии и авторов журнала было продолжено во время расширенного заседания редколлегии. Шло активное обсуждение разносторонних вопросов, связанных с наполнением редакционного портфеля, усилением роли и ответственности рецензентов и авторов в поддержании научного уровня «Лесного журнала», возможностью более широкого выхода на международный уровень, повышением индекса цитируемости журнала и авторов.

Среди параллельных мероприятий в рамках конференции хотелось бы выделить семинар для молодых исследователей, подготовленный редколлгией «Лесного журнала» (заместитель главного редактора профессор Н.А. Бабич), на котором рассматривались правила написания и подготовки статей для публикации. Важность этого семинара несомненна: молодые ученые,

чья деятельность связана с лесным хозяйством или промышленностью региона, публикуются на его страницах.

Вышел юбилейный номер «Лесного журнала», отражающий проблематику лесного хозяйства и научных исследований. Силами редакции подготовлен красочный и информативный буклет, врученный участникам конференции в папке с раздаточными материалами, а также интерактивный стенд по истории журнала, установленный в холле главного корпуса университета.

Апофеозом юбилея стал многостраничный библиографический указатель статей «Лесного журнала» за последние 55 лет, содержащий авторский поисковый раздел. Указатель издан Издательско-полиграфическим центром САФУ и частично представлен на дисках, переданных участникам конференции, а также размещен на страничке «Лесного журнала» на официальном сайте университета.

История «Лесного журнала» перешагнула 180-летний рубеж. Впереди новые номера, новые статьи, новые авторы, всех их с нетерпением ждут редакция и читатели.

E.N. Nakvasina

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

180th Anniversary of the Forest Journal

The article provides a brief overview of the history and current state of the *Forest Journal*: the leading scientific publication of the forest sector in Russia. It shows continuity and the cherished traditions of the “old” and the “new” journals, and presents some of the materials on the celebration of its 180th anniversary during the conference at NArFU named after M.V. Lomonosov, which, being ASTU’s successor, took over its role as the publisher of Forest Journal.

Keywords: Forest Journal, history, current state, traditions, anniversary.

УДК 630*(09)

О.Н. Болгова

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

**МАТЕРИАЛЫ О СОСТОЯНИИ ЛЕСНОГО ДЕЛА
В АРХАНГЕЛЬСКОЙ ГУБЕРНИИ
НА СТРАНИЦАХ «ЛЕСНОГО ЖУРНАЛА» (1833–1918 гг.)**

Рассмотрено состояние лесной отрасли Архангельской губернии по публикациям «Лесного журнала» (1833–1918 гг.), отмечены основные тенденции развития торговых связей с зарубежными странами и особенности реализации лесоохранительной политики государства в крае.

Ключевые слова: «Лесной журнал», Архангельская губерния, лесная отрасль, публикации, развитие региона.

История «Лесного журнала» изучена достаточно подробно [14–20]. Цель настоящей статьи заключается в попытке осветить состояние лесного дела в Архангельской губернии с начала 30-х гг. XIX в. до начала XX в. По объему лесных запасов губерния долгое время представляла собой один из основных лесопромышленных регионов страны.

В «Лесном уставе» – своде законов по лесной части (вторая половина XIX в.) – содержались статьи, касавшиеся Архангельской губернии. Так, в 1842 г. лесопромышленники губернии были освобождены при рубке леса от уборки вершин, сучьев, щепы и коры; в 1848 г. увеличен безденежный и льготный отпуск леса казенным крестьянам, занимающимся птицеводством, рыбными и звериными промыслами; в 1855 г. разрешен отпуск леса государственным крестьянам Золотницкой волости и Патрикеевского общества Архангельской губернии и уезда на постройку судов, а с 1859 г. – продажа с торгов леса, назначенного для заграничного отпуска; изданы инструкции для брака рогож (1840 г.), бракования смолы и пека (1857 г.) в Архангельском порту; в 1861 г. приняты меры к прекращению незаконного вывоза леса в Норвегию из Поморья; в 1863 г. «размер отпуска из корабельных и запасных лесов Архангельской, Вологодской и Олонецкой губерний признано необходимым, для выгод казны, ограничить ежегодно одним деревом с десятины»; в 1864 г. разрешен бесплатный отпуск леса поморам для торговли с Норвегией (временно) и пр. [35, с. 190].

В статьях лесоводов-практиков, лесопромышленников конца XIX в. Архангельскую губернию называли «лесообильной», но при этом часто встречалось мнение об истреблении лесов края: «... в Архангельской губернии происходит неимоверное истребление лесов» и если «... этот беспорядок еще

продолжится, то эта губерния оскудеет совершенно корабельным и строевым лесом» [35, с. 92]. Э.Г. Истомина дает следующую оценку состояния лесной отрасли губернии в 1900 г.: «Государственные леса, несмотря на определенный рост их доходности, использовались мало и неэффективно... В 1900-е гг. в Архангельской и Вологодской губерниях, наиболее лесистых местностях страны, многие заводы по механической обработке древесины сокращали производство из-за недостатка сырья» [10, с. 47]. Из-за слаборазвитой транспортной инфраструктуры «из наших северных портов, откуда собственно и должна идти масса леса за границу, ныне вывозится лишь самое ограниченное количество лесных материалов, по стоимости не превосходящих 5 млн р.», «...значительное количество лесных материалов остается не использованным и часто бесполезно теряется» [29, с. 138].

Данные о состоянии дел лесного хозяйства Архангельской губернии присылались в редакцию «Лесного журнала» его корреспондентами, свои наблюдения на его страницах публиковали лесничие, ранее служившие на территории губернии, а также служащие, в силу своих обязанностей бывавшие в данной местности и имевшие возможность сравнить положение ее лесной отрасли с другими губерниями, незначительное количество материалов присылалось местными жителями, род занятий которых установить не удалось. Опубликованный в журнале материал об Архангельской губернии представляет собой путевые заметки, обзоры, доклады, статьи и статистические данные. Заметки о лесной промышленности губернии начали печататься уже в первые годы выхода журнала. В 1832 г. корреспондентом Общества был избран лесничий Архангельской губернии, титулярный советник Деллер [25, с. 23], который впоследствии был награжден серебряной медалью за «полезные труды и постоянное содействие Обществу» [30, с. 4].

С 1890 г. на страницах журнала более регулярно, чем ранее, стали печататься архангельские материалы. Так, в первом выпуске за указанный год В.Т. Собичевским были опубликованы «Материалы для народного лесотехнического словаря», ставшие продолжением начатой в 1888 г. работы Д.Н. Кайдогорова по сбору слов, имеющих лесохозяйственное значение. Последний взял за основу «Толковый словарь живого великорусского языка В.И. Даля» [32, с. 59–68].

В дополнение к списку В.Т. Собичевский привел еще 129 слов и их значений, из которых 8 (6,2 %) относятся к Архангельской губернии. Это значения слов *биль*, *чисть*, *бор*, *голомень*, *калтус*, *рада*, *согра*, *сушина* и *тайбола* [32, с. 59–68]. Идея составления специализированного словаря, в котором были бы представлены дефиниции, употребляемые лесопромышленниками и лесоводами-практиками, была подхвачена профессором С.-Петербургского Лесного института, бывшим первым секретарем Лесного общества П.Н. Верехой, который в 1915 г. в приложении к четвертому выпуску «Лесного журнала» привел среди прочих 29 (4,9 %) слов, употребляемых на территории Архангельской губернии [3, с. 1–71]. Это слова, связанные с лесным массивом, его составом,

особенностями состояния растений, означающие их разновидности, определения пиломатериалов.

«Лесной журнал» XIX - начала XX вв. включал в себя несколько разделов, в которых публиковались материалы по разным отраслям лесного хозяйства: от постановлений правительства, способов технологии, известий о деятельности Лесного общества до лесохозяйственной библиографии. В последнем разделе рецензировались новейшие издания по лесному делу. В журнале находили отражение также и лесоторговые известия (с 1904 г. – раздел «Лесоторговые заметки»), в которых публиковались сведения о лесной торговле в Российской империи, объеме вывезенного леса, внешних экономических связях с Австро-Венгрией, Швецией, Голландией, Бельгией, Францией и др. странами.

Первое время подготовкой лесоторговых известий занимались С.П. Гоппен [4–7] и М.М. Орлов [21–24], затем количество корреспондентов журнала увеличилось, известия из Архангельска публиковались в общем ряду с остальными регионами, имя автора указывалось не всегда. Чтобы приводимая информация была актуальной, журнал перепечатывал данные «Торгово-промышленной газеты». Благодаря этим публикациям можно судить об объемах леса, выставленного на торги в Архангельской губернии конца XIX вв. (см. таблицу).

Примечательно, что в навигацию 1891 г. из Архангельского порта на 170 пароходах и 157 кораблях в Англию, Францию, Голландию и Америку было вывезено 11 299 пудов скипидара, 84 219 бочек смолы и 15 595 бочек пека, 137 860 шт. рогож [4, с. 180–186].

В 1901 г. в рубрике «Лесоторговые известия» был опубликован анализ роста объемов экспорта лесных товаров за границу за последние 40 лет (1862–1900 гг.). Отмечено почти десятикратное увеличение объемов отправки леса [12, с. 149–162]. Отличительными качествами северных лесных пород, особо ценившимися на зарубежных рынках, была тонкослойность и прочность древесины. В начале XX в. большинство архангельских фирм, ведущих международную торговлю, завоевали прочное положение на международном лесном рынке, выдержав конкуренцию на лондонских и др. лесных биржах.

Экспорт леса из Архангельского порта за границу

Год	Количество стандартных дюжин*
1890	336,509
1891	662,723
1892	611,515
1893	683,535
1894	869,648
1895	879,560
1896	1 001,180
1897	988,844
1898	871,078
1899	1 042,294
1900	1 239,068

* 12 досок длиной 3657 мм, шириной 280 мм и толщиной 38 мм

Наиболее крупные архангельские лесоторговые фирмы: «Амосов–Гернет и К°», «Бр. Вальневы», «Бр. Кыркаловы», «Линдес и К°», «Русанов-сын», «Сурков и Шергольдт», «Ульсен–Стампе и К°», «Стюарт», «Шольц», «Дес-Фонтейнес».

В 1904 г. одним из самых обсуждаемых был вопрос о запрещении вывоза через архангельский порт круглого леса за границу или обложении его вывозной пошлиной. В последующие годы корреспонденты журнала отмечали начавшийся в связи с русско-японской войной застой в лесной промышленности (в 1905 г. не было продано 28,6 % леса). В 1906 г. на страницах журнала появилась информация об образовании Союза архангельских лесопромышленников, который своей целью считал содействие развитию и усовершенствованию лесной промышленности и торговли лесом Северного края. Учредителями Союза явились Северное товарищество «Сурков и Шергольдт», акционерное общество «Норд» и торговый дом «Ульсен–Стампе и К°» [21, с. 312].

Тематика публикаций «Лесного журнала», поступивших из Архангельской губернии в указанный период, достаточно разнообразна: в 1897 г. своими наблюдениями в Шенкурском уезде о технических пороках древесины ели и сосны на Севере и их значении для распиловки поделился Д. Назаров [16, с. 99–112]. Часть указанных им пороков древесины (небольшие морозобойные трещины, крень, водослой, затески, небольшие засушины и вытерки, заболонная и вершинная сердцевинная гнили, напеныши) оказывают, по его мнению, ничтожное влияние на распиловку, другие фауты (метики, подпар, гниль и пр.) могут привести бревно в негодность. Истощение северных лесов автор объяснял правом лесопромышленников фаутировать лес по своему желанию, т.е. отбирать лучшие и чистые бревна [16, с. 112].

Мезенский корреспондент Мацола в том же 1897 г. в работе «Одна из лесокультурных мер на Севере» предложил использовать беглый огонь для уничтожения валежника и, как следствие, личинок вредоносных насекомых, а также напочвенного покрова, опасного во время пожаров. Он писал, что «следовало бы сделать опыт на первый раз хоть в бывших корабельных рощах, где лесонасаждения более или менее одновозрастные и ценные» [13, с. 292].

Другой корреспондент из г. Архангельска Н. Граков в своей публикации в 1897 г. затронул проблему оборота хозяйства. Он решил выяснить причину неприменимости метода определения оборота хозяйства, основанного на разности возрастов деревьев самых толстых и самых тонких размеров, и для правильного определения оборота хозяйства использовал данные о работе 4-го Онежского лесничества. Н. Граков пришел к выводу, что для решения вопроса следует основываться на данных, собранных при обмере модельных деревьев на высоте, равной длине отпускаемого бревна (10 аршин на севере) [8, с. 417–425].

Опубликованная в пятом выпуске «Лесного журнала» за 1901 г. статья вологжанина Рожкова «Фаутировка и браковка пиловочного леса в лесах Севера (Архангельской и Вологодской губерний), по данным Вельского удель-

ного округа» [31, с. 823] представляла интерес в первую очередь для лесозаготовителей. По мнению автора, при выборочной рубке пиловочного леса необходимы знания фаутов дерева и умение браковать лес. Используя данные бывшего управляющего Вельским удельным округом И.П. Левитского, а также результаты лесоустроительных отчетов Серебренникова и Успенского, автор обобщил результаты и сделал следующее заключение: «чем старше лес, тем фаунтность деревьев и процент брака (IV сорт) больше, особенно это резко выступает для деревьев, имеющих 10 вершков и более на высоте груди, что примерно соответствует возрасту за 200 лет» [31, с. 850].

В 1911 и 1912 гг. «Лесной журнал» публиковал материалы, приуроченные к XII Всероссийскому съезду лесовладельцев и лесохозяев, с участием лесозаводчиков и лесопромышленников в г. Архангельске (положение о съезде, программа обсуждаемых вопросов, постановления съезда по лесоэкономическим и лесоводственным вопросам) [26–28]. Кроме того, в 1912 г. на страницах журнала был напечатан доклад Н.А. Кузнецова «Задвинские ельники» Лесному обществу и XII Всероссийскому съезду лесовладельцев и лесохозяев в г. Архангельске, в котором рассматривались проблема массового подсыхания ели и изменения, касавшиеся хозяйства пиловочных дач [11, с. 1165–1204]. Опыт публикаций докладов в журнале был продолжен в 1915 г. Например, Е.В. Алексеев опубликовал статью «Типы насаждений и их отношение к бонитетам и хозяйственным классам при лесоустройстве» [1, с. 105–163]. Статьи этого времени стали достаточно объемными, иногда они печатались в нескольких номерах. И. Степанов поделился своими наблюдениями и размышлениями о положении рабочих на лесопильных заводах Архангельской губернии [33, 34]. Данный вопрос в то время был актуальным и недостаточно изученным. Лесопильное производство в экономике губернии играло огромную роль. Количество рабочих, занятых в этой сфере, превосходило другие отрасли во много раз. По данным И. Степанова, в 1910 г. на 3 902 фабриках, заводах, кустарных заведениях было занято 22 436 чел. (69 %); производительность лесопильного производства составляла 21 499 488 р. (> 90 % от суммы производства промышленных заведений). Несмотря на такие высокие показатели жилищные условия и медицинская помощь рабочим оставляли желать лучшего. «Положение рабочих, по меньшей мере, незавидное», – писал автор [33, с. 359]. О том, что материальное и правовое положение рабочих заводов было незавидным, свидетельствует факт ежегодной смены состава работников до 80 %.

Принципиально новой теме в ряду материалов об Архангельской губернии была посвящена статья А. Битриха [2, с. 1089–1110]. Он затронул проблему охотничьего промысла в лесных угодьях. Для упорядочения охотничьего промысла, по его мнению, было необходимо принятие местного закона об охоте, основанного на особенностях северной природы и связанного с экономическим и бытовым укладом жизни населения. А. Битрих предлагал ввести в губернии налог на ружья, обязать охотников приобретать билеты на право охоты, чтобы контролировать законность промысла, запретить ловлю дичи

при помощи «слопцов, сильев, ловушек и плах», создавать заказники, в которых охота была бы запрещена, а дичь «могла бы размножаться и укрываться от лютого и постоянного преследования» [2, с. 1110].

На наш взгляд, заслуживают особого внимания размышления бывшего северного лесничего Егорова о будущем лесов Архангельской губернии, опубликованные в журнале в 1915 г.: «... наступило время озаботиться не столько изысканием средств к дальнейшему расширению использования этих богатств, сколько к сохранению и удержанию их для будущих поколений» [9, с. 1008]. Его очерк основан на наблюдениях за последствиями рубки леса на территории Архангельского, Холмогорского и Пинежского уездов, где «одновременно с умиранием леса и распространением за счет его площади моховых болот» происходило уменьшение площади озер. «Архангельская губерния должна быть поставлена в такие условия, при которых применение знаний в области лесоводства делается возможным и человеку», – писал автор [9, с. 1023]. Его тезис о том, что для сохранения и улучшения состояния лесов губернии должны быть выработаны такие приемы рубок, при которых можно было бы рассчитывать на естественное облесение, остается актуальным и сегодня.

Подведем некоторые итоги. Конец XIX – начало XX вв. – время ощутимых количественных и качественных изменений во всех сферах жизни России, в том числе и в лесной промышленности. Одним из достижений созданного в С.-Петербурге. Общества для поощрения лесного хозяйства стало издание первого в Российской империи специализированного периодического издания – «Лесного журнала», публиковаться в котором, обмениваться опытом и решать актуальные для того периода задачи имели возможность корреспонденты разных губерний. Архангельская губерния не стала исключением: новости лесной торговли, анализ корреспонденции, проблемы лесозаготовок, первые попытки теоретического осмысления результатов практической деятельности, особенности промыслов и положение рабочих на лесозаводах – далеко не весь тематический спектр региональных публикаций 1833–1918 гг., которые и на сегодняшний день являются интересными и недостаточно изученными. Исторический опыт полезен для принятия решений в современной жизни, поэтому важно знать, какой видели «будущность» лесных богатств русского Севера наши предшественники. Неоценимую помощь в этом может оказать «Лесной журнал».

Приведенные выше наблюдения являются лишь некоторым результатом первичного знакомства автора с «Лесным журналом» за 1833–1918 гг. «Лесной журнал», хранящийся в фонде научной библиотеки департамента информационно-библиотечного развития (НБ ДИБР) университета, имеет ряд лагун, в связи с чем некоторые материалы остались неучтенными.

В фонде НБ ДИБР САФУ имеются следующие выпуски «Лесного журнала»: 1837. Ч. 2. Вып. 4–6; 1874. Вып. 1–6; 1890. Вып. 1–6; 1891. Вып. 1–6; 1892. Вып. 1–6; 1893. Вып. 1–6; 1894. Вып. 1–6; 1897. Вып. 1–3; 1899. Вып. 1–6; 1901. Вып. 1–6; 1902. Вып. 1–3, 5, 6; 1904. Вып. 1, 2;

1905. Вып. 1–10; 1906. Вып. 1–9; 1909. Вып. 1–10; 1910. Вып. 1–10; 1911. Вып. 1–10; 1912. Вып. 1–10; 1913. Вып. 7–10; 1914. Вып. 1–7, 9–10; 1915. Вып. 1–9; 1916. Вып. 1–10; 1917. Вып. 1–10; 1918. Вып. 1–10.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеев Е.В.* Типы насаждений и их отношение к бонитетам и хозяйственным классам при лесоустройстве: докл. Архангельскому лесному съезду в 1912 г. // Лесн. журн. 1915. Вып. 1–2. С. 105–163.

2. *Битрих.* Охота и промысел в лесах нашего севера // Лесн. журн. 1915. Вып. 6–7. С. 1089–1110.

3. *Вереха П.Н.* Опыт лесоводственного терминологического словаря. Дополнение к изданию 1898 г. с 20 рисунками в тексте (Бесплатное приложение к «Лесному журналу» за 1915 г.) // Лесн. журн. 1915. Вып. 4. С. 1–71.

4. *Гоппен С.П.* Лесоторговые известия. Заметка о лесной торговле Архангельского порта за 1891 г. // Лесн. журн. 1892. Вып. 2. С. 180–186.

5. *Гоппен С.П.* Лесоторговые известия // Лесн. журн. 1893. Вып. 4. С. 372–379.

6. *Гоппен С.П.* Лесоторговые известия // Лесн. журн. 1894. Вып. 3. С. 373–383.

7. *Гоппен С.П.* По поводу доклада М.Е. Китаева «О лесной промышленности Архангельской губернии» // Лесн. журн. 1893. Вып. 4. С. 386–372.

8. *Граков Н.* Оборот хозяйства (По поводу исследования лесов Архангельской губернии) // Лесн. журн. 1897. Вып. 3. С. 417–425.

9. *Егоров (лесничий).* О будущности лесов Архангельской губернии в связи с существующими приемами лесного хозяйства // Лесн. журн. 1915. Вып. 6–7. С. 1008–1025.

10. *Истомина Э.Г.* Лесоохранительная политика России в XVIII – начале XX в. // Отечественная история. 1995. № 4. С. 34–51.

11. *Кузнецов Н.А.* Задвинские ельники (Доклад Лесному обществу и XII Всероссийскому съезду лесовладельцев и лесохозяев в г. Архангельске в 1912 г.) // Лесн. журн. 1912. Вып. 10. С. 1165–1204.

12. Лесоторговые известия. Вывоз леса из Архангельска в 1901 г. // Лесн. журн. 1902. Вып. 1. С. 149–162.

13. *Мацола.* Одна из лесокультурных мер на Севере // Лесн. журн. 1897. Вып. 2. С. 290–292.

14. *Мелехов И.С., Мерзленко М.Д., Трофимов П.М.* 150-летие основания первого «Лесного журнала» // Лесн. журн. 1983. № 2. С. 121–125. (Изв. высш. учеб. заведений).

15. *Мелехов И.С., Родин А.Р., Мерзленко М.Д.* К 145-летию «Лесного журнала» // Лесн. журн. 1978. № 2. С. 171–172. (Изв. высш. учеб. заведений).

16. *Назаров Д.* Технические пороки древесины ели и сосны на севере и их значение в деле распиловки (По наблюдениям в Шенкурском уезде Архангельской губернии) // Лесн. журн. 1897. Вып. 1. С. 99–112.

17. *Наквасина Е.Н.* Становление и традиции «Лесного журнала» (краткий обзор журнала в XIX в.) // Лесн. журн. 2008. № 3. С. 7–12. (Изв. высш. учеб. заведений).

18. *Неволин О.А.* Лесному журналу – 160 лет // Лесн. журн. 1992. № 6. С. 131–133. (Изв. высш. учеб. заведений).

19. *Неволин О.А.* Летопись лесного дела (к 165-летию «Лесного журнала» и 40-летию серии «Известия высших учебных заведений» // Лесн. журн. 1997. № 6. С. 15–16. (Изв. высш. учеб. заведений).

20. *Неволин О.А.* Славный юбилей летописи лесного дела (к 175-летию «Лесного журнала» и 50-летию серии «Известия высших учебных заведений» // Лесн. журн. 2007. № 6. С. 7–20. (Изв. высш. учеб. заведений).
21. *Орлов О.М.* Беломорский район. Отпуск леса из казенных дач Архангельской губернии за последние четыре года. Союз Архангельских лесопромышленников // Лесн. журн. 1906. Вып. 3. С. 294–312.
22. *Орлов О.М.* [и др.]. Лесоторговые заметки (март-апрель 1904 г.). Условия производства и вывоза смолы из Архангельска // Лесн. журн. 1904. Вып. 2. С. 453–460.
23. *Орлов О.М.* Лесоторговые заметки (февраль-март 1905 г.) // Лесн. журн. 1905. Вып. 4. С. 706–717.
24. *Орлов О.М.* Лесоторговые заметки (апрель-июнь 1905 г.). Беломорский район // Лесн. журн. 1905. Вып. 8. С. 1222–1338.
25. Отпуск леса из Архангельского порта // Лесн. журн. 1901. Вып. 2. С. 359–362.
26. Положение и программа XII Всероссийского съезда лесовладельцев и лесохозяев в г. Архангельске // Лесн. журн. 1911. Вып. 7–8. С. 1081–1083.
27. Положение о XII Всероссийском съезде лесовладельцев и лесохозяев с участием лесозаводчиков и лесопромышленников в г. Архангельске // Лесн. журн. 1912. Вып. 1. С. 1–3.
28. Постановления XII Всероссийского съезда лесовладельцев и лесохозяев в г. Архангельске (15–25 июля 1912 года) // Лесн. журн. 1912. Вып. 8–9. С. 963–975.
29. Протоколы заседаний Лесного общества в С.-Петербурге за 1896 г. // Лесн. журн. 1897. Вып. 1. С. 137–138.
30. Пятое годовое заседание Общества для поощрения лесного хозяйства // Лесн. журн. 1837. Ч. 2, кн. 1 (№ 4). С. 4.
31. *Рожков.* Фаутировка и браковка пиловочного леса в лесах Севера (Архангельской и Вологодской губерний) по данным Вельского удельного округа // Лесн. журн. 1901. Вып. 5. С. 823–850.
32. *Собичевский В.* Материалы для народного лесотехнического словаря // Лесн. журн. 1890. Вып. 1. С. 59–68.
33. *Степанов И.* К вопросу о положении рабочих на лесопильных заводах Архангельской губернии // Лесн. журн. 1915. Вып. 1–2. С. 5–44.
34. *Степанов И.* То же // Лесн. журн. 1915. Вып. 3. С. 329–380.
35. Столетие учреждения Лесного департамента, 1798–1898. СПб.: Типо-литография Ю.Я. Римана, 1898. 253 с.

O.N. Bolgova

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

On the State of Forestry in the Arkhangelsk Region in the Pages of «Forest Journal» (1833–1918)

In the article published on the pages of the «Journal of the Forest» (1833–1918). Dedicated state forest sector in the Arkhangelsk region, highlights the main trends in the development of trade relations with foreign countries, especially the policy of the state of forests in the province.

Keywords: «Forest Journal», Arkhangelsk province, the forest industry, publications, development of the region.

УДК 014.5

Е.А. Памфилов

Брянская государственная инженерно-технологическая академия

**К ВЫХОДУ В СВЕТ УКАЗАТЕЛЯ СТАТЕЙ
ИВУЗ «ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» ЗА 1958–2012 гг.**

Исполнилось 180-лет со дня выхода в свет первого в России лесохозяйственного профессионального издания – «Лесного журнала». Почти два столетия он очень емко и наглядно отражал и по сей день продолжает отражать все стороны развития отечественной лесной науки.

На торжественных мероприятиях, состоявшихся в марте 2013 г. и посвященных этому славному юбилею, был презентован библиографический указатель статей, опубликованных в журнале с 1958 по 2012 гг.* Указатель содержит перечень статей за последние 55 лет в современном журнале, выходящем в серии «Известия высших учебных заведений».

Статьи в указателе систематизированы по разделам, внутри каждого раздела – по годам выпуска. Он предназначен для научных работников, преподавателей высшей школы, аспирантов, магистрантов, специалистов лесного хозяйства и лесной промышленности и др. читателей, сфера интересов которых связана с лесной наукой.

Надо отметить, что попытка показать все сферы разносторонней профессиональной деятельности, отражаемые на страницах возрожденного «Лесного журнала», удалась. Библиографический указатель вполне достоин высокого научного и инженерно-прикладного уровня журнала-юбилея.

Содержание указателя своей полнотой и тщательностью исполнения поражает воображение целевой аудитории журнала – специалистов лесного комплекса, его читателей и авторов публикаций. В нем наглядно виден огромный труд основного составителя указателя, заслуженного работника культуры РФ Р.В. Беяковой, канд. с.-х. наук А.М. Комаровой и главного редактора, заслуженного деятеля науки РФ, доктора технических наук, профессора В.И. Мелехова.

Невозможно не отметить исключительную полезность этого издания. На его страницах легко можно проследить зарождение и этапы успешного развития многих современных научных школ в области лесного хозяйства, лесозэксплуатации, механической обработки древесины и древесиноведения, химической переработки древесины и др. направлениях, непосредственно связанных со становлением лесной науки.

* Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. Указатель статей (1958–2012) / сост. Р.В. Беякова; Сев. (Арктич.) федер. ун-т. Архангельск: ИПЦ САФУ, 2013. 556 с.

Обращает внимание на себя такой очень важный для современной науки факт, как возникновение научных династий в нашей стране, зачастую до сих пор продолжающих свою успешную работу на благо Отечества.

Указатель статей также позволяет проследить динамику развития различных направлений лесной науки, ее реакцию на возникающие проблемы на различных временных этапах развития российской народного хозяйства и экономики. Он содержит обширный материал для анализа, который позволяет уточнить направления путей дальнейшего развития журнала и совершенствования его структуры и содержания для более полного удовлетворения запросов целевой аудитории.

В этом плане, по нашему мнению, следовало бы расширить практику публикации проблемных статей, размещаемых в формате передовых. Подготовку таких статей можно было бы поручать признанным корифеям науки и успешным производственникам. Такие публикации будут особенно полезны молодой и талантливой научной поросли, ищущей свой путь в науке.

Не меньшую пользу могут принести и глубокие обзорные публикации, отражающие ход и результаты научных исследований по отдельным актуальным направлениям науки, развиваемым в интересах лесного комплекса. В таких статьях необходимо обращать внимание молодых ученых на возможные пути продолжения исследований. Такой подход мог бы повысить актуальность и востребованность вновь выполняемых диссертационных работ.

Несомненно, гораздо большего внимания со стороны авторов заслуживает такая рубрика, как «Методика и практика преподавания». В настоящее время, когда многие преподаватели испытывают недостаток в надежной информации для обучения профессионально ориентированных специалистов, такая информация была бы очень полезной.

Это касается и рубрики «Критика и библиография». В последнее время этот интереснейший раздел практически сошел на нет. Так в 2007, 2011 и 2012 гг. было опубликовано всего по одной статье. Однако мнение специалистов по поводу научно-технического уровня издаваемой литературы и ее полезности для той или иной аудитории зачастую оказывается недоступным.

Следует отметить, что информативность указателя повысилась бы, если бы удалось дополнительно дифференцировать указанные в нем статьи по организациям, представившим их к публикации. (Кстати, по информации, представленной в юбилейном буклете, можно полагать, что эта работа уже началась и завершение ее является лишь делом времени).

Думается, что исполнение изложенных выше пожеланий можно отложить на будущее, а сейчас очевидна необходимость иметь этот уникальный указатель, по крайней мере, в библиотеках высших и средних учебных заведений нашей страны и ближнего зарубежья, а также на передовых предприятиях и организациях отрасли.

Однако, выйдя в свет, указатель превратился в библиографическую редкость, недоступную для многих специалистов, работающих в интересах развития отечественного лесного комплекса. Поэтому вполне уместным представляется обратиться к руководству Северного (Арктического) федерального университета с просьбой об изыскании возможности выпуска дополнительного тиража этого чрезвычайно полезного издания.

E.A. Pamfilov

Bryansk State Engineering and Technological Academy

To the Release of the Index of Articles Published in Forest Journal in 1958–2012



УДК 630*52:674.032.475.8(470.5)

В.А. Усольцев^{1,2}, Н.В. Хабибуллина¹, Г.Г. Терехов²

¹Уральский государственный лесотехнический университет

²Ботанический сад Уральского отделения РАН

Усольцев Владимир Андреевич родился в 1940 г., окончил в 1963 г. Уральский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор Уральского государственного лесотехнического университета, главный научный сотрудник Ботанического сада УрО РАН, заслуженный лесовод России. Имеет около 550 печатных работ по проблемам оценки и моделирования биологической продуктивности лесов.
E-mail: Usoltsev50@mail.ru



Хабибуллина Наталья Валерьевна окончила в 2011 г. Уральский институт государственной пожарной службы МЧС России, аспирант УГЛТУ. Имеет 10 печатных работ в области оценки продуктивности лесов.
E-mail: Natys9i@mail.ru



Терехов Геннадий Григорьевич родился в 1948 г., окончил в 1971 г. Уральский государственный лесотехнический университет, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом лесоведения Ботанического сада УрО РАН, заслуженный лесовод России. Имеет более 100 печатных работ по вопросам создания, формирования и оценки биопродуктивности лесных культур.
Тел.: 8-912-203-68-61



СТРУКТУРА И ГЕОГРАФИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФИТОМАССЫ КЕДРОВЫХ СОСЕН В АЗИИ

На основе сформированной базы данных о фитомассе кедровников *Pinus sibirica* Du Tour, *P. koraiensis* S. et Z. и *P. pumila* (Pall.) Regel рассчитаны регрессионные зависимости фитомассы от возраста и таксационных показателей насаждений. На основе географического анализа расчетных значений установлено, что фитомасса кедров сибирского и корейского в возрасте 100 лет снижается в направлении с юга на север (зональный градиент) и от Урала и побережья Тихого океана к полюсу континентальности в центре Сибири (провинциальный градиент).

Ключевые слова: фитомасса кедровников, *Pinus sibirica* Du Tour, *P. koraiensis* S. et Z., *P. pumila* (Pall.) Regel, географические закономерности, структура фитомассы.

В основе функционирования биосферы лежит продуцирование и потребление органического вещества. Жизнь человека и всех гетеротрофных организмов зависит от биологической продуктивности биосферы. Биологическая продуктивность – одна из специфичных характеристик древесной породы, и ее оценка в географическом и глобальном аспектах является приоритетной для лесоведения.

Наше исследование посвящено реализации подобной задачи на примере кедровых сосен, произрастающих на азиатском материке. Для среднетаежной подзоны Урала какие-либо данные о фитомассе кедровников отсутствуют. Чистых кедровников на Урале практически нет. Заложенные нами 13 пробных площадей представлены смешанными древостоями с участием кедра сибирского (от 6 до 8 единиц в составе), ели, пихты, сосны и березы. По ранее опубликованной методике [4, 5] было взято 14-15 модельных деревьев каждой породы и рассчитана фитомасса древостоев на 1 га.

С целью исследовать межвидовые и региональные (зонально-провинциальные) различия в распределении фитомассы кедровых сосен (кедра сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour) и корейского (*P. koraiensis* S. et Z.), кедрового стланика (*P. pumila* (Pall.) Regel)) в их азиатских ареалах была сформирована база данных из 194 определений фракционного состава фитомассы насаждений (рис. 1). В нее, кроме собственных 13 пробных площадей, заложенных на Среднем Урале, включены данные 98 пробных площадей, заложенных в древостоях кедра сибирского (Зауралье, Западная и Средняя Сибирь, Алтай и Забайкалье), 47 пробных площадей, заложенных в древостоях кедра корейского (Дальний Восток России, Северо-Восточный Китай и Южная Корея) и 35 пробных площадей кедрового стланика (Дальний Восток, Забайкалье и Япония), взятые из литературных источников.

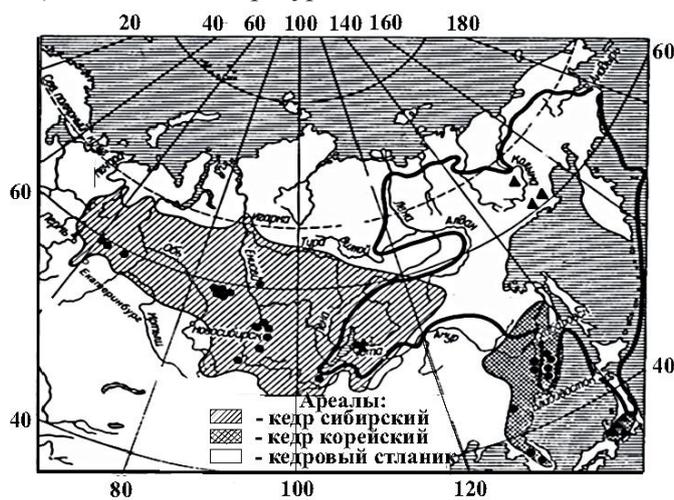


Рис. 1. Местоположение пробных площадей для определения по И.Ю. Коропачинскому [3] фитомассы кедровых сосен в их ареалах: ● – кедр сибирский и корейский, ▲ – кедровый стланик

В начале эксперимента выполнено сравнение фитомассы древостоев кедров сибирского и корейского, но не по общим совокупностям данных, а по многофакторным уравнениям, включающим основные таксационные показатели. Для выявления межвидовых различий в фитомассе кедров сибирского и корейского в уравнение введена, кроме массоопределяющих переменных, еще одна бинарная переменная X , представляющая собой простейшую модификацию фиктивной переменной [2, 4]:

$$\ln(P_i/M) = f(\ln A, \ln H, \ln D, \ln N, X), \quad (1)$$

где P_i – фитомасса в абс. сухом состоянии стволов с корой, коры стволов, скелета ветвей, хвои, корней и нижнего яруса (соответственно $P_S, P_{SB}, P_B, P_F, P_R$ и P_U), т/га;

M – запас стволовой древесины, м³/га;

A – возраст древостоя, лет;

H – средняя высота деревьев, м;

D – средний диаметр, см;

N – число стволов, тыс. экз./га.

Для кедра сибирского $X = 0$; для кедра корейского $X = 1$.

Таким образом, выявление биологически обусловленных различий в фитомассе двух видов кедра нами выполнено при «гармонизированных» показателях морфоструктуры.

Установлено, что по совокупности пробных площадей древостои кедров сибирского и корейского относятся к разным классам бонитета: соответственно IV и V. Средняя высота кедра сибирского на 11 % выше по отношению к корейскому, средняя густота, напротив, на 13 % ниже, а запас стволовой древесины на 33 % выше. Накопление запасов общей фитомассы и составляющих ее фракций в древостоях кедров сибирского и корейского происходит на всем исследованном возрастном интервале (от 20 до 380 лет). Фитомасса стволов на 11 % выше, хвои и ветвей – соответственно на 16 и 55 % ниже.

В результате компенсации противоположных трендов суммарная надземная фитомасса различается всего на 4 %, общая – на 2 %. Различие показателей фитомассы древостоев кедров сибирского и корейского, полученное на пробных площадях в пределах их ареалов, можно считать статистически недостоверным, но в структуре фитомассы, т.е. в соотношениях ее фракций, расхождения между двумя породами существенные. При учете особенностей морфоструктуры и структуры фитомассы, что обеспечивается использованием блоковых фиктивных переменных [2] при регрессионном анализе фитомассы кедров сибирского и корейского, эти две древесные породы могут анализироваться совместно в составе объединенного массива исходных данных.

Более детальный географический анализ фитомассы древостоев кедров сибирского и корейского выполнен на основе данных, стратифицированных по восьми экорегионам, согласно схеме зонально-провинциального деления территории Азии (табл. 1), с кодировкой блоковыми фиктивными переменными [2].

Таблица 1

**Схема кодирования блоковыми переменными региональных массивов данных
о фитомассе кедров сибирского и корейского**

Регион	Порода	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
Уральская провинция, средняя тайга	<i>Pinus sibirica</i>	0	0	0	0	0	0	0
Западно-Сибирская равнинная провинция, южная тайга	«	1	0	0	0	0	0	0
Средне-Сибирская плоскогорная провинция, средняя тайга	«	0	1	0	0	0	0	0
Алтае-Саянская горная провинция, южная тайга	«	0	0	1	0	0	0	0
Забайкальская провинция, южная тайга	«	0	0	0	1	0	0	0
Дальний Восток, хвойно-широколиственные леса	<i>P. koraiensis</i>	0	0	0	0	1	0	0
Северо-Восточный Китай	«	0	0	0	0	0	1	0
Южная Корея	«	0	0	0	0	0	0	1

Выделенные регионы, закодированные блоковыми фиктивными переменными X_0, \dots, X_7 , включены в уравнения для установления степени отличия показателей фитомассы каждого региона от базового, соответствующего насаждениям кедров сибирского подзона средней тайги на Урале:

$$\ln(P_i/M) = f(X_0, \dots, X_7, \ln A, \ln H, \ln D, \ln N). \quad (2)$$

Полученная расчетом характеристика уравнений подтверждает их достаточную адекватность фактическим данным ($R^2 = 0,82 \dots 0,89$). Уравнения (2) протабулированы для каждого экорегиона по задаваемым значениям возраста, полученные значения для возраста 100 лет подвергнуты географическому анализу.

Путем наложения расчетных данных фитомассы кедровников в возрасте 100 лет на схемы изотерм [6] и изоконт [1] составлена двухвходовая таблица для фитомассы, в которой входами служат значения континентальности климата (IC) и среднемесячной суммы эффективных температур (T) выше 5°C за вегетационный период, значения которых взяты с соответствующих схем.

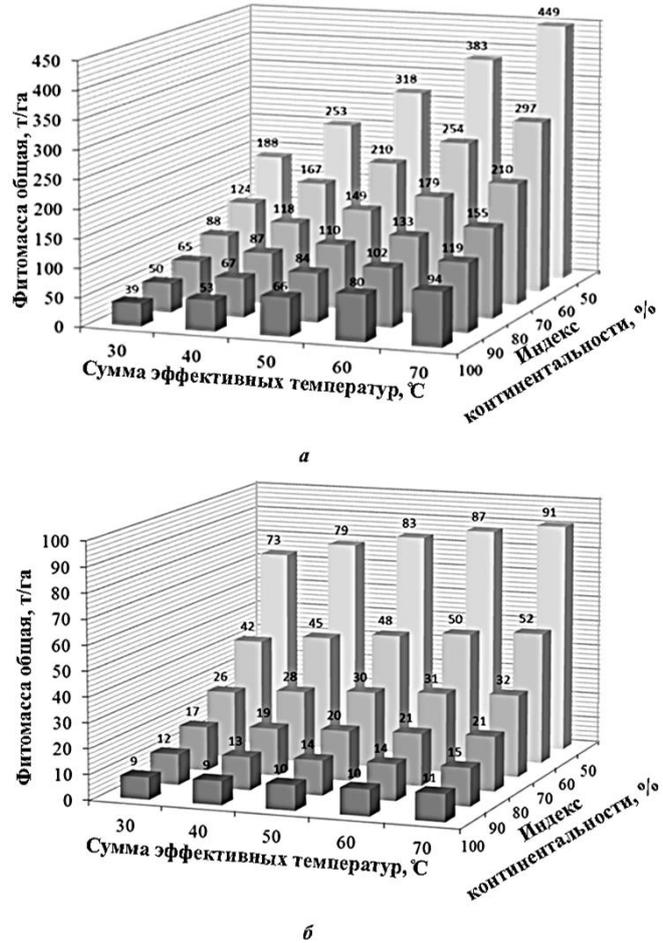
По цифровым данным таблицы рассчитаны следующие уравнения:

$$\ln P_{abo} = 6,704 - 1,791(\ln IC) + 1,453(\ln T), \quad R^2 = 0,684; \quad SE = 0,46; \quad (3)$$

$$\ln P_{tot} = 10,574 - 2,259(\ln IC) + 1,028(\ln T), \quad R^2 = 0,761; \quad SE = 0,34, \quad (4)$$

где P_{abo} и P_{tot} – расчетные значения соответственно надземной и общей фитомассы кедровников в возрасте 100 лет, т/га.

Рис. 2. Связь расчетных показателей общей (надземной и подземной) (а) и подземной (б) фитомассы кедровников (*Pinus sibirica* и *P. koraiensis*) в возрасте 100 лет с индексом континентальности климата и суммой эффективных температур



Анализ многофакторных регрессионных моделей фитомассы (3) и (4) и результатов их табулирования (рис. 2) показал наличие профилей продуктивности по зональному и провинциальному градиентам.

Запасы фитомассы кедров сибирского и корейского в возрасте 100 лет закономерно возрастают в направлении от Сибири до Корейского полуострова, составляя в средней тайге 78, в южной тайге Западной Сибири и Забайкалья 110...176, в хвойно-широколиственных лесах Приморья 137...197 и в широколиственных лесах Южной Кореи 537 т/га. По провинциальному градиенту (в направлении с запада на восток) названный показатель последовательно снижается от 207 т/га на Урале до 78 т/га в Средней Сибири, а затем возрастает от 110 т/га в Забайкалье до 137 т/га в Приморье.

Исследование региональных различий фитомассы кедрового стланика выполнено на основе сформированной для этого базы данных. В нее включены 35 определений фитомассы в зарослях кедрового стланика, в том числе 12 – для северной тайги Дальнего Востока, 9 – для южной тайги в подголь-

цовом поясе Забайкалья и 14 – для подгольцового пояса в зоне хвойно-широколиственных лесов Японии. Для выявления региональных различий фитомассы кедрового стланика упомянутые три региона закодированы блоковыми фиктивными переменными X_1, X_2 (табл. 2).

Таблица 2

Схема кодирования блоковыми фиктивными переменными региональных массивов данных о фитомассе кедрового стланика

Регион	X_1	X_2
Дальний Восток, северная тайга	0	0
Забайкальская горная провинция, южная тайга	1	0
Японские острова, хвойно-широколиственные леса	0	1

Рассчитаны уравнения

$$\ln P_i = f(X_1, X_2, \ln H, \ln M). \quad (5)$$

Уравнения (5) объясняют от 92,0 до 99,9 % изменчивости надземной и подземной фитомассы кедровых стлаников и 79,0 % изменчивости фитомассы нижнего яруса. Уравнение (5) совмещено с возрастными трендами средней высоты и запаса стволовой древесины кедровых стлаников следующим уравнением (6):

$$\ln H = f(X_1, X_2, \ln A) \rightarrow \ln M = f(X_1, X_2, \ln A, \ln H). \quad (6)$$

Последовательным табулированием рекурсивных систем уравнений (6) и (5) по задаваемым значениям возраста кедрового стланика получены возрастные тренды показателей фитомассы по каждому региону. Запасы общей фитомассы в 100-летнем возрасте закономерно возрастают по зональному градиенту в следующей последовательности: северная тайга Дальнего Востока (Колыма), южная тайга Забайкалья, субтропики Японии (рис. 3).

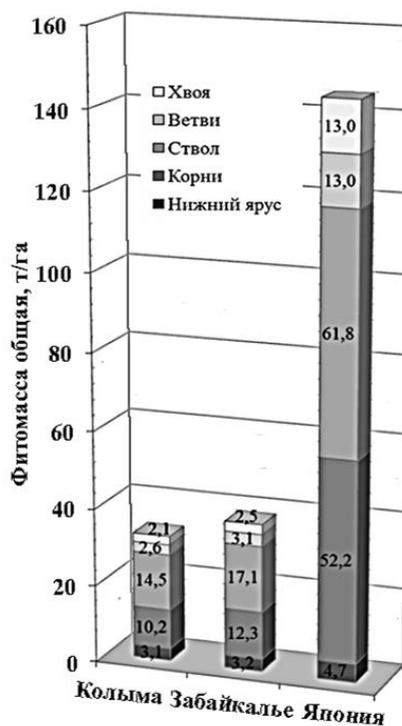


Рис. 3. Структура фитомассы 100-летних кедровых стлаников в трех регионах на востоке Азии

Выводы

1. Установлены достоверная положительная связь фитомассы с суммой эффективных температур выше 5 °С (по Тукканену) и отрицательная связь с индексом континентальности климата (по А.А. Борисову). Фитомасса кедров сибирского и корейского снижается в направлении с юга на север (зональный градиент) и от Урала и побережья Тихого океана к полюсу континентальности в центре Сибири (провинциальный градиент).

2. Исследование региональных различий фитомассы кедрового стланика, выполненное на основе сформированной базы данных из 35 определений показало, что в возрасте 100 лет их общая фитомасса возрастает по зональному градиенту в следующей последовательности: северная тайга Дальнего Востока (32 т/га), южная тайга Забайкалья (38 т/га), субтропики Японии (145 т/га).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисов А.А. Климаты СССР. М.: Просвещение, 1967. 296 с.
2. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. М.: Статистика, 1973. 392 с.
3. Коропачинский И.Ю. Древесные растения Сибири. Новосибирск: Наука, 1983. 383 с.
4. Сравнительный анализ надземной фитомассы культур сосны Урала и Западной Сибири / В.А. Усольцев [и др.] // Лесн. журн. 2005. № 3. С. 34–42. (Изв. высш. учеб. заведений).
5. Усольцев В.А. Биологическая продуктивность лесов Северной Евразии: методы, база данных и ее приложения. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 636 с.
6. Tuhkanen S. A circumboreal system of climatic-phytogeographical regions // Acta Bot. Fennica. 1984. Vol. 127. P. 1–50.

Поступила 05.04.13

V.A. Usoltsev^{1,2}, N.V. Habibullina¹, G.G. Terekhov²

¹The Ural State Forest Technical University

²Botanical Garden, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Structure and Geography of Cedar Pine Phytomass Distribution in Asia

Based on the compiled database of *Pinus sibirica* Du Tour, *P. koraiensis* S. et Z. and *P. pumila* (Pall.) Regel phytomass, the regression relationships between the phytomass (stems, needles, branches, roots and understory) and the forest age and inventory data were calculated. A geographical analysis of the calculated values of 100-year-old phytomass was carried out. *Pinus sibirica* and *P. koraiensis* phytomass decreases from south to north (zonal gradient) and from the Urals and the Pacific coast to the pole of continentality in central Siberia (provincial gradient).

Keywords: phytomass of *Pinus sibirica* Du Tour, *P. koraiensis* S. et Z., *P. pumila* (Pall.) Regel, geographical patterns, phytomass structure.

УДК 630*23

Н.В. Беляева, А.В. Грязькин, М. Гуталь, П.М. Калинин

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

Беляева Наталия Валерьевна окончила в 1992 г. Ленинградскую лесотехническую академию им. С.М. Кирова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства С.-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова. Имеет 125 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



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



Гуталь Марко родился в 1985 г., окончил в 2011 г. магистратуру С.-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, аспирант кафедры лесоводства С.-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова. Имеет 2 печатные работы в области естественного лесовозобновления.
E-mail: gutalj@yahoo.com



Калинский Павел Михайлович родился в 1986 г., окончил в 2010 г. С.-Петербургскую государственную лесотехническую академию им. С.М. Кирова, аспирант кафедры лесоводства С.-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова. Имеет 4 печатные работы в области естественного лесовозобновления.
E-mail: pasha-kalinski@rambler.ru



ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ НЕСПЛОШНЫХ РУБОК И СОСТАВА МАТЕРИНСКОГО ДРЕВОСТОЯ НА УСПЕШНОСТЬ ВОЗОБНОВЛЕНИЯ ЕЛИ

Осуществлен анализ влияния технологии несплошных рубок и состава материнского древостоя на успешность естественного возобновления ели на опытно-производственных объектах Ленинградской области. Несплошные рубки выполнены

© Беляева Н.В., Грязькин А.В., Гуталь М., Калинин П.М., 2013

в древостоях кисличного и черничного типов леса с относительной полнотой 0,6...0,8. Выявлено влияние технологии несплошных рубок на сохранность подроста и установлена связь между численностью подроста ели и составом материнского древостоя.

Ключевые слова: лесной фитоценоз, несплошные рубки, равномерно-постепенные рубки, добровольно-выборочные рубки, естественное лесовозобновление, подрост ели, сохранность, численность и встречаемость подроста.

Введение

Основная цель лесного комплекса страны – создание условий, обеспечивающих устойчивое управление лесами, т. е. соблюдение принципов непрерывного, рационального и неистощительного использования лесов, повышение доходов от реализации лесных ресурсов, своевременное и качественное воспроизводство лесов, рост их ресурсного потенциала и сохранение биологического разнообразия.

Лесной сектор играет важную роль в экономике страны и имеет существенное значение для социально-экономического развития более чем 40 субъектов Российской Федерации, в которых продукция лесной промышленности составляет от 10 до 50 % общего объема промышленной продукции. В целом по Российской Федерации этот показатель составляет около 4 %. Организация рационального использования лесов России является стратегической задачей.

Выполнение задачи повышения продуктивности лесов и рационального их использования требует применения современных способов рубок, при которых заготовка необходимого количества древесины сочеталась бы в максимальной степени с восстановлением леса. Реализация такого подхода возможна при переходе на несплошные рубки.

Известно, что подрост под пологом материнского древостоя служит хорошим материалом для формирования будущих насаждений [1]. Самые высокопродуктивные ельники таежной зоны возникают из подроста, следовательно, наиважнейшая задача лесоводства в условиях таежной зоны – сохранение имеющегося подроста при проведении рубок. Эта задача пока не решена.

Объекты и методы исследования

Исследования проводились на опытно-производственных объектах, расположенных в лесничествах Ленинградской области (табл. 1).

Были подобраны древостои кисличного и черничного типов леса с относительной полнотой 0,6...0,8. На опытных участках были выполнены добровольно-выборочные рубки интенсивностью 25...30 % и двухприемные равномерно-постепенные рубки с интенсивностью первого приема 30...35 %. Давность проведения последнего приема рубки в среднем составляет 10 лет .

Таблица 1

**Влияние технологии несплошных рубок на сохранность
подроста ели европейской**

Состав древостоя	Тип леса	Относительная полнота	Численность подроста, экз./га	Встречаемость подроста	Сохранность подроста	Вид рубки
				%		
Традиционная технология рубки (бензопила + трелевочный трактор)						
І ярус: 6,6БЗ,2Ос0,2С+Е ІІ ярус: 10Е	Б.ЧС	0,55 0,25	3153	96,7	60,6	РПР
5Е4Б1Ос	Е.ЧС	0,65	2333	90,0	76,7	РПР
5ЕЗБ1С1Ос	Е.ЧС	0,80	3988	93,3	76,5	РПР
5Ос3Е1С1Б	Ос.ЧС	0,70	4295	95,0	66,8	РПР
І ярус: 8С2Ос ІІ ярус: 6,3БЗ,7Е ІІІ ярус: 10Е	С.ЧС	0,48 0,36 0,27	2952	80,0	58,4	РПР
І ярус: 8,4Е0,3С0,9Б0,4Ос ІІ ярус: 9,2Е0,5Б0,3Ос ед.Олс	Е.ЧС	0,47 0,18	4380	98,3	62,5	ДВР
І ярус: 5,1Е1,9Е0,5С2,0Б0,5Ос ІІ ярус: 9,6Е0,4Олс	Е.ЧС	0,54 0,21	4183	96,7	75,0	ДВР
6Б2Ос2Е+С	Б.ЧС	0,70	1264	53,3	74,3	ДВР
7СЗБ	С.КС	0,70	2417	100,0	81,0	ДВР
7С1Е2Б	С.ЧС	0,80	2040	84,1	68,0	РПР
5ЕЗС2Б	Е.ЧС	0,80	2000	88,7	66,7	РПР
9Е1С	Е.ЧС	0,60	2200	92,3	73,3	РПР
Сортиментная технология рубки (харвестер + форвардер)						
6Ос4Б+Е	Ос.КС	0,70	1572	76,6	78,6	РПР
7Б2С1Е	Б.ЧС	0,60	1644	80,0	82,2	РПР
5БЗЕ1С1Ос	Б.ЧС	0,60	2417	96,7	80,6	РПР
6С2Е2Б	С.ЧС	0,70	1476	90,0	73,8	РПР

Примечание. Здесь и далее, в табл. 2, РПР – равномерно-постепенная рубка; ДВР – добровольно-выборочная рубка; С.ЧС – сосняк черничный свежий; Е.ЧС – ельник черничный свежий; Ос.ЧС – осинник черничный свежий; Ос.КС – осинник клещичный; Б.ЧС – березняк черничный свежий.

Цель данной работы – оценить влияние технологии несплошных рубок и состава материнского древостоя на успешность естественного возобновления ели.

В соответствии с заявленной целью исследования решались следующие задачи:

1. Оценить численность подроста ели в зависимости от применяемой технологии несплошных рубок.

2. Установить связь между составом материнского древостоя и численностью подроста ели после проведения несплошных рубок.

Для характеристики древостоя применяли метод сплошных пересчетов, традиционный для лесоводственных исследований [5].

Учет подроста осуществляли на круговых площадках по 10 м², закладываемых на одинаковом расстоянии друг от друга по свободному ходу [1, 3]. При этом учитывали подрост предварительной и последующей генераций. По данным исследований через 10 лет на долю предварительного подроста ели приходится в среднем 61 % молодого поколения ели.

Результаты исследований

Результаты исследований в плане решения первой задачи (табл. 1) показали, что при традиционной технологии, когда валка деревьев производится бензопилами, а трелевка – хлыстами, удается сохранить в среднем 70,0 % подроста, что подтверждают результаты ранее проводимых исследований [1, 2, 6]. Заготовка древесины по сортиментной технологии позволяет сохранить в среднем 78,8 % подроста. По данным А.В. Грязькина [1], при использовании скандинавской технологии сохраняется даже до 83 % подроста.

Таким образом, сортиментная технология позволяет увеличить процент сохраненного подроста, уменьшить число поврежденных деревьев при выборочных рубках, а также снизить повреждения напочвенного покрова и почвы.

Известно, что глубина колеи после трех проходов форвардера соответствует 13,7 % от глубины колеи после прохождения трактора ТДТ-55А. После девяти проходов форвардера глубина колеи наполовину меньше, чем после гусеничного трактора [4].

Использование комплекса машин (харвестер + форвардер) эффективно, однако опыт работы лесозаготовительных предприятий показывает, что ввиду очень высокой стоимости харвестеров при заготовке сортиментов его целесообразнее применять только для прорубки волоков, а на пасаках валку деревьев, обрезку сучьев и раскряжевку производить бензопилами.

Кроме того, использование харвестера не допускается в древостоях, в которых количество подроста превышает 3000 экз./га и в которых подрост расположен концентрированно. В этом случае валка деревьев производится вальщиком. Именно по указанным причинам мы рекомендуем при несплошных рубках применение схемы: бензопила + форвардер.

Приступая к решению второй задачи, необходимо отметить, что одним из важнейших показателей, влияющих на появление подроста ели, его численность и встречаемость, является состав спелых древостоев. В данной статье предпринята попытка установления связи между составом материнского древостоя и показателями подроста ели после проведения несплошных рубок (табл. 2).

Таблица 2

Состав древостоя	Тип леса	Относительная полнота	Состав подроста	Численность подроста, экз./га		Встречаемость подроста елц, %	Вид рубки
				Всего	В том числе ели		
10Е во втором и третьем ярусах							
I ярус: 6,6БЗ,2Ос0,2С+Е II ярус: 10Е	Б.ЧС	0,55 0,25	9Е1Е	3153	2835	96,7	РПР
I ярус: 8С2Ос II ярус: 6,3БЗ,7Е III ярус: 10Е	С.ЧС	0,48 0,36 0,27	8Е2Б+ Ос	2952	2360	80,0	РПР
I ярус: 5,1Е1,9Е0,5С2,0Б0,5Ос II ярус: 9,6Е0,4Олс	Е.ЧС	0,54 0,21	10Е	4183	4183	96,7	ДВР
I ярус: 8,4Е0,3С0,9Б0,4Ос II ярус: 9,2Е0,5Б0,3Ос ед. Олс	Е.ЧС	0,47 0,18	10Е	4380	4380	98,3	ДВР
В первом ярусе							
9Е1С	Е.ЧС	0,6	10Е	2200	2200	92,3	РПР
7Е2Б1Ос 7Е2Б1Ос	Е.ЧС Е.ЧС	0,6 0,6	9Е1Б+Ос 5Е3Б2Ос	7910 1550	7119 775	94,0 67,0	ДВР РПР
6Е4Ос 6Е4Б 6Е3Б1Ос	Е.КС Е.ЧС Е.ЧС	0,6 0,7 0,6	4Е3Ос3Б 6Е3Б1Ос 5Б3Е2Ос	7280 2630 1300	2912 1578 390	97,0 73,0 52,0	ДВР РПР РПР
5Е4Б1Ос 5Е3Б1С1Ос 5Е3С2Б 5Е3Ос2Б	Е.ЧС Е.ЧС Е.ЧС Е.КС	0,65 0,8 0,8 0,7	10Е 10Е 10Е 7Е3Ос+Б	2333 3988 2000 10760	2333 3988 2000 7532	90,0 93,3 88,7 79,0	РПР РПР РПР РПР
4Е5Ос1Б	Е.КС	0,7	7Е3Ос+Б	5120	3584	92,0	РПР

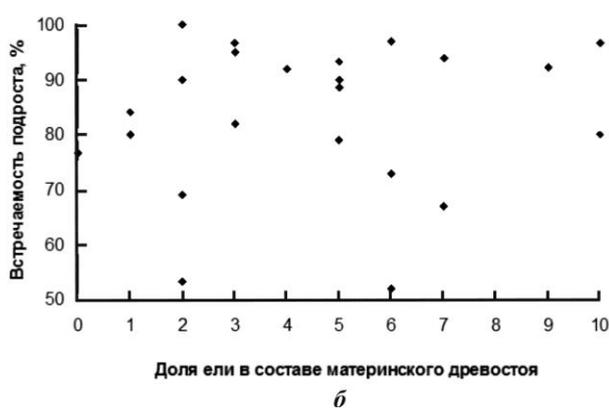
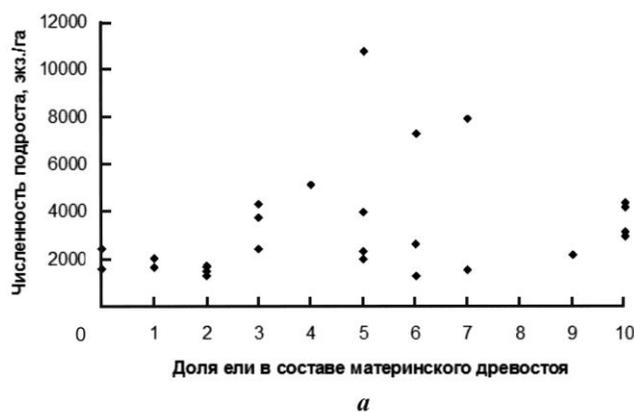
Окончание табл. 2

Состав древостоя	Тип леса	Относительная полнота	Состав подроста	Численность подроста, экз./га		Встречаемость подроста ели, %	Вид рубки
				Всего	В том числе ели		
50с3Е1С1Б	Ос.ЧС	0,7	10Е	4295	4295	95,0	РПР
5Б3Е1С1Ос	Б.ЧС	0,6	10Е	2417	2417	96,7	РПР
6С3Е1Б	С.ЧС	0,7	9Е1Б	3740	3366	82,0	РПР
			3Е				
6С2Е2Б	С.ЧС	0,7	10Е	1476	1476	90,0	РПР
6Б2Ос2Е+С	Б.ЧС	0,7	10Е	1264	1264	53,3	ДВР
5Б2Е2Ос1С	Б.КС	0,7	5Е3Б2Ос	1690	845	69,0	РПР
7Б2Е1Ос	Б.ЧС	0,6	8Е1Ос1Б	1730	1384	100	РПР
			1Е				
7Б2С1Е	Б.ЧС	0,6	10Е	1644	1644	80,0	РПР
7С1Е2Б	С.ЧС	0,8	10Е	2040	2040	84,1	РПР
			0,2...0,5Е				
6Ос4Б+Е	Ос.КС	0,7	10Е	1572	1572	76,6	РПР
			0Е				
7С3Б	С.КС	0,7	10Е	2417	2417	100	ДВР

Как видно из табл. 2, на всех опытных участках в составе подроста преобладает ель. При этом от 53 до 92 % подроста ели на всех пробных площадях является жизнеспособным. Доля сухого подроста составляет от 3 до 16 %, т.е. при несплошных рубках она в среднем не превышает 10 %. Подрост ели, почти независимо от степени его жизнеспособности, после начального приема постепенной рубки обнаруживает очень высокую жизнестойкость. Отмирают лишь единичные экземпляры.

Связь между составом материнского древостоя и численностью подроста ели после проведения несплошных рубок отражена на рисунке.

Анализ рисунка *а* показал, что тесной связи между численностью подроста ели на участках, пройденных сплошными рубками, и долей ели в составе материнского древостоя не наблюдается, так как величина достоверности аппроксимации не превышает 20 % ($R^2 = 0,184$). По-видимому, на состав подроста в данном случае, большее влияние оказала относительная полнота насаждения (чем она ниже, тем больше доля лиственных пород в составе подроста).



Зависимость численности (*а*) и встречаемости (*б*) подроста ели от ее доли в составе материнского древостоя

Однако при этом четко прослеживаются некоторые тенденции. Минимальная численность подроста ели (около 2,0 тыс. экз./га) наблюдается на объектах исследования с долей ели в составе материнского древостоя от 0 до 2 экз. Это объясняется недостаточным количеством деревьев ели, оставляемых на доращивание после несплошных рубок и выполняющих роль обсеменителей. Наибольшая численность подроста была зафиксирована на участках с долей ели в составе материнского древостоя 4...6 экз. и на объектах, где имеется второй ярус из ели.

Таким образом, с увеличением доли ели в составе древостоя численность подроста возрастает.

Аналогичная ситуация наблюдается и при анализе связи между составом материнского древостоя и встречаемостью подроста ели (см. рисунок б).

Достоверность аппроксимации в данном случае еще ниже ($R^2 = 0,1294$), поэтому с уверенностью говорить о влиянии доли ели в составе материнского древостоя на встречаемость подроста на данный момент сложно. Известно, что встречаемость подроста, в первую очередь, зависит от его численности.

На основании изложенного выше можно сделать вывод, что для успешного восстановления еловых древостоев в дальнейшем можно рекомендовать при проведении несплошных рубок оставлять на доращивание в составе вырубаемых насаждений 4...6 экз. ели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грязькин А.В. Возобновительный потенциал таежных лесов (на примере ельников Северо-Запада России): моногр. СПб.: СПбГЛТА, 2001. 188 с.
2. Грязькин А.В., Смирнов А.П. Влияние хозяйственных мероприятий на структурные элементы лесных биогеоценозов. М.: ВИНТИ, 1997. 74 с.
3. Пат. 2084129, РФ, МКИ С 6 А 01 G 23/00. Способ учета подроста / Грязькин А.В. № 94022328/13; заяв. 10.06.94; опуб. 20.07.97, Бюл. № 20.
4. Родионов А.В., Давыдков Г.А. Определение ширины технологического коридора и глубины колеи для лесных машин // Электронный журнал «Исследовано в России». Режим доступа: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2004/024.pdf> 237.
5. Сеннов С.Н. Уход за лесом (экологические основы). М.; Л.: Наука, 1984. 128 с.
6. Тихонов А.С. Лесоводственные основы различных способов рубки леса для возобновления ели. Л.: ЛГУ, 1979. 248 с.

Поступила 22.05.12

N.V. Belyaeva, A.V. Gryazkin, M. Gutal, P.M. Kalinsky

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

Influence of Partial Cutting Technology and Composition of Parent Stand on Spruce Regeneration

The influence of partial clear cutting technology and composition of parent stand on spruce natural regeneration was analyzed at experimental production facilities of the Leningrad Region, Russia. Partial cuttings were performed in stands of Oxalidosum and Myrtillosum forest types with a relative density of 0.6–0.8. The research revealed the influence of partial cutting on the preservation of spruce undergrowth and determined the relation between the quantity of spruce undergrowth and composition of parent stand.

Keywords: forest phytocenosis, partial cutting, gradual cutting, selective cutting, natural reforestation, spruce undergrowth, undergrowth preservation, amount and occurrence of undergrowth.

УДК 6307*566

С.В. Третьяков, А.А. Горбунов, П.А. Феклистов

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

Третьяков Сергей Васильевич родился в 1956 г., окончил в 1978 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой лесной таксации и лесоустройства Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет около 100 печатных работ в области изучения лесных ресурсов и лесопользования, закономерностей роста и продуктивности смешанных лесов Севера, добровольной лесной сертификации.
E-mail: s.v.tretyakov@narfu.ru



Горбунов Александр Александрович родился в 1987 г., окончил в 2009 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры лесной таксации и лесоустройства Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет 3 печатные работы в области изучения закономерностей роста и продуктивности смешанных модальных осинового древостоев.
E-mail: gorbunov@titans.su



Феклистов Павел Александрович родился в 1950 г., окончил в 1972 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой экологии и защиты леса Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет около 210 печатных работ в области лесной экологии.
E-mail: p.feklistov@narfu.ru



ХОД РОСТА СМЕШАННЫХ МОДАЛЬНЫХ СРЕДНЕТАЕЖНЫХ НАСАЖДЕНИЙ С ПРЕОБЛАДАНИЕМ ОСИНЫ В АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Разработаны таблицы хода роста смешанных модальных осинников средней подзоны тайги, получены математические модели роста осины, сосны, ели и березы в смешанных модальных древостоях с преобладанием осины.

Ключевые слова: естественный отпад, изреживание, модальные осинового насаждения, постоянные пробные площади, моделирование, количество деревьев, возраст.

Ход роста учитывает изменение с возрастом всех таксационных показателей древостоев: средних высоты и диаметра, суммы площадей сечений на высоте груди, запаса древесины, числа деревьев и др. [6].

Нами установлено изменение этих параметров с возрастом смешанных осинового древостоев применительно к двум классификационным категориям: тип леса и класс бонитета. Тип леса при составлении таблиц хода роста является одним из оснований для отнесения древостоев на пробных площадях к одному естественному ряду развития. Использование типа леса позволяет

подобрать древостои одного ряда, так как условия произрастания определяют процессы развития ценоза. Исходя из этого принципа подбирали и группировали свои опытные материалы Н.В. Третьяков (1937 г.), А.Д. Дударев (1949 г.), Н.В. Огородов (1951 г.), М.В. Давидов (1952 г.), В.И. Левин (1954 г.), И.М. Науменко (1958 г.), Г.С. Разин (1967 г., 1977 г.), И.И. Гусев (1978 г.), И.И. Гусев, С.В. Третьяков (1990 г.) и др. [2 – 8, 9, 11 – 13]. Однако тип леса не имеет такого четкого толкования как класс бонитета.

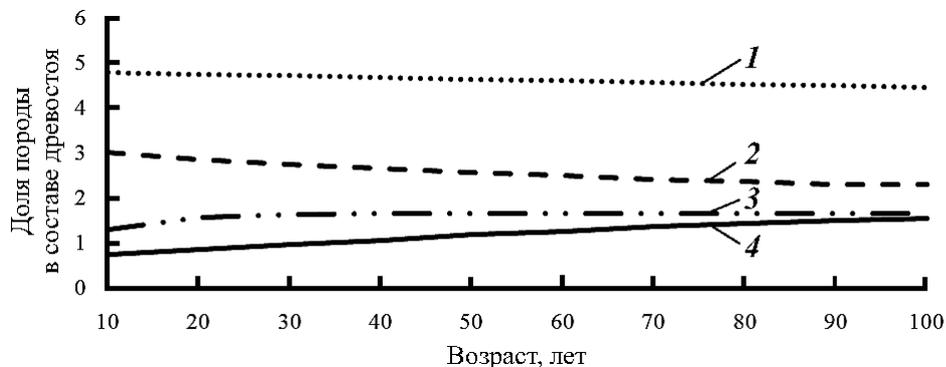
Независимо от того, по каким категориям классифицируются насаждения, основным и весьма сложным вопросом при составлении таблиц хода роста древостоев является обоснование количественных (не говоря уже о качественных) изменений таксационных показателей с возрастом. Поскольку приходится иметь дело с растительными сообществами, развивающимися на протяжении многих десятилетий, а иногда столетий, под воздействием факторов внешней среды, используют вероятностные методы в установлении таксационных показателей.

Наиболее совершенным методом составления опытных таблиц хода роста является типологический метод с проведением повторных обследований и измерений древостоев на постоянных пробных площадях и с учетом накопившихся опытных материалов в этой области [6].

Осиновые насаждения Архангельской области занимают 1,1 % от покрытой лесом площади [7]. Коренных насаждений с преобладанием осины нет, в основном это вторичные леса, большинство из которых выросли на сплошных вырубках из-под кисличных и черничных типов леса. Благоприятные для осины условия умеренно-континентального климата средней подзоны тайги обуславливают формирование на этих почвах высокопроизводительных древостоев. На месте ельников-черничников III-IV классов бонитета формируются осинники I и II классов бонитета [1].

Для составления таблиц хода роста смешанных модальных осиновых насаждений зеленомошной группы типов леса (II класс бонитета) средней подзоны тайги на территории Архангельской области использовали материалы по 20 заложенным временным пробным площадям в Вельском, Устьянском лесничествах и проведенным повторным переучетам на 3 постоянных пробных площадях Емцовского учебно-опытного участкового лесничества Обозерского лесничества. Для анализа хода роста были срублены модельные деревья осины в смешанных осиновых насаждениях Вельского и Устьянского лесничеств.

Для изучения динамики состава, распространения и других вопросов использовали массовые материалы глазомерной таксации. Электронные базы данных глазомерной таксации были взяты по Каргопольскому, Коношскому, Вельскому, Устьянскому и Вилегодскому лесничествам. На основании анализа собранных данных установлено, что смешанные насаждения с преобладанием осины, имеющие в составе также березу, сосну и ель, занимают в исследуемых лесничествах площадь 28 429 га с общим запасом 5 млн 580 тыс. м³.



Изменение с возрастом доли участия породы в составе смешанных модальных насаждений с преобладанием осины: 1 – осина; 2 – береза; 3 – сосна; 4 – ель

Массовые материалы глазомерной таксации были сгруппированы по группам типов леса. Наибольшее распространение имеют насаждения, отнесенные к типу леса «ельник черничник свежий». В результате вычисления средних значений определены средние составы насаждений по возрастным группам и построены графики (см. рисунок).

Связь доли участия породы (осина, береза, сосна и ель) в составе насаждений с возрастом осины выражается следующими уравнениями:

$$Y_{Oc} = 47,5 A_{Oc}^{-0,00012 A_{Oc}}; \quad m_y = \pm 0,29;$$

$$Y_B = 28,38 \cdot 0,99778^{A_{Oc}}; \quad m_y = \pm 0,31;$$

$$Y_C = 13,7 A_{Oc}^{0,0486}; \quad m_y = \pm 0,27;$$

$$Y_E = 8,78 \cdot 1,00564^{A_{Oc}}; \quad m_y = \pm 0,34,$$

где Y_{Oc} , Y_B , Y_C , Y_E – доля в составе соответственно осины, березы, сосны, ели;
 A_{Oc} – средний возраст осины, лет;
 m_y – основная ошибка уравнения.

Установлено, что процесс изменения доли участия каждой породы в запасах смешанных модальных древостоев с возрастом закономерный и подчиняется приведенным выше уравнениям. Доля осины и березы с возрастом уменьшается вследствие их недолговечности. Доля ели и сосны в составе смешанных древостоев с возрастом постепенно увеличивается. Состав смешанных осиновых древостоев зеленомошной группы приведен в таблице.

Как видно из данных таблицы, в дальнейшем без хозяйственного воздействия данные древостои из лиственно-еловых перейдут в категорию елово-лиственных.

Ход роста модальных одновозрастных смешанных основных древостоев зеленомошной группы типов леса (II класс бонитета)

Возраст	Состав древостоя	Порода	Средние		Количество деревьев, шт./га	Видовое число	Сумма площадей сечений, м ² /га	Запас, м ³ /га	Изменение запаса, м ³ /га	
			диаметр, см	высота, м					Среднее	Текущее
20	4,7Ос 2,7Б 1,6С 1,0Е	Ос	4,0	5,5	6 500	0,699	6,76	26	1,37	–
		Б	4,4	5,4	3 750	0,657	4,23	15	0,79	–
		С	4,1	4,7	2 250	0,659	2,91	9	0,47	–
		Е	3,6	3,8	1 500	0,660	2,39	6	0,32	–
	<i>Итого</i>	–	–	14 000	–	16,29	56	2,95	–	
30	4,7Ос 2,7Б 1,6С 1,0Е	Ос	7,3	9,0	2 044	0,576	8,87	46	1,59	2,00
		Б	8,3	8,9	1 102	0,534	5,47	26	0,90	1,10
		С	7,9	8,2	600	0,555	3,30	15	0,52	0,60
		Е	6,2	7,6	395	0,578	2,28	10	0,34	0,40
	<i>Итого</i>	–	–	4 141	–	19,92	97	3,34	4,10	
40	4,7Ос 2,6Б 1,6С 1,1Е	Ос	12,3	13,0	887	0,518	10,10	68	1,79	2,20
		Б	11,7	12,5	513	0,498	5,94	37	0,97	1,10
		С	11,8	12,0	307	0,508	3,77	23	0,61	0,80
		Е	8,7	9,9	319	0,549	2,94	16	0,42	0,60
	<i>Итого</i>	–	–	2 025	–	22,76	144	3,79	4,70	
50	4,6Ос 2,5Б 1,7С 1,2Е	Ос	18,3	16,9	345	0,490	9,66	80	1,63	1,20
		Б	17,2	15,7	243	0,481	5,69	43	0,88	0,60
		С	15,5	15,2	195	0,484	3,94	29	0,59	0,60
		Е	11,9	13,0	271	0,535	3,02	21	0,43	0,50
	<i>Итого</i>	–	–	1 054	–	22,32	173	3,53	2,90	
60	4,6Ос 2,5Б 1,7С 1,2Е	Ос	24,0	19,8	156	0,490	8,97	87	1,50	0,70
		Б	19,3	18,1	194	0,478	5,55	48	0,83	0,50
		С	18,8	17,9	152	0,484	3,69	32	0,55	0,30
		Е	14,2	14,7	193	0,530	2,95	23	0,40	0,20
	<i>Итого</i>	–	–	695	–	21,16	190	3,28	1,70	
70	4,6Ос 2,4Б 1,7С 1,3Е	Ос	28,2	21,6	122	0,485	9,35	98	1,42	1,10
		Б	21,1	19,9	153	0,476	5,38	51	0,74	0,30
		С	21,3	19,8	110	0,479	3,80	36	0,52	0,40
		Е	16,3	16,1	170	0,525	3,31	28	0,41	0,50
	<i>Итого</i>	–	–	554	–	21,85	213	3,09	2,30	

Окончание таблицы

Возраст	Состав древостоя	Порода	Средние		Количество деревьев, шт./га	Видовое число	Сумма площадей сечений, м ² /га	Запас, м ³ /га	Изменение запаса, м ³ /га	
			диаметр, см	высота, м					Среднее	Текущее
80	4,5Ос 2,4Б 1,7С 1,4Е	Ос	30,7	22,7	104	0,484	9,01	99	1,25	0,10
		Б	22,3	21,1	139	0,476	5,28	53	0,67	0,20
		С	23,3	20,9	86	0,476	3,72	37	0,47	0,10
		Е	18,2	17,1	142	0,525	3,45	31	0,39	0,30
90	Итого 4,5Ос 2,3Б 1,7С 1,5Е	–	–	–	470	–	21,46	220	2,78	0,70
		Ос	32,1	23,3	93	0,478	9,34	104	1,17	0,50
		Б	23,1	21,9	124	0,476	5,18	54	0,61	0,10
		С	24,6	21,7	82	0,471	3,82	39	0,44	0,20
		Е	20,0	17,7	123	0,520	3,80	35	0,39	0,40
100	Итого 4,5Ос 2,3Б 1,7С 1,5Е	–	–	–	423	–	22,14	232	2,61	1,20
		Ос	32,8	23,6	84	0,474	9,12	102	1,02	-0,20
		Б	25,2	22,5	106	0,467	5,23	55	0,55	0,10
		С	25,4	22,1	77	0,471	4,13	43	0,43	0,40
		Е	21,7	17,9	116	0,506	4,42	40	0,40	0,50
	Итого	–	–	383	–	22,90	250	2,40	0,80	

С использованием средних высот на пробных площадях и массовых материалов глазомерной таксации получены математические модели роста осины, березы, сосны и ели в смешанных модальных древостоях с преобладанием осины по высоте:

$$H_{Oc} = 23,91/(1 + 13,175\exp(-0,069A_{Oc})); \quad m = \pm 0,83;$$

$$H_B = 23,414/(1 + \exp(-0,384 - 0,046142A_{Oc}))^{1/0,163}; \quad m = \pm 0,57;$$

$$H_C = 22,622/(1 + 9,741\exp(-0,06013A_{Oc})); \quad m = \pm 0,66;$$

$$H_E = -0,719 + 0,363A_{Oc} - 0,00176A_{Oc}^2; \quad m = \pm 0,87,$$

где H_{Oc} , H_B , H_C , H_E , – средняя высота соответственно осины, березы, сосны и ели, м.

С использованием средних диаметров на пробных площадях и массовых материалов глазомерной таксации получены математические модели роста осины, сосны, ели и березы в смешанных модальных древостоях с преобладанием осины по диаметру:

$$D_{Oc} = 33,486/(1 + 32,29\exp(-0,0734A_{Oc})); \quad m = \pm 0,71;$$

$$D_B = -4,571 + 0,493A_{Oc} - 0,00216A_{Oc}^2; \quad m = \pm 1,03;$$

$$D_C = 0,01311 \cdot 0,98160^{A_{Oc}} A_{Oc}^{2,0467}; \quad m = \pm 0,61;$$

$$D_E = -0,8 + 0,286A_{Oc} - 0,000606A_{Oc}^2; \quad m = \pm 0,47,$$

где D_{Oc} , D_B , D_C , D_E , – средний диаметр соответственно осины, березы, сосны и ели, см.

Запас древесины на единице площади является одним из основных таксационных показателей, непосредственно характеризующих производительность лесов. Запас на 1 га осины в смешанных насаждениях довольно быстро увеличивается до возраста 70...90 лет. Осина в модальных насаждениях имеет максимальный запас древесины (104 м³/га) в возрасте 90 лет. В дальнейшем ее запас уменьшается в связи с интенсивным отпадом в толстомерных ступенях толщины. Снижение запаса осины компенсируется постоянным увеличением запасов сосны и ели в связи с их долговечностью. В модальных насаждениях зеленомошной группы типов леса (II класс бонитета) с преобладанием осины в возрасте 100 лет запасы сосны и ели составляют соответственно 43 и 40 м³/га.

Смешанные осинники являются менее продуктивными, чем чистые осиновые насаждения, которые при полноте 1,0 в возрасте 80 лет имеют запасы на 7...8 % больше [10].

Исследование динамики смешанных модальных насаждений с преобладанием осины позволит прогнозировать их рост, развитие и организовать в них научно-обоснованное лесопользование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Войнов Г.С.* Динамика осиновых и осиново-еловых насаждений в средней подзоне тайги // Экология таежных лесов, Архангельск: АИЛиЛХ. 1978. С. 75–84.

2. Гусев И.И. Продуктивность ельников Севера. Л.: Изд-во ЛГУ, 1978. 232 с.
3. Гусев И.И., Третьяков С.В. Рост и продуктивность среднетаежных сосново-еловых древостоев // Материалы отчетной сессии по итогам НИР за 1989 г. / АИЛиЛХ. Архангельск, 1990. С. 48–49.
4. Давидов М.В. Ход роста сомкнутых березовых насаждений // Лесн. хоз-во. 1952. № 4. С. 48–51.
5. Дударев А.Д. Строение и рост сосняков Брянского лесного массива: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Воронеж, 1949. 20 с.
6. Левин В.И. Ход роста полных одновозрастных сосновых древостоев Архангельской области по классам бонитета // Тр. АЛТИ. Архангельск, 1954. № 14. С. 96–106.
7. Лесной план Архангельской области. Архангельск, 2008. [Электронный ресурс] www.dvinaland.ru. Время обращения: 12.12.2011 г.
8. Науменко И.М. Опытные таблицы хода роста и сортиментной структуры дубовых семенных насаждений СССР // Лесн. журн. 1958. № 1. С. 46–55. (Изв. высш. учеб. заведений).
9. Огородов Н.В. Рост сомкнутых березовых насаждений на северо-востоке Европейской части СССР // Лесн. хоз-во. 1951. № 10. С. 31–34.
10. Полевой справочник таксатора (Для таежных лесов Европейского Севера) / И. И. Гусев [и др.]. Архангельск: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1971. 196 с.
11. Разин Г.С. О бонитетных шкалах и ходе роста древостоев // Сб. тр. Поволжского ЛТИ им. М. Горького. Йошкар-Ола, 1967. № 58, вып. 3. С. 101–105.
12. Разин Г.С. Эскизы таблиц хода роста древостоев (сосны, ели, березы, осины) с полнотой 1,0 по классам бонитета // Основные положения организации и развития лесного хозяйства Пермской области. Пермь: Госкомитет СССР; ВО «Леспроект», 1977. С. 437–455.
13. Третьяков Н.В. Методика учета текущего и среднего прироста древостоев // Вопросы лесной таксации // Тр. ЦНИИЛХ. Л., 1937. С. 4–44.

Поступила 01.06.12

S.V. Tretyakov, A.A. Gorbunov, P.A. Feklistov

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

Growth Dynamics of Mixed Modal Mid-Taiga Aspen-Dominated Stands in the Arkhangelsk Region

Tables of growth dynamics for mixed modal aspen stands in the middle taiga subzone were compiled. Mathematical models of aspen, pine, spruce and birch growth in mixed modal aspen-dominated stands were developed.

Keywords: natural mortality, thinning, modal aspen stands, at permanent sample plots, modeling, number of trees, age.

УДК 630*232

М.Д. Мерзленко¹, М.И. Захарова²

¹Институт лесоведения РАН

²Московский государственный университет леса

Мерзленко Михаил Дмитриевич родился в 1946 г., окончил в 1969 г. Московский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ведущий научный сотрудник Института лесоведения РАН. Имеет 360 печатных работ в области искусственного лесовосстановления, лесоводства, лесной науки.
E-mail: root@ilan.ras.ru



Захарова Мария Игоревна окончила в 2012 г. Московский государственный университет леса, аспирант кафедры искусственного лесовыращивания и механизации лесохозяйственных работ МГУЛ. Область научных интересов – искусственное лесовосстановление, лесоводство, науки о лесе.
E-mail: zaharova@mgul.ac.ru



ИТОГ ОПЫТА М.К. ТУРСКОГО ПО ВЫРАЩИВАНИЮ КУЛЬТУР СОСНЫ ИЗ РАЗНОГО ЛЕСОКУЛЬТУРНОГО МАТЕРИАЛА

Подведен итог эксперимента проф. М.К. Турского по созданию лесных культур сосны разными методами (закладкой саженцами, сеянцами, посевом семян), который выявил неоднозначность результатов на разных этапах выращивания этих искусственных насаждений.

Ключевые слова: лесные культуры, сосна обыкновенная, саженцы, сеянцы, посадка, посев, метод лесных культур.

Поставленный проф. М.К. Турским эксперимент имел целью изучить особенности роста сосны в культурах, созданных разными методами. Опыт заложен на участке, длительно использовавшемся под сельскохозяйственные культуры, на территории Лесной дачи Петровской земледельческой и лесной академии (ныне Лесная опытная дача Российского государственного аграрного университета – МСХА им. К.А. Тимирязева), вошедшей к октябрю 1917 г. в черту г. Москвы [4]. Тип условий местопроизрастания – свежая сложная суборь (С₂).

Каждый метод имел двукратную повторность. Сначала весной 1877 г. по вспаханым плугом полосам были высеяны рядами семена сосны (семенная фирма Вагнера, г. Рига). Одновременно их высеяли и на питомнике. Весной 1878 г. однолетние сеянцы из питомника высадили под кол по два растения в каждое посадочное место также по вспаханной почве. В это же время сеянцы были пересажены в питомнике в школу, а затем трехлетками (1+2) весной 1880 г. высажены в ямки, сделанные мотыгой. Среднее расстояние между рядами на всех участках – 2,13 м, в ряду – 30 см.

© Мерзленко М.Д., Захарова М.И., 2013

Саженьцы в первый год дали большой отпад, поэтому весной 1881 г. произведено дополнение. Агротехнический уход в первые годы заключался в прополке, дубликаты в посадках однолетками были вырублены. Кроме того, в 1891 г. произведены разреживание посевов и одновременная обрезка сучьев сосны в посадке саженьцами. В течение жизни в насаждении вырубался только сухостой [1, 9].

Во всех вариантах культур сосны, начиная с 35-летнего возраста, активно возобновилась и начала расти липа сердцевидная, с конца XX в. – клен остролистный. Обе древесные породы являются четким эдификатором группы сложных типов леса.

В конце XIX в. из всех вариантов опыта сосна посевом давала наибольший пророст вершинного побега [5]. Исследования, выполненные на протяжении XX в. дали неоднозначные результаты: сначала преимущества были за посадкой однолетними сеянцами в успешности роста и продуктивности [2, 1]; затем последовал вывод, что по сохранности, запасу, среднему приросту и общей продуктивности посадки сосны одно- и трехлетними саженьцами мало различаются между собой, но значительно превосходят насаждения, полученные посевом семян [9]. Вывод о преимуществах использования сеянцев и саженьцев был получен и в 1992 г. [6].

Нами в октябре 2012 г. были исследованы эти опытные культуры в возрасте 135 лет, причем, в отличие от таксатора А.Н. Полякова [6], мы исключили из расчетов пробную площадь Б₆, потому что, как отмечал В.П. Тимофеев, на ней были высеяны семена из Германии (г. Дармштадт). Это привело к большому отпаду и массовой кривоствольности растущих деревьев [1]. На момент наших исследований культуры сосны на этой пробной площади почти полностью распались.

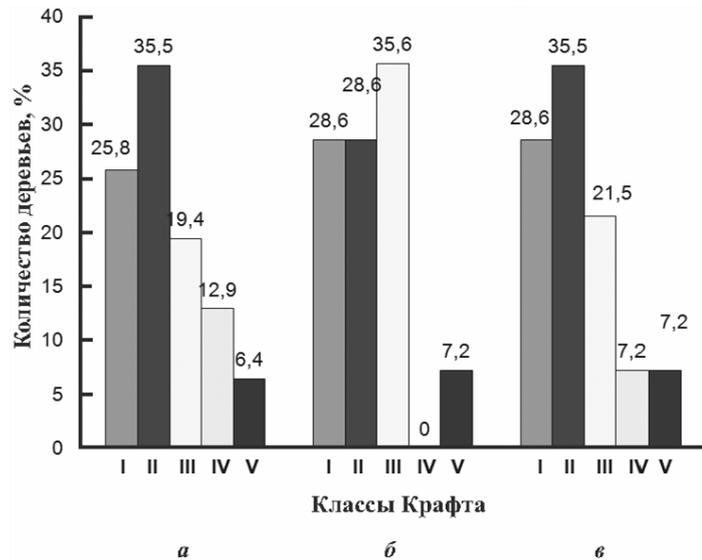
Исследования 135-летних культур сосны (см. таблицу) показали их хороший рост по высоте и диаметру. Особенно это касается метода посадки

Показатели роста и производительности 135-летней сосны в культурах, созданных разными методами

Метод создания культур, пробная площадь	Средние		Сумма площадей сечений, м ² /га	Число стволов, шт./га		Сухостой от общего числа стволов, %	Запас растущих деревьев, м ³ /га
	высота, м	диаметр, см		живых	сухих		
Посадка саженьцами, Б ₁ + Б ₄	28,8	36,5	11,9	108	69	40	147
Посадка сеянцами, Б ₂ + Б ₅	29,0	37,0	8,9	87	30	26	112
Посев семян, Б ₃	28,1	35,1	11,6	121	87	42	141

с использованием как саженцев, так и семян. Большинство деревьев на пробных площадях независимо от метода их создания представлены высшими (I и II) классами по Крафту (рис. 1). Обращает на себя внимание обилие сухостойных деревьев на всех пробных площадях, причем доля сухостоя больше там, где сохранилось больше деревьев (см. таблицу). Учитывая, что во время наших исследований усыхающих деревьев не отмечено, процент сосен IV и V классов не так уж велик и господствуют деревья I и II классов Крафта, следует со временем ожидать волну [3] очередной элиминации сосны. Это уже может привести к полному выпадению сосны из насаждений. Вытеснению сосны способствует липа. Если в середине XX в. она входила только во второй ярус, затем к концу XX в. вышла в верхний полог насаждений, то уже в настоящее время стала, хоть и незначительно, превышать высоту сосны. Положение последней усугубляется тем, что липа численно и по массе доминирует над ней, занимая на разных пробных площадях от 60 до 80 % по составу.

Рис. 1. Распределение деревьев по классам Крафта в культурах сосны, созданных разными методами: *а* – посадка саженцами; *б* – посадка сеянцами; *в* – посев



В целом позиции сосны вне зависимости от метода лесных культур сильно пошатнулись еще в середине XX в. по причине ее биологических особенностей, так как она оказалась весьма чувствительной к загрязнению воздушного бассейна выбросами промышленных предприятий. Прежде всего, это относится к сернистому газу, при определенной концентрации которого хвоя у сосны принимает желтовато-бурую окраску и укорачивается до 2...3 см, а продолжительность ее жизни сокращается до 1...2 лет. В кроне появляются сухие ветви, постепенно она редет, само дерево начинает суховершинить. Такая картина особенно явно наблюдалась вплоть до 1970-х гг., когда в Москве было много работающих на угле котельных [8].

Перегущенность насаждений [7], воздействие загрязнения воздушной среды и вытесняющая роль липы привели к интенсивному отпаду деревьев, в

результате чего к 135-летнему возрасту численность растущих деревьев сосны стала немного ниже нормальной. Перегущенность изначально была заложена по причине очень близкого расстояния посадочных и посевных мест по линии рядов – через 0,3 м. Это вызвало ускорение роста в высоту, отпада и накопления стволового запаса с последующим его падением (рис. 2). Текущий прирост по запасу во всех вариантах опыта стал после 80 лет отрицательным.

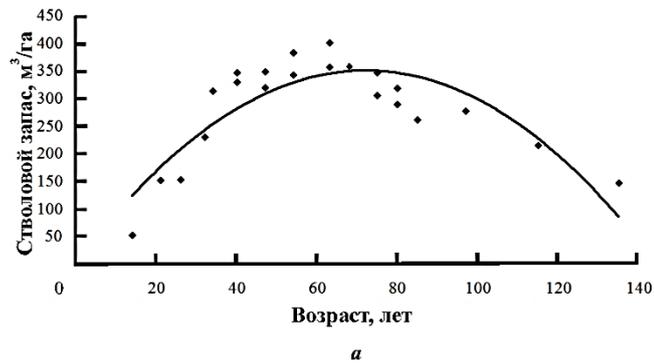
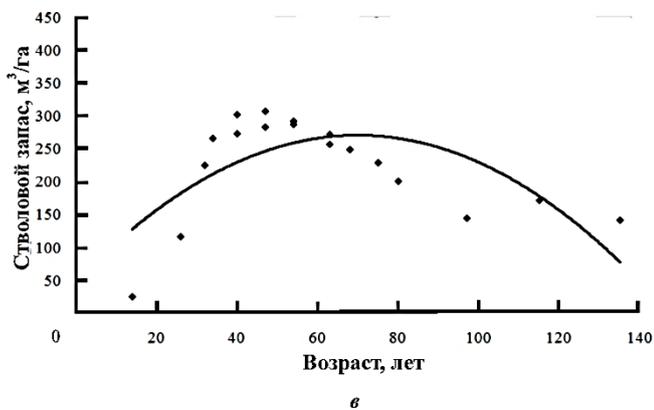
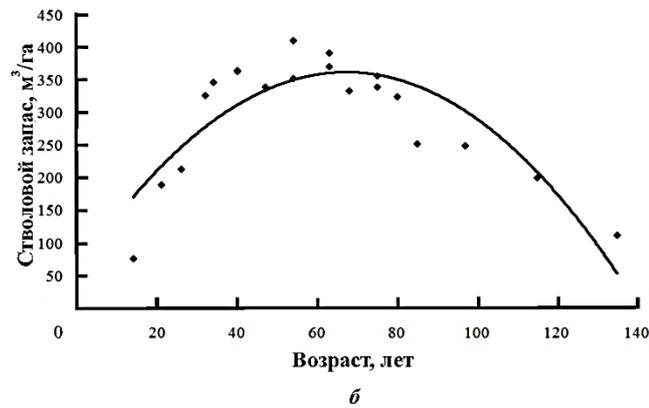


Рис. 2. Динамика стволового запаса в культурах сосны, созданных разными методами: *а* – посадка саженцами; *б* – посадка сеянцами; *в* – посев



Максимальное накопление стволового запаса произошло к возрастному периоду 65...70 лет, причем в культурах, созданных сеянцами, он начался раньше, затем последовало его резкое падение. Для культур, созданных сеянцами, в 54 года на пробной площади Б₂ был зарегистрирован [1] самый большой из всех вариантов опыта запас стволовой древесины – 410 м³/га.

В итоге опыт проф. М. К. Турского показал, что в условиях свежей сложной субори (С₂) перспективнее создавать культуры сосны методом посадки с использованием в качестве лесокультурного материала как саженцев, так и сеянцев. Сосна как элемент искусственного насаждения будет продолжать элиминировать, ибо этот процесс усиливается по причине интенсивной смены сосны липой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Итоги экспериментальных работ в Лесной опытной даче ТСХА за 1862–1962 гг. М.: Изд-во ТСХА, 1964. 518 с.
2. Кротова Н.Г. Влияние возраста посадочного материала на рост сосны // Докл. ТСХА. 1960. Вып. 59. С. 123–129.
3. Мерзленко М.Д., Бабич Н.А. Теория и практика искусственного лесовосстановления. Архангельск: Изд-во САФУ, 2011. 239 с.
4. Москва: энциклопедия / гл. ред. С.О. Шмидт; сост.: М.И. Андреев, В.М. Карев. М.: Большая Российская энциклопедия, 1997. 976 с.
5. Нестеров Н.С. Лесная дача в Петровском Разумовском под Москвой. М.; Л.: Сельхозгиз, 1935. 560 с.
6. Поляков А.Н., Хлюстов В.К. Лесоводы Петровской и Тимирязевской академии. М.: Изд-во РГАУ–МСХА им. К.А. Тимирязева, 2010. 111 с.
7. Рогозин М.В., Разин Г.С. Лесные культуры Теплоуховых в имении Строгановых на Урале: история, законы развития, селекция ели. Пермь: Изд-во Перм. гос. ун-та, 2011. 192 с.
8. Самойлов Б.Л., Захаров К.В. Сосна и ель в Москве. М.: Департамент природопользования и охраны окружающей среды г. Москвы, 2004. 416 с.
9. Тимофеев В.П. Лесная опытная дача (путеводитель). М.: Изд-во ТСХА, 1971. 80 с.

Поступила 16.11.12

M.D. Merzlenko¹, M.I. Zakharova²

¹Institute of Forest Science, Russian Academy of Sciences

²Moscow State Forest University

The Results of Professor Tursky's Experiment on Growing Pine Cultures from Various Planting Stocks

The article provides the results of professor Tursky's experiment on growing pine forest cultures using various methods (sapling and seedling establishment, seeding). The analysis of the experiment has revealed multiplicity and ambiguous nature of its results at different stages of crop growing.

Keywords: forest cultures, Scots Pine, saplings, seedlings, establishment, seeding, forest cultures method.

УДК 630*221.02

Н.А. Дружинин, Ф.Н. Дружинин

Вологодская государственная молочнохозяйственная академия
им. Н.В. Верещагина

Дружинин Николай Андреевич родился в 1945 г., окончил в 1973 г. Уральский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесного хозяйства ВГМХА им. Н.В. Верещагина. Имеет более 150 печатных работ по ведению лесного хозяйства в насаждениях на торфяных и минеральных почвах, экологическим вопросам.

E-mail: drujinin@mail.ru



Дружинин Федор Николаевич родился в 1980 г., окончил в 2002 г. Вологодскую государственную молочнохозяйственную академию им. Н.В. Верещагина, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой лесного хозяйства ВГМХА им. Н.В. Верещагина. Имеет около 50 печатных работ в области селекции растений, освоения вторичных лиственных лесов в целях восстановления еловых формаций, а также рубок ухода и заготовки спелой и перестойной древесины.

E-mail: drujinin@mail.ru



КЛАССИФИКАЦИЯ И ОСОБЕННОСТИ СПЛОШНЫХ И ВЫБОРОЧНЫХ ФОРМ РУБОК

Рассмотрена классификация по формам, системам, методам и видам рубок древесины в спелых и перестойных насаждениях. Показаны особенности их проведения с учетом схем типов возрастного строения хвойных древостоев. Установлено, что доля высокоэффективных добровольно-выборочных и комплексных рубок в освоении лесосечного фонда должна возрастать в ближайшей перспективе.

Ключевые слова: формы, системы, способы, методы, виды рубок.

При сырьевом лесопользовании неотъемлемой частью является выбор системы, метода, способа рубок (рис. 1), которые, в определенной мере, классифицируются по видам рубок. Прежде всего, это относится к системам и способам рубок. Метод отбора деревьев находит отражение в нормативных документах [3] только при сплошнолесосечной системе рубок и длительно-постепенных рубках. В первом случае это сплошная рубка спелых и перестойных деревьев, входящих в пересчетную часть древостоя, во втором – рубка деревьев с отпускного диаметра, назначаемого для каждой древесной породы.

Достаточно полно учитывается обеспеченность насаждений предварительным возобновлением в виде подроста и деревьев второго яруса хвойных пород, не достигших возраста спелости. Не случайно сплошнолесосечная система включает сплошные рубки с предварительным и последующим возобновлением. Обязательным условием для назначения длительно-постепенных

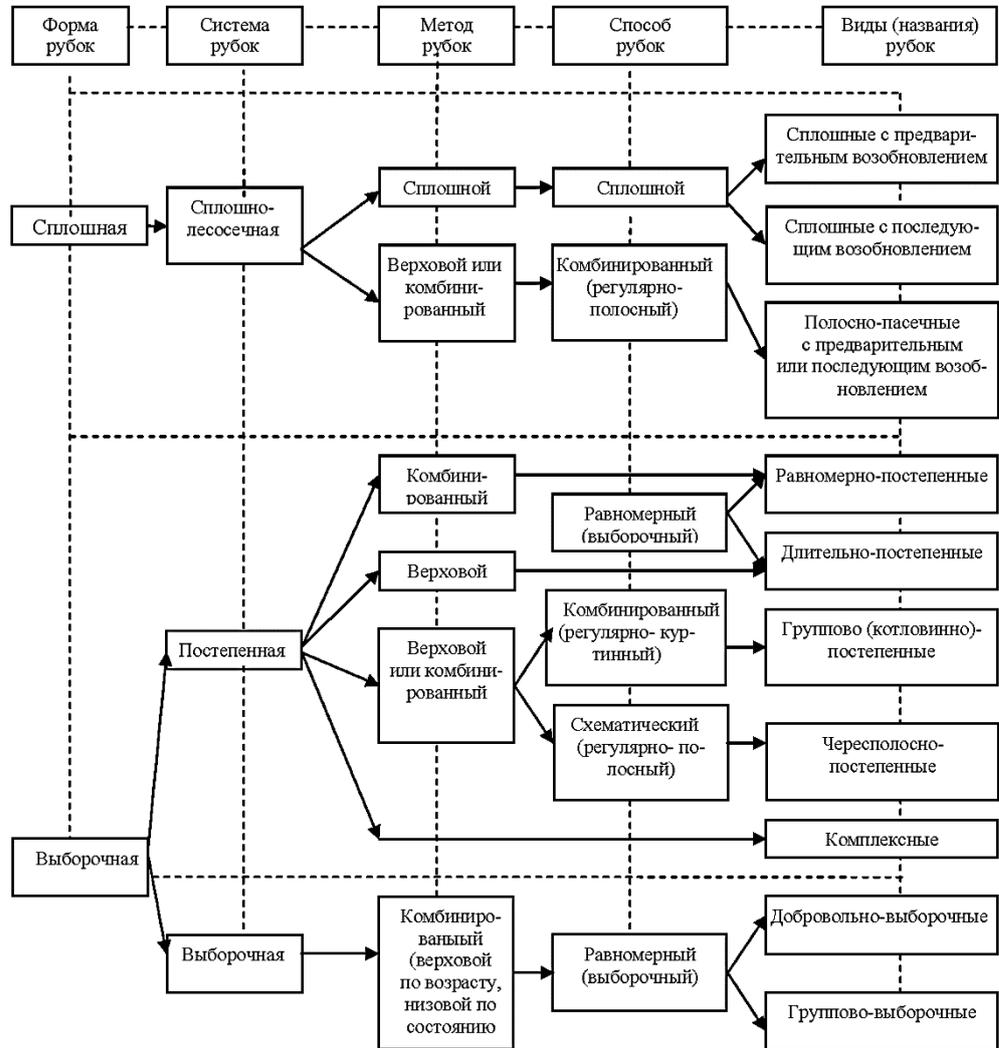


Рис. 1. Формы, системы, методы, способы, виды рубок по заготовке

рубок с отпускного диаметра (верховой метод отбора деревьев в рубку) является обеспеченность хвойным элементом леса (подрост, деревья второго яруса) по типам лесорастительных условий (рис. 2).

При равномерно-постепенных рубках, назначаемых в высокополнотных насаждениях с условно-разновозрастной и разновозрастной структурой древостоя, при выраженном угнетении хвойного элемента леса, его недостаточном количестве или отсутствии должен применяться комбинированный метод отбора, предусматривающий отбор деревьев в рубку преимущественно из крайних ступеней толщины (рис. 2).

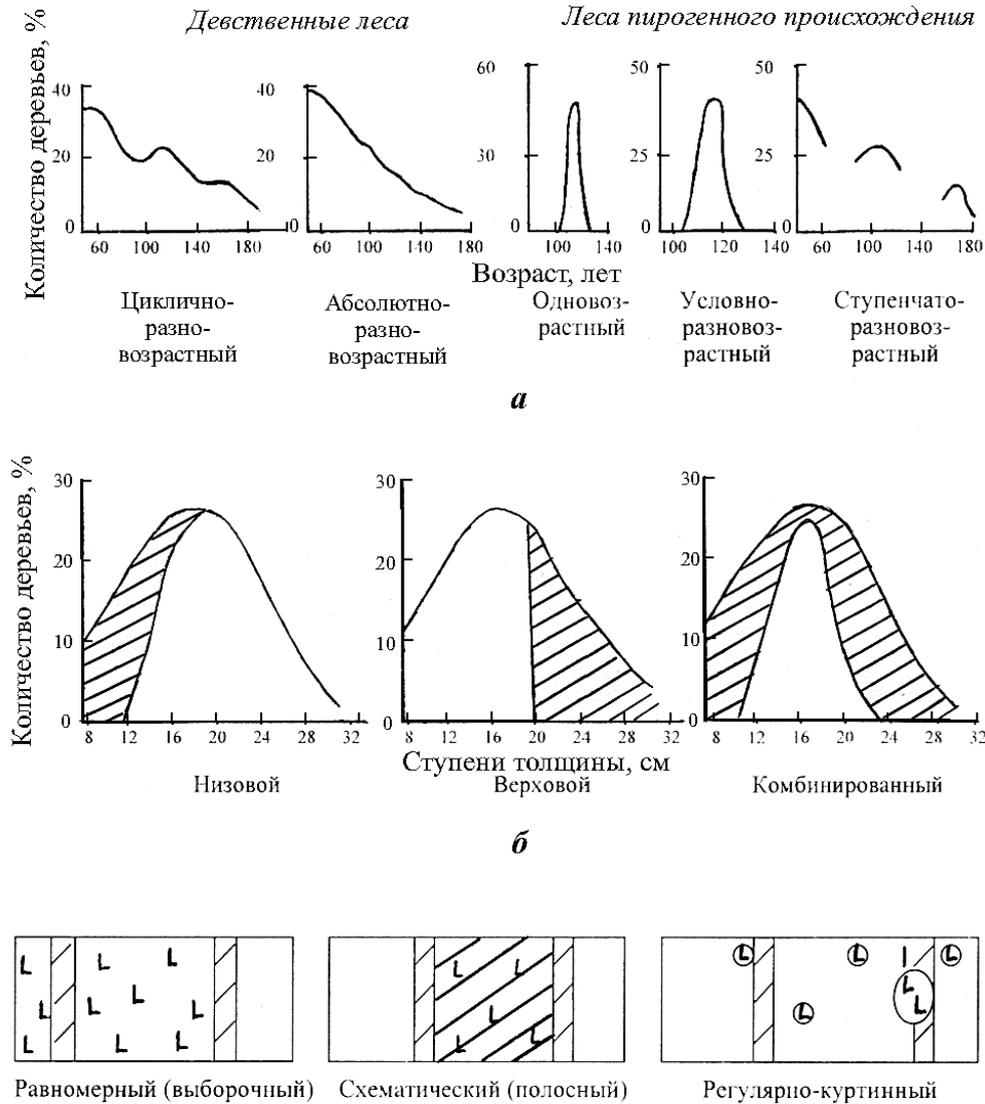


Рис. 2. Схемы возрастного строения хвойных древостоев (а, б) и способов рубок (в): а – в лесах девственного и пирогенного происхождения; б – по методам рубок

Преобладание отбора деревьев из крайних тонкомерных и толстомерных ступеней толщины обеспечивает усиление устойчивости от лесоразрушающих факторов сохраняемой части древостоя до следующего (следующих) приема рубки. Наши исследования [1, 2] показали, что сохранение на последующее доразривание деревьев из центральных ступеней толщины способ-

ствуется усилению их энергии роста по радиальному приросту, повышая лесоводственную эффективность равномерно-постепенных рубок.

Среди других видов постепенной системы метод отбора деревьев в рубку назначается исходя из обеспеченности насаждения хвойным элементом леса (подрост, деревья второго яруса). При группово-, котловинно- и чересполосно-постепенных рубках допустимо применение верхового метода отбора деревьев в рубку (по отпускному диаметру для каждой древесной породы). В случаях размещения спелых и более старшего возраста деревьев биогруппами и куртинами, при необеспеченности подростом или при его ослабленном жизненном состоянии при группово-(котловинно-)постепенных рубках целесообразно назначение комбинированного метода.

Особо следует остановиться на чересполосно-постепенных рубках, предусматривающих сплошную рубку древостоя на чередующихся в определенном порядке полосах шириной, не превышающей высоты древостоя [3]. По существу это сплошные полосно-пасечные рубки (см. рис. 1), так как лесоводственными требованиями площадь сплошной выборки древостоя без учета погрузочных пунктов при постепенной системе сырьевого лесопользования не должна превышать 15 % от общей площади лесосеки. При чередовании полос без рубки деревьев в первый прием лесосечных работ с рубкой полос такой же ширины по отпускному диаметру чересполосно-постепенные рубки будут соответствовать постепенной системе рубок. Такой подход позволяет осваивать осушаемые насаждения и на торфяных почвах [1].

Комбинированные рубки, включающие несколько видов одной системы рубок, отводятся в насаждениях с мозаичным распределением хвойного элемента леса по площади. В местах с достаточным количеством подроста отбор деревьев ведется по верховому методу, на остальной площади отведенной лесосеки – по комбинированному. В итоге обеспечивается равномерный способ освоения лесосеки.

Комплексные рубки назначаются в насаждениях пирогенного происхождения, в которых древостой чаще всего ступенчато-разновозрастный (рис. 2) с обильным сопутствующим, предварительным или последующим возобновлением. Высокая лесоводственная эффективность комплексных рубок обеспечивается и в лиственных (березняки) насаждениях. Данный вид рубок предусматривает одновременное выполнение на одном и том же участке леса элементов рубок по заготовке древесины (верховой метод отбора) и рубок ухода по низовому методу отбора деревьев в рубку.

Постепенная и выборочная системы лесопользования в настоящее время [3] объединены и представляют собой вместе с рубками ухода (прежде всего прореживаниями и проходными) выборочную форму рубок. Связано это с резким уменьшением на минеральных почвах хвойных насаждений при долевом участии в их составе хвойных пород свыше 7 ед. с разновозрастным стро-

ением (циклично-, абсолютно-, ступенчато-разновозрастные) древостоя (рис. 2). При меньшем долевым участии хвойных пород первая рубка будет носить элементы постепенной системы, и только последующие рубки будут соответствовать добровольно-выборочным.

Выборочная система рубок может назначаться и в лиственных лесах на территориях, подверженных техногенному загрязнению. Частичная последовательная рубка лиственных пород обеспечивает вегетативное возобновление и формирование новых по возрасту поколений, увеличивая (до определенной степени) продолжительность жизни лиственного насаждения. Выборочная система лесопользования наиболее близка к природе леса и трансформирует его незначительно по сравнению не только со сплошными, но и постепенными рубками. При добровольно-выборочных рубках, являющихся наиболее гибкими в дифференциации параметров, используется комбинированный метод отбора деревьев в рубку: верховой по возрасту, низовой – по жизненному состоянию.

На территории Европейского Севера среди выборочных форм рубок в спелых и перестойных насаждениях особого внимания заслуживают длительно- и равномерно-постепенные рубки. Более широкое их внедрение как в хвойных, так и в лиственных насаждениях позволит стабилизировать структуру лесного фонда и снизить сукцессионные процессы. При освоении лиственных, лиственно-хвойных и еловых насаждений целесообразно применение верхового метода отбора деревьев в рубку, если обеспеченность хвойным элементом леса под пологом древостоя достаточно высокая.

Лесоводственная эффективность равномерно-постепенных рубок в отношении дорастиваемой части древостоя выше по сравнению с остальными видами постепенной системы. Они должны назначаться в высокополнотных лиственных (березовых) и сосновых насаждениях пирогенного происхождения. Метод отбора деревьев в рубку – комбинированный, преимущественно из крайних ступеней толщины.

Высокоэффективными являются добровольно-выборочные и комплексные рубки. Их доля в освоении лесосечного фонда в ближайшей перспективе должна возрастать.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дружинин Н.А. Лесоводственно-экологическое обоснование ведения лесного хозяйства в осушаемых лесах: автореф. дисс. ... д-ра. с.-х. наук. СПб., 2006. 46 с.
2. Дружинин Ф.Н. Оценка длительно-постепенных рубок в лиственных насаждениях // Лесн. журн. 2012. № 1/325. С. 128–133. (Изв. высш. учеб. заведений).
3. Правила заготовки древесины. Приказ Федерального агентства лесного хозяйства № 337 от 01.08.2011 г. М., 2011. 19 с.

N.A. Druzhinin, F.N. Druzhinin

The Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereshchagin

Classification and Peculiarities of Clear and Selective Cuttings

The paper focuses on the classification by forms, systems, methods and types of wood cutting in special and overmature stands. Peculiarities of these cuttings are shown taking into account the age structure schemes of coniferous stands. It was found that the percentage of high-efficiency selective and integrated cuttings in the development of felling area resources has to grow in the nearest future.

Keywords: forms, systems, modes, methods, cutting kinds.

УДК 630*232.411: 630*232.422

Б.А. Мочалов, С.В. Бобушкина

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

Мочалов Борис Александрович родился в 1942 г., окончил в 1964 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесоводства и почвоведения Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, засл. лесовод РФ. Имеет более 130 печатных работ в области производства посадочного материала, лесных культур и экологии.
E-mail: bmochalov@mail.ru



Бобушкина Светлана Валентиновна окончила в 2009 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры лесоводства и почвоведения Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, младший научный сотрудник лаборатории лесопроизводства Северного научно-исследовательского института лесного хозяйства. Имеет 6 научных работ в области производства посадочного материала с закрытой корневой системой.
E-mail: svetlana-bobushkina@rambler.ru



ВЛИЯНИЕ ВИДА КАССЕТ НА РАЗМЕРЫ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ С ЗАКРЫТЫМИ КОРНЯМИ И ИХ РОСТ В КУЛЬТУРАХ НА СЕВЕРЕ

Изучен рост сеянцев сосны в кассетах различного вида и в культурах. Установлено, что размеры сеянцев и развитие их корней зависят от вида кассет, в однотипных кассетах – от объема субстрата. Показатели роста 11-летних культур имеют определенную положительную связь с размерами сеянцев и степенью развития их корней.

Ключевые слова: сеянцы сосны, закрытая корневая система, кассеты, размеры сеянцев, лесные культуры, сохранность и рост культур.

Одно из перспективных направлений при искусственном лесовосстановлении – создание лесных культур с использованием посадочного материала с закрытой корневой системой (ПМЗК). Его преимуществами являются возможность удлинения сроков посадки лесных культур, высокая приживаемость и хороший рост в соответствующих лесорастительных условиях [3, 4, 7]. Технологический процесс производства ПМЗК в значительной мере автоматизирован и механизирован. Важным элементом технологического оборудования служат емкости для кома субстрата, где располагаются и формируются корни растений.

За период развития технологии выращивания сеянцев с закрытыми корнями было разработано более 100 различных видов ячеек и кассет, от торфяных и бумажных до пластмассовых. На основании многолетнего опыта установлены общие требования к кассетам. Они должны быть безвредны, обеспечивать биологические потребности и оптимальное развитие растений, возможность

механизации работ, многократное использование и др. [1, 2, 7, 10]. В последние годы наиболее широкое распространение получили жесткие кассеты.

В большинстве исследований по использованию ПМЗК для лесовосстановления отмечается высокая приживаемость его в культурах [3, 8, 10]. Однако в определенных лесорастительных условиях она может снижаться. Так, по данным Альма [9], при посадке 10–12-недельных сеянцев сосны смолистой с закрытыми корнями главной причиной их отпада являлось заглушение травянистой и кустарниковой растительностью. По нашим данным [5], в средней подзоне тайги на участке с супесчаной почвой на глубоком песке из-за засушливого периода после посадки 1-летних сеянцев сосны с закрытыми корнями приживаемость составляла 68...76 % и была ниже, чем у саженцев с открытыми корнями. На приживаемость ПМЗК, как и на посадочный материал с открытыми корнями, влияют размеры сеянцев и саженцев, способ подготовки почвы, условия влажности и др. факторы [2, 4, 6, 8 и др.].

Исследования по выращиванию сеянцев сосны с закрытыми корнями проводили в Вельском лесхозе Архангельской области (средняя подзона тайги). Программой работ предусматривалось выращивание сеянцев в кассетах различных видов и использование их в культурах. Испытывали пластмассовые кассеты Пант и Плантек (размеры ячеек $4 \times 4 \times 7$ см) и блоки Экопот из ламинированной бумаги. Ячейки в кассетах Пант имеют вид куба со сплошными стенками, в кассетах Плантек они трапецеидальные с прорезями в стенках. Объемы ячеек в блоках Экопот и кассетах Пант отличаются незначительно (6,4 %), по отношению к Плантеку они соответственно на 21,2 и 29,4 % больше (табл. 1). При испытании использовали финский субстрат Финнпит. В конце первого года вегетации кассеты с сеянцами были вынесены на площадку дорастивания. Посадка в культуры проведена весной следующего года.

На лесокультурной площади сеянцы вынимали из кассет и высаживали с комом субстрата. Размещение сеянцев на участке культур проведено отдельными блоками из каждого вида кассет. Определяли приживаемость и сохранность всех высаженных растений осенью первого года, а также на 6-й и 11-й годы после посадки. Замеры диаметра и высоты культур проводили у всех растений в ряду не менее 100 шт. на каждом варианте.

Таблица 1

Размеры и развитие корней 1-летних сеянцев сосны в различных кассетах

Кассета		Высота <i>H</i> , см	Диаметр шейки корня <i>D</i> , мм	D^2H , см ³	Корни	
Вид	Объем ячейки, см ³				1-го порядка	1-го+2-го порядков
Плантек	85	7,9±0,20	1,7±0,04	22,8	18/102,3	135/251,8
Пант	110	7,6±0,17	1,8±0,03	24,6	20/86,5	186/296,8
Экопот	103	9,6±0,16	1,9±0,05	34,7	19/152,9	230/435,7

Примечание. В числителе приведено количество корней (шт.), в знаменателе – длина корней (см).

Опыты показали, что в однотипных (пластмассовых) кассетах Пантек и Пант (с большим различием объема субстрата в ячейках) вариации по высоте и диаметру сеянцев составили соответственно 4,8 и 5,8 %, т.е. были на недо-стоверном уровне ($t_{\phi} < 3$). Однако в кассетах Пант отмечено значительно большее количество (на 37,8 %) и длина (на 17,9 %) корней, в основном за счет корней 2-го порядка. Меньшее количество и длина корней в кассетах Пантек обусловлены, очевидно, наличием прорезей в стенках ячеек.

У сеянцев в кассетах Экопот, при близком объеме ячейки с кассетами Пант, получены большие превышения по высоте (21,5...26,3 % – на достоверном уровне), а также по объему стволика, количеству и длине корней (от 23,7 до 73,0 %) над сеянцами в кассетах Пант и Пантек. Значительные различия параметров сеянцев в кассетах Экопот и Пант (с близкими объемами ячеек) показывают, что на рост и развитие сеянцев, кроме объема субстрата, значительно влияют и др. факторы. Возможно, какое-то значение имеет химический состав ламинированных бумажных лент, в ячейки которых заполняется субстрат.

Однолетние сеянцы из кассет были высажены в культуры в северной подзоне тайги. Они были вариантами опытно-производственных культур в Ижемском лесничестве Архангельского лесхоза, заложенных в рамках российско-финских проектов [5]. Участок расположен на высоком берегу реки, тип леса – ельник черничный свежий. Почва – подзол супесчаный пылеватый влажный на тяжелом суглинке. Площадь пройдена ветровалом. После уборки древостоя обработка почвы под культуры проведена в 2000 г. бульдозером полосами шириной 4 м. Посадка сеянцев осуществлена посадочной трубой (поттипуткой) весной 2001 г.

Известно, что ветровал вызывает глубокие трансформации почвенного покрова. В местах вывала изменяются морфологические признаки почв, отмечается полное отсутствие горизонтов A_0 и A_0A_1 , частично нарушается и горизонт A_2 , а отсутствие древостоя коренным образом изменяет десукцию. В результате нарушается водный режим почвы, снижается ее водопропускная способность. В период посадки на местах вывалов деревьев и в понижениях минерализованных полос стояли лужи воды. Поэтому посадку проводили в основном в микроповышения по краям минерализованных полос.

Приживаемость и сохранность сеянцев в культурах в среднем по всем типам кассет в конце 1-, 6- и 11-го годов выращивания составляли соответственно 94,0; 86,9 и 71,9 %. У растений из кассет Пантек, Пант и Экопот эти показатели в 1-й год составляли 95,6; 93,1 и 93,9 %, на 11-й год – 71,1; 69,2 и 79,1 %. Эти данные показывают, что приживаемость в год посадки у сеянцев из всех кассет высокая и различается незначительно. Сохранность в 11-летнем возрасте культур у растений из кассет Экопот на 8,0 и 9,9 % больше, чем у сеянцев из кассет Пантек и Пант.

При обследовании культур в 11-летнем возрасте отмечены некоторые особенности у небольшой части растений. Одна из них – искривление в нижней

части ствола. В среднем у сеянцев из всех типов кассет оно составило 3,7 % от числа живых растений. Одной из причин искривления ствола является посадка в кромку микроповышения. Такое явление наблюдается при посадке в кромку пласта со стороны борозды в культурах на переувлажненных или осушенных заболоченных почвах. Вторая особенность – сухие сохранившиеся растения сосны высотой более 1 м встречены во всех группах посадочного материала и составляют в среднем 2,6 % с колебаниями от 1,8 до 5,1 % от количества высаженных растений. У всех сухих растений внизу ствола полевками объедена кора по всей окружности стволика на высоту 5...7 см от корневой шейки.

В 6-летнем возрасте высота и диаметр (на высоте 1,3 м) культур из сеянцев всех кассет составляли в среднем 1,4 м и 1,0 см, в 11-летнем – соответственно 3,7 м и 4,9 см. Средние показатели высоты и диаметра у растений из конкретных кассет представлены в табл. 2.

Таблица 2

Средние показатели высоты и диаметра 11-летних культур сосны из сеянцев, выращенных в разных кассетах

Кассета	Высота			Диаметр			Объем стволика
	<i>H</i> , м	<i>C</i> , %	% от контроля	<i>D</i> , см	<i>C</i> , %	% от контроля	
Плантек	3,4±0,07	20,6	100,0	4,7±0,15	31,9	100,0	4,89/10,00
Пант	3,8±0,05	15,8	111,8	4,9±0,12	30,6	104,3	5,52/112,9
Экопот	3,7±0,07	18,9	108,8	5,1±0,15	29,4	108,5	5,95/121,7

Примечания: 1. *C* – коэффициент изменчивости. 2. В числителе приведены данные в дециметрах кубических, в знаменателе – в процентах.

Наименьшие значения высоты 3,4 м и диаметра (4,7 см) имели растения из кассет Плантек. Растения из кассет Пант и Экопот превосходили их по высоте на 11,8 и 8,8 % на достоверном уровне ($t_{\text{фак}} = 4,6$ и $3,0$ при $t_{\text{ст}} = 2,6$ и $P = 0,99$), по диаметру на 4,3 и 8,5 % (значения не достоверны) и объему стволика на 12,9 и 21,7 %.

При этом коэффициенты изменчивости (вариабельность) по высоте и диаметру у всех групп посадочного материала отличаются незначительно и находятся практически в одной категории – средняя изменчивость. Точность опыта по всем показателям и группам колеблется от 1,3 до 3,2, достоверность среднего значения – от 31,3 до 76,0. Абсолютные максимальные значения высоты (4,8...5,1 м) и диаметра (8,0...9,0 см) в группах растений из разных кассет имели небольшие различия.

В целом опыты показали, что более высокий (на 29,4 %) объем субстрата и отсутствие прорезей в стенках ячеек кассет Пант обусловили значительное (до 20...40 %) по сравнению с кассетами Плантек увеличение общей длины и количества корней сеянцев в коме субстрата и небольшое (до 10 %) увеличение диаметра и объема стволика. В кассетах Экопот с блоками из ламинированной бумаги при близком объеме субстрата с кассетами Пант получены наиболее высокие показатели высоты, объема стволика, количества и длины корней.

Различия в размерах, массе и развитии корней сеянцев практически не оказали влияния на их приживаемость в культурах в 1-й год после посадки. В 11-летнем возрасте культур более высокая (на 8,0...9,0 %) сохранность растений из кассет Экопот, возможно, обусловлена лучшим развитием корневой системы сеянцев, которая обеспечивает лучшее закрепление и освоение почвенного пространства в посадочном месте.

Показатели роста 11-летних культур в вариантах посадки сеянцев из разных кассет имеют определенную положительную связь с размерами и степенью развития корней сеянцев, обусловленных объемом кома и другими свойствами субстрата различных видов кассет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бирцева А.А., Извекова И.М. Качество сеянцев с закрытой корневой системой в зависимости от размеров контейнеров//Создание высокопродуктивных лесных культур. сб. науч. тр. /ЛенНИИЛХ. Л., 1988. С. 26–30.
2. Жигунов А.В., Шевчук С.В. Лесные культуры сосны и ели из посадочного материала, выращенного комбинированным методом //Лесн. журн. 2006. № 6. С. 13–19. (Изв. высш. учеб. заведений).
3. Матюхина З.Ф., Жигунов А.В., Шестакова Г.А. Лесокультурная оценка разных видов посадочного материала сосны и ели//Посадочный материал для создания плантационных культур: сб. науч. тр./ ЛенНИИЛХ. Л., 1986. С. 3–10.
4. Мочалов Б.А. Использование разных видов посадочного материала для лесовосстановления в зоне тайги Европейской части России//Вопросы таежного лесоводства на Европейском Севере: сб. науч. тр./СевНИИЛХ. Архангельск. 2005. С. 123–136.
5. Мочалов Б.А. Некоторые итоги российско-финляндских проектов по лесовосстановлению в Архангельской области//Сб. тр. ФГУ СЕВНИИЛХ по итогам НИР за 2005–2009 гг. Архангельск, 2011. С. 75–93.
6. Пигарев Ф.Т., Сенчуков Б.А., Беляев В.В. Состояние и рост лесных культур в зависимости от вида, возраста и размеров посадочного материала // Искусственное восстановление леса на Севере. Архангельск: АИЛиЛХ, 1979. С. 85–97.
7. Рикала Р. Производство посадочного материала в Финляндии. Лесовосстановление на Европейском Севере // Материалы финляндско-российского семинара по лесовосстановлению, 28.9 – 02.10.1998, Вуокатти. Финляндия: Науч. центр Вантаа, 2000. С. 133–146.
8. Родин С.А., Родин А.Р. Повышение результативности выращивания лесных культур посадочным материалом с закрытой корневой системой//Лесн. вестн. 2010. № 5. С. 7–10.
9. Aim A.A. Status of Containerized Forest Seedling Research in Minnesota//J. Mitt. Acad. Sci. 1975. 41. P. 18–21.
10. Wagner R., Colombo S. Regenerating the Canadian Forest. Principles and Practice for Ontario /Robert G. Wagner – Published by Fitzhenry & Whiteside Limited. Markham, Ontario, Canada in Cooperation with Ontario Ministry of Natural Resources. 2001. 658 p.

Поступила 09.04.12

B.A. Mochalov, S.V. Bobushkina

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

Influence of the Type of Containers and the Size of Containerized Pine Seedlings on their Growth in Artificial Stands in the North

The paper studies the growth of pine seedlings in containers of various kinds and in artificial stands. The size of seedlings and development of their roots fully depend on the type of container, while in the case of same-type containers the size depends on the amount of substrate. Growth indices of 11-year-old cultures have a certain positive association with the size of seedlings and degree of development of their roots.

Keywords: containerized pine seedlings, containers, size of seedlings, artificial stands, conservation and growth of artificial stands.

УДК 632*954:630*232

А.Б. Егоров, А.А. Бубнов

С.-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства

Егоров Александр Борисович родился в 1958 г., окончил в 1980 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией химического ухода за лесом и биохимических исследований С.-Петербургского НИИ лесного хозяйства. Имеет более 70 печатных работ по проблемам химического ухода за лесом и лесовосстановления.

E-mail: herb@etelecom/spb.ru



Бубнов Александр Анисимович родился в 1952 г., окончил в 1977 г. Ленинградскую лесотехническую академию им. С.М. Кирова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории химического ухода за лесом и биохимических исследований С.-Петербургского НИИ лесного хозяйства. Имеет более 40 печатных работ по проблемам химического ухода за лесом, лесовосстановления и защиты леса от вредителей.

E-mail: a.bubnov@list.ru



СИСТЕМА ГЕРБИЦИДОВ ДЛЯ УХОДА ЗА ПОСЕВАМИ ХВОЙНЫХ ПОРОД В ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКАХ

Приведены результаты полевых опытов по изучению эффективности токсического действия гербицидов на сорняки, а также избирательности их к сеянцам сосны и ели. Оценено влияние различных схем применения современных гербицидов и их комбинаций на показатели роста однолетних сеянцев хвойных пород.

Ключевые слова: питомники, гербициды, сеянцы, сосна, ель, сорняки, технологии.

Химический метод борьбы с сорной и нежелательной растительностью в лесном хозяйстве является сейчас наиболее эффективным и экономичным. Применение его на всех стадиях лесовыращивания позволяет решить проблему устранения нежелательной растительности с минимальными затратами и при высоком уровне экологической безопасности [2, 5].

Лесные питомники – важнейшее звено в процессе лесовосстановления. Как известно, они служат для выращивания посадочного материала древесных пород (в основном хвойных) и в принципе не отличаются от сельскохозяйственных площадей (севообороты, внесение удобрений, максимальное подавление сорняков и т.д.). Специфика лесных питомников заключается в том, что сеянцы и саженцы выращиваются в течение 2–3 лет на одной и той же площади. Всходы и сеянцы сосны и ели отличаются низкой энергией роста. Смыкание посевов происходит только в строчках, межстрочное же простран-

ство остается открытым для сорняков в течение длительного времени. Это является одной из причин высокой засоренности лесных питомников. В результате длительной борьбы за существование сорные растения приобрели способность выживать в условиях интенсивного возделывания почвы и успешно конкурировать с культивируемыми растениями [1]. Вредоносность практически всех видов сорняков по отношению к сосне и ели очень высока. Проблема подавления сорняков является одной из ключевых для лесных питомников, и химический метод здесь служит основным. Подавление сорняков в посевных отделениях лесных питомников – одно из необходимых условий получения качественного посадочного материала древесных пород; наиболее сложное и ответственное мероприятие – борьба с сорняками в посевах первого года выращивания.

В связи с этим весьма актуально решение задачи по подбору современных селективных препаратов для эффективного подавления малолетних сорняков в период активного роста сеянцев сосны и ели, а также совершенствованию технологии применения гербицидов на протяжении всего цикла выращивания сеянцев сосны и ели в лесных питомниках открытого грунта.

Опыты по оценке эффективности современных гербицидов и их баковых смесей в подавлении сорной растительности, а также влияния их на рост и развитие сеянцев сосны и ели проводились в 2008-2009 гг. на территории Ленинградской области в базовом лесном питомнике Лисинского лесного колледжа. Питомник открытого грунта, неполивной. Почва супесчаная, умеренно кислая, недостаточно обеспеченная гумусом (1,5...3,0 %), со средней обогаченностью азотом. Содержание нитратов и калия в почве – среднее, фосфора – высокое. Почва не насыщена основаниями, имеет низкое содержание кальция и магния.

Сорняки питомника были представлены типичными для северо-западного региона видами. Из многолетних видов наибольшее распространение имели: осот полевой (*Sonchus arvensis* L.), бодяк полевой (*Cirsium arvense* (L.) Scop.), мать-и-мачеха обыкновенная (*Tussilago farfara* L.), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L.), полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris* L.), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* Wigg.), щавель малый (*Rumex acetosella* L.), полевица обыкновенная (*Agrostis capillaris* L.), щучка дернистая (*Deschampsia caespitosa* (L.) Beauv.).

Из однолетних сорняков преобладали двудольные виды: торица пашенная (*Spergula arvensis* L.), звездчатка средняя (*Stellaria media* L.), дивала однолетняя (*Scleranthus annuus* L.), горец птичий (*Polygonum aviculare* L.), г. вьюнковый (*P. convolvulus* L.), г. почечуйный (*P. persicaria* L.), марь белая (*Chenopodium album* L.), фиалка полевая (*Viola arvensis* Murr.), мелкопестник канадский (*Erigeron canadensis* L.), пастушья сумка (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medic), аистник обыкновенный (*Erodium cicutarium* (L.) L'Her.), ромашка

аптечная (*Matricaria recutita* L.). Повсеместно встречался мятлик однолетний (*Poa annua* L.). В последние годы широкое распространение получили также просовидные сорняки – ежовник обыкновенный (*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.), щетинник зеленый (*Setaria viridis* (L.) Beauv.), щ. сизый (*S. pumila* (L.) Beauv.).

Засоренность многолетними видами – средняя (10...30 экз./м²), однолетними – высокая (80...300 экз./м²). На опытных делянках многолетние виды сорняков практически отсутствовали благодаря предварительному применению в паровом поле Раундапа в дозах 5...6 л/га.

Посев ели европейской (*Picea abies* Karst.) был произведен 3 мая, сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) – 23 мая 2008 г.

В опыте использовались гербициды, разрешенные для производственного применения в лесном хозяйстве и включенные в «Каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории РФ» на 2008-2009 гг.: Гоал 2Е (КЭ*, 240 г/л); Раундап (ВР**, 360 г/л); Анкор-85 (ВДГ***, 750 г/кг); Зеллек-супер (КЭ, 104 г/л) [3]. Суперстар (ВДГ, 750 г/кг) включен в «Каталог...» в 2010 г.

В полевых опытах 2008 г. гербициды применялись по следующей схеме:

в послепосевной период (до появления всходов хвойных пород, по всходам сорняков) в зависимости от варианта опыта – Гоал 2Е (3 л/га), баковая смесь Раундапа (1 л/га) и Анкора-85 (10 г/га) или Суперстар (20 г/га);

в период активного роста сеянцев сосны и ели в середине вегетационного сезона – либо Суперстар (20 г/га) в чистом виде, либо баковая смесь Суперстара (20 г/га) с Зеллеком-супер (0,75 л/га).

осенью, после завершения линейного роста сеянцев, по вегетирующим сорнякам во всех вариантах опыта – баковая смесь Раундапа (2...4 л/га) и Анкора-85 (20...30 г/га).

В течение всего вегетационного сезона проводили три учета эффективности действия гербицидов по методике, разработанной СПбНИИЛХ [4]. При последнем, осеннем учете также подсчитывали густоту посевов и производили отбор образцов сеянцев для последующего взвешивания.

Анализ полученных в 2008 г. данных показал, что в течение 1 мес. после внесения гербицидов как в посевах ели, так и в посевах сосны достигалась высокая эффективность подавления малолетних сорняков во всех вариантах опыта (от 60,3 до 100,0 % в сравнении с контролем). Затем эффективность действия Суперстара существенно снижалась, и даже повторная обработка этим гербицидом не обеспечивала приемлемого уровня подавления сорняков.

* КЭ – концентрат эмульсии.

** ВР – водный раствор.

*** ВДГ – водно-диспергируемые гранулы.

В то же время баковая смесь Раундапа и Анкора-85 сохраняла заметное влияние на засоренность посевов ели и сосны (эффективность подавления от 68,3 до 78,6 %). Последующая обработка этих делянок Суперстаром (20 г/га) или баковой смесью Суперстара (20 г/га) и Зеллека-супер (0,75 л/га) позволяла снизить засоренность к концу вегетационного сезона в сравнении с контролем на 51,3...85 %.

Анализ показателей роста сеянцев ели и сосны на опытных делянках свидетельствовал о том, что даже относительно непродолжительное угнетение роста сорняков семенного происхождения после применения препарата Суперстар сопровождалось заметным увеличением густоты посевов, особенно сосны, очень чувствительной к конкуренции сорняков. Наиболее эффективными были признаны варианты с довсходовой внесением Гоала 2Е, баковой смеси Раундапа и Анкора-85 с последующей обработкой посевов Суперстаром в чистом виде или в смеси с препаратом Зеллек-супер. Применение последнего позволяет существенно снизить засоренность посевов злаками, в частности просовидными сорняками. Кроме того, Суперстар позволяет уменьшить количество экземпляров бодяка полевого, сохранившегося после химической подготовки парового поля под посев древесных пород.

В зависимости от варианта опыта была достигнута высокая эффективность подавления малолетних сорняков в течение всего вегетационного сезона (от 60 до 100 %), густота посевов ели превышала контрольный вариант на 48...85 %, сосны – на 112...246 %, а сухая биомасса в большинстве вариантов опыта также существенно превышала контрольные показатели.

По результатам опытов 2008 г. наиболее эффективными были признаны варианты с применением в довсходовой период гербицидов Гоал 2Е в дозе 3 л/га и смеси Раундапа с Анкором-85 (1 л/га + 10 г/га). Именно эти варианты были использованы в производственных опытах 2009 г.

Эффективность подавления малолетних сорняков к концу вегетационного сезона 2009 г. в посевах ели составляла в зависимости от варианта 62,0...95,5 % (наименьший показатель получен в варианте с довсходовой обработкой смесью Раундапа с Анкором-85 без последующего внесения других гербицидов), в посевах сосны – 66,2...85,0 % (наименьший показатель – в варианте с довсходовой обработкой Гоалом 2Е) (табл. 1). Внешних признаков повреждения сеянцев ели и сосны в течение всего вегетационного периода 2009 г. не наблюдалось.

К концу вегетационного сезона в вариантах с первоначальным внесением Гоала 2Е практически полностью отсутствовали такие виды, как торица пашенная, пастушья сумка, марь белая, ромашка аптечная, фиалка полевая, виды горца, ежовник обыкновенный, дивала и редька дикая. В вариантах с довсходовой обработкой смесью Раундапа с Анкором-85 без последующего внесения других гербицидов из состава травяного покрова полностью выпали: торица, пастушья сумка, горец почечуйный и редька дикая.

Таблица 1

**Эффективность подавления малолетних сорняков гербицидами
в посевах ели европейской и сосны обыкновенной первого года выращивания**

Вариант опыта	Условия	Посевы ели		Посевы сосны	
		Общее проективное покрытие почвы сорняками	Эффективность подавления	Общее проективное покрытие почвы сорняками	Эффективность подавления
%					
1	Гоал 2Е (3 л/га)	15,4	81,5	2,7	66,2
2	Гоал 2Е (3 л/га); Суперстар (20 г/га)	4,2	94,9	≤ 1	≤ 85
3	Гоал 2Е (3 л/га); Суперстар (20 г/га) + + Зеллек (0,75 л/га)	3,7	95,5	≤ 1	≤ 85
4	Раундап (1 л/га) + + Анкор-85 (10 г/га)	31,6	62,0	2,0	75,0
5	Раундап (1 л/га) + + Анкор-85 (10 г/га); Суперстар (20 г/га)	11,1	86,6	≤ 1	≤ 85
6	Раундап (1 л/га) + + Анкор-85 (10 г/га); Суперстар (20 г/га) + + Зеллек (0,75 л/га)	9,2	88,9	≤ 1	≤ 85
7	Хозяйственный контроль	62,5	–	2,7	–
8	Опытный контроль	83,2	–	8,0	–

Примечание. Здесь и далее, в табл. 2, посев ели произведен 11 мая 2009 г., сосны – 18 мая 2009 г.; химическая обработка ели – 25 мая и 28 июля 2009 г., сосны – 25 мая и 28 июля 2009 г.; учеты – 5 октября 2009 г.

Подавление сорняков положительно сказалось как на сохранности посевов ели, так и на их средней биомассе. Если в контрольном варианте густота семян составила к концу вегетационного сезона 58 экз. на погонный метр посевной строки, то в опытных вариантах – от 88 до 97 экз./м (152...167 % от контроля). Средняя биомасса одного семени ели в контроле составила 31,9 мг, в опытных вариантах – 57,6...67,9 мг, т. е. 181...213 % от контроля. В хозяйственном контроле (одна прополка за сезон) средняя биомасса одного семени незначительно отличалась от этого показателя в опытном контроле (+7 %), а по количеству семян на один погонный метр строки этот вариант был близок к опытным вариантам (+19 %). В целом же во всех опытных вариантах количественные показатели роста семян ели существенно не различались между собой (табл. 2).

Таблица 2

Показатели роста однолетних сеянцев ели европейской и сосны обыкновенной

Вариант опыта	Посевы ели		Посевы сосны	
	Средняя сухая биомасса сеянца, мг	Процент к контролю	Средняя сухая биомасса сеянца, мг	Процент к контролю
1	63,3±4,1	198	154,9±11,5	127
2	60,5±4,5	189	148,0±10,5	121
3	67,9±2,7	213	151,2±12,0	124
4	57,6±6,0	181	145,4±12,0	119
5	64,0±4,1	201	151,9±11,4	125
6	60,8±3,0	191	149,2±12,3	122
7	34,2±2,5	107	133,4±7,1	109
8	31,9±2,3	100	122,0±7,3	100

В посевах сосны показатели увеличения биомассы сеянцев и их густоты были заметно меньше, чем в посевах ели, что объясняется очень низкой засоренностью посевов сосны как на контроле, так и в опытных вариантах. Тем не менее, густота сеянцев в опытных вариантах составила к концу вегетационного сезона 123...138 % от контроля, а средняя биомасса сеянцев – 119...127 %. Как и в опытах на посевах ели, существенной разницы между различными вариантами применения гербицидов по этим показателям не установлено. В хозяйственном контроле отмечено увеличение средней биомассы сеянцев (+9 %) и густоты посевов (+23 %) по сравнению с опытным контролем. Таким образом, результаты полевых и производственных опытов показали высокую эффективность разработанных технологических схем применения гербицидов в посевах ели и сосны первого года выращивания, которая включает в себя довосходовую обработку Гоалом 2Е или баковой смесью Раундапа с Анкором-85 и последующим внесением противодвудольного препарата Суперстар (при наличии злаковых сорняков – в баковой смеси с противозлаковым препаратом Зеллек-супер) при обязательной осенней обработке (после окончания роста сеянцев) баковой смесью Раундапа с Анкором-85.

Все рекомендуемые гербициды относятся к малотоксичным соединениям (ЛД₅₀ более 1000 мг/кг). Гоал 2Е, Суперстар, Зеллек-супер и производные глифосата широко применяются в сельском хозяйстве России на ряде культур. Экологическая безопасность их применения находится на современном уровне.

Выводы

1. Применение препарата Суперстар по молодым, активно растущим сорнякам позволяет на относительно непродолжительное время (до 6 нед.) снизить засоренность посевов малолетними двудольными сорняками. В дальнейшем происходит интенсивное зарастание посевов, что требует повторного использования гербицидов. Преимущество этого нового препарата заключается в возможности его применения в период вегетации сеянцев.

2. Последовательное применение в течение вегетационного сезона ряда современных гербицидов и их баковых смесей (Гоал 2Е, Раундап, Анкор-85, Суперстар, Зеллек-супер) обеспечивает резкое снижение засоренности посевов хвойных пород и существенное увеличение биомассы и количества семян на единицу площади.

3. На примере Ленинградской области экспериментально доказана высокая биологическая эффективность и безопасность для ели и сосны разработанных технологических схем применения комплекса современных гербицидов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабич Н.А., Нечаева И.С. Сорная растительность в лесных питомниках // Лесн. журн. 2009. № 2. С. 15–17. (Изв. высш. учеб. заведений).
2. Егоров А.Б. Лесоводственно-технологические основы лесовосстановления с применением химического метода в условиях европейской части таежной зоны России: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. СПб, 2002. 48 с.
3. Каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации / Минсельхоз России. Москва, 2009. 392 с.
4. Методика испытаний гербицидов и арборицидов в лесном хозяйстве: метод. рекомендации / В.П. Бельков [и др.]. Л.: ЛенНИИЛХ. 1990. 44 с.
5. Пути совершенствования химического ухода за посевами хвойных пород в лесных питомниках / А.Б. Егоров, А.А. Бубнов, Л.Н. Павлюченкова, О.В. Жаркова // Сб. науч. тр. / СПбНИИЛХ. СПб, 2009. С. 123–142.

Поступила 07.02.11

A.B. Egorov, A.A. Bubnov

Saint Petersburg Forestry Research Institute

The System of Herbicides for Protection of Coniferous Crops in Forest Nurseries

The paper presents the results of field experiments on the toxic effect of herbicides on weeds as well as their selectivity towards pine and spruce seedlings. The influence of various dosage schemes for herbicides and their combinations on the growth of annual coniferous seedlings was estimated.

Keywords: nurseries, herbicides, seedlings, pine, spruce, weeds, technology.

УДК 630*228.7:630*238

Н.А. Демидова, Т.М. Дуркина

Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства

Демидова Наталья Анатольевна окончила в 1982 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат биологических наук, заместитель директора по научной работе Северного научно-исследовательского института лесного хозяйства. Имеет 80 печатных работ в области интродукции, селекции древесных растений и рационального природопользования.

E-mail: forestry@ptl-arh.ru



Дуркина Татьяна Михайловна окончила в 1984 г., Архангельский лесотехнический институт, научный сотрудник Северного научно-исследовательского института лесного хозяйства. Имеет около 10 печатных работ в области интродукции древесных растений.

E-mail: forestry@ptl-arh.ru



ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ ТОПОЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ИНТРОДУКЦИИ НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРЕ РОССИИ*

Представлены результаты многолетнего изучения роста и развития тополей (*Populus*) в коллекции дендрологического сада СевНИИЛХ в условиях Европейского Севера России. Рассмотрены возможности выращивания тополей на плантациях в северных условиях.

Ключевые слова: интродукция растений, тополь (*Populus*), плантации, Европейский Север России.

Тополь – быстрорастущая порода, способная давать технически пригодную древесину при коротком обороте рубки. Всего в мире произрастает порядка 110 видов тополя, распространенных в северном полушарии [4]. В списке Королевского ботанического сада Кью насчитывается 199 научных названий растений рода *Populus*, из которых только 87 признаются как видовые названия [15]. В списках С.К. Черепанова числится 34 вида и 8 гибридов тополей, произрастающих в России и на сопредельных территориях [13].

Общая площадь естественных насаждений тополя, по данным Международной тополевой комиссии ФАО, составляет более 75,0 млн га, из которых 96 % приходится на Канаду (30,3 млн га), Россию (24,8 млн га) и США (17,7 млн га). Общая площадь тополевых плантаций в мире в 2012 г. составила

* Исследования проведены в рамках НИР «Сохранение и пополнение коллекции древесных растений дендрологического сада ФБУ СевНИИЛХ» при реализации государственного задания на 2012–2014 гг. Федерального агентства лесного хозяйства (приказ Рослесхоза № 594 от 29.12.2011).

8,6 млн га, из которых 5,9 млн га (68,0 %) были созданы, в первую очередь, для производства древесины, 2 млн га (23,0 %) – в природоохранных целях. Больше всего тополевых плантаций в КНР (7,6 млн га, или 87,5 %) [14]. Подавляющее большинство тополей, высаживаемых на плантации, являются гибридами с коротким периодом ротации, в основном для производства биомассы.

Во всем мире, в том числе и в нашей стране, активно ведется работа по селекции тополей. В 30–60-х гг. прошлого столетия А.В. Альбенским, П.Л. Богдановым, А.С. Яблоковым и другими селекционерами было выведено большое количество межвидовых гибридных тополей [6], которые лучше приспособляются к новым условиям, являются более быстрорастущими, чем родительские виды. На сортоиспытательных участках НИИ лесной генетики и селекции, созданных под руководством проф. А.П. Царева, собрано свыше 300 культиваров тополей из различных регионов России, Западной Европы и стран СНГ [12]. Все это имеет огромное значение для организации сырьевых баз для целлюлозно-бумажной промышленности и полезащитного лесовыращивания.

Необходимость интродукционных исследований тополей на Европейском Севере России вызвана тем, что в условиях нарастающего дефицита древесного сырья внимание ученых и практиков лесного хозяйства многих стран все чаще обращено к быстрорастущим высокопроизводительным древесным породам. Такими перспективными древесными видами безусловно являются представители рода *Populus*. Выращивание тополей на плантациях рассматривается как один из путей обеспечения сырьем целлюлозно-бумажного производства. Для условий Европейского Севера России этот вопрос совершенно не изучен, хотя и представляет определенный интерес, поскольку такие гиганты лесохимии, как Сыктывкарский ЛПК, Архангельский и Котласский ЦБК уже столкнулись с проблемой обеспечения сырьем. Использование такого потенциала, каким обладают при высокой агротехнике выращивания на плантациях быстрорастущие породы, в том числе и тополя, будет способствовать решению проблемы дефицита сырья.

Большинство специалистов придерживаются мнения, что выращивание тополя в целях получения древесины перспективно лишь на юге, хотя некоторые его виды являются растениями умеренного климата с природными ареалами, достигающими северной подзоны тайги, а на Чукотке – лесотундры. Категоричность этого суждения объясняется лишь практически полным отсутствием экспериментальных данных о культивировании, устойчивости и росте тополей на Европейском Севере России. Попыток создания тополевых плантаций на Севере ранее не предпринималось. Особого внимания заслуживает опыт посадки культур тополя на участках площадью 45 га в Ленинградской области, заложенных в 1937–40 гг. Эти посадки не дали положительных результатов из-за неудовлетворительной подготовки почвы, отсутствия ухода, повреждения животными и др. Сохранился лишь один участок культур тополя бальзамического в квартале 24 Карташевского (б. Кобринского) Сиверского участкового лесничества. Сотрудниками дендросада СевНИИЛХ в 1987 г.

было проведено обследование этого участка, на котором, кроме тополя, произрастают береза и ель. Выявлено, что диаметр тополя на высоте 1,3 м составлял 36,4 см, березы – 23,1 см, ели – 11,4 см. Максимально деревья тополя при высоте 32 м имели диаметр на высоте груди 70 см. Очевидно, и сейчас актуален сделанный 47 лет назад П.Л. Богдановым вывод о том, что тополь «как нетребовательная порода к климатическим условиям, ... может выращиваться в культуре значительно севернее природных границ его естественного ареала» [1, с. 3].

На Европейском Севере России естественно произрастает только один вид – тополь дрожащий (*Populus tremula* L.). По неопубликованным данным В.А. Аникеевой (1991 г.), в Емецком лесничестве Холмогорского района Архангельской области была обнаружена самая северная природная группа тополя черного (*P. nigra* L.). К настоящему времени в условиях Архангельска интродуцировано 16 таксонов тополя, которые в основном произрастают в дендросаду СевНИИЛХ.

Сделать обоснованные выводы о целесообразности плантационного выращивания тополей на Севере можно лишь на основе изучения особенностей их роста, скорости накопления массы древесины, качества сырья, получаемого на опытных плантациях в местных условиях. В связи с этим актуальность создания опытной базы по изучению тополей на Севере не вызывает сомнений.

Объекты и методы исследования

Исследования проводились* на территории дендрологического сада СевНИИЛХ, расположенного вблизи г. Архангельска (64° 33' с.ш., 39° 40' в.д.), в северной подзоне тайги. Более подробные сведения о природных условиях района расположения сада были опубликованы ранее [5].

Объектами исследования являлся коллекционный фонд рода тополь (*Populus*) и клоновый архив тополей. В настоящее время в коллекции имеется 9 видов (3 вида европейской флоры, 2 с природными ареалами из азиатской части бывшего СССР, 4 североамериканских вида) и 7 гибридов тополя (преимущественно селекции П.Л. Богданова), растущих в групповых посадках на одном из участков дендрария.

Посадка растений в количестве 635 шт. производилась с 1975 по 1984 гг. Тополя, высаженные в дендрарий в 1969–71 гг., растут компактными группами с расстоянием между деревьями 1,6...2,2 м, что соответствует густоте 2100...3900 шт./га. Участок занимает пологий склон южной экспозиции, переходя на западе в естественную логовину, весной и осенью осуществляющую сброс избытка воды с прилегающих территорий. Почва слабодерновая, супесчаная на глине, нормального увлажнения; в юго-западной части – дерново-перегнойная суглинистая.

* Авторы выражают глубокую благодарность научному сотруднику лаборатории таежных экосистем и биоразнообразия СевНИИЛХ Л.Г. Гоголевой за помощь в сборе полевого материала.

Участок клонового архива тополей расположен на территории дендрологического сада. Третья часть участка представлена парующими старопахотными землями, большая его часть заросла мелколесьем. Это потребовало предварительной рубки и корчевки пней. После расчистки была проведена сплошная вспашка, «вычесывание» корней, фрезерование с внесением извести из расчета 6 т/га и минеральных удобрений (N150 P300 K200).

Клоновый архив тополей был создан в 1989–90 гг. со строго определенной целью: путем сравнительного изучения и оценки продуктивности различных клонов (видовых и гибридных) выделить наиболее перспективные в качестве местных сортов для плантационного выращивания на Севере. Однако, поскольку участок клонового архива создан по плантационному типу, полученные при клоновом испытании результаты могут быть в дальнейшем использованы при разработке технологии создания и выращивания тополевых плантаций.

В клоновый архив были высажены тополя: байкальский, невский, ленинградский, волосистоплодный и чернолавролистный. Каждый таксон высаживали на опытных делянках размером 22,5 × 22,5 м в трехкратной повторности; размещение делянок – рандомизированное. Использовали посадочный материал двух типов: окоренные 1–2-летние растения (из черенков) и одревесневшие 20-сантиметровые черенки. Ряды на делянках размещали через 2,5 м друг от друга. Такое же расстояние было принято и между посадочными местами в ряду. В нечетных рядах делянок в посадочных местах чередовались окоренные растения и черенки, причем черенки высаживали по 2 в каждое посадочное место. В четных рядах делянок высаживали только черенки, также по 2 в каждое посадочное место. Таким образом, в целом на каждой делянке было занято черенками 56 посадочных мест, окоренными растениями – 25. Всего на участок клонового архива площадью 0,7 га было высажено 317 окоренных растений и 1448 черенков двух видов и трех гибридов тополей. К концу первого сезона приживаемость тополей составила 76,0 %. Наиболее низкой приживаемостью отличался тополь байкальский (окоренные растения – 36,5 %, черенки – 26,0 %).

В 1990 г. клоновый архив был пополнен за счет посадки тополя лавролистного и енисейского клона тополя неизвестной видовой принадлежности. При этом тополь байкальский (с наиболее низкой приживаемостью) на двух делянках был заменен растениями этих клонов. На делянках, занятых другими видами (гибридами) тополей, была проведена посадка окоренных растений и черенков в места выпада.

Оценка перспективности интродукции была сделана на основе материалов многолетних фенологических наблюдений, которые проводились по методике ботанических садов [7, 8], усовершенствованной для условий Европейского Севера России.

Изучение зимостойкости древесных интродуцентов как важнейшего показателя их устойчивости на Севере проводили путем оценки результатов перезимовки и сопоставления их с погодными условиями предшествующего вегетационного периода и условиями зимовки.

Рост и продуктивность тополей изучали по общепринятой методике. Осенью 2012 г. был осуществляен сплошной переучет с замером высоты и диаметра на высоте 1,3 м. Для замера диаметра ствола использовали мерную вилку Mantax Precision 11-100-1032, для замера высоты – мерный шест MODEL-202 12m и дальномер лазерный Vertex Laser VL 400. Определение запасов проведено с использованием стандартных формул и таблиц [2]. В связи с отсутствием нормативных материалов для тополя в условиях Европейского Севера России были использованы таблицы для осины.

Результаты исследований и их обсуждение

Возможность применения тополя в плантационном лесовыращивании в условиях Европейского Севера России обусловлена рядом его важнейших биологических и лесоводственных показателей. Прежде всего, это скорость роста в благоприятных условиях местопроизрастания и достаточно высокая зимостойкость целого ряда видов.

Попыток создания тополевых плантаций в Архангельской области ранее не предпринималось. Однако имеются удачные массивные посадки тополей разных видов (преимущественно бальзамического) при озеленении северных городов. Результаты интродукционного испытания тополей, проводимого с 1969 г., и клонового потомства (с 1989 г.) в какой-то мере восполняют этот пробел.

Проведенные многолетние наблюдения позволили выявить особенности сезонного развития тополей в условиях Архангельска. Установлено, что по сравнению с местной осиной (*Populus tremula* L.) большинство интродуцированных тополей начинают вегетировать раньше, за исключением тополя белого (*Populus alba* L.). У тополей лавролистного (*P. laurifolia* Ldb.), печального (*P. tristis* Fish.), дельтовидного (*P. deltoides* Marsh.), чернушистого (*P. nigro-suaevolens* Bogd.) разница в наступлении фазы распускания почек составляет 10...11 дн., а по началу роста побегов – 9...10 дн. [9]. По данным дендросада, продолжительность периода роста интродуцированных тополей составляет от 77 дн. у тополя печального до 103 дн. у тополя белого, что в 1,5–2,0 раза больше, чем у местной осины.

Изучение роста коллекционных тополей показало, что лучшим ростом в высоту характеризуются тополя лавролистный и невский (табл. 1). Лишь немногим уступают тополя дельтовидный и печальный. Заметно хуже растут в высоту тополя белый, байкальский, чернушистый. Медленный рост в высоту этих тополей объясняется ежегодным обмерзанием побегов. Особенно сильное обмерзание побегов наблюдалось в молодом возрасте (до 5...10 лет), когда зимостойкость отмечалась баллом III–IV. С возрастом эти тополя стали вполне зимостойкими (балл I–II).

Наилучшим ростом деревьев по диаметру отличаются тополя волосистоплодный, невский и лавролистный (табл. 1).

По результатам многолетнего интродукционного испытания были отобраны как наиболее быстрорастущие три таксона тополей: волосистоплодный, невский и ленинградский.

Таблица 1

Характеристика тополей на коллекционном участке дендрария

№ образца	Название тополей	Происхождение разового материала	Год появления в коллекции	Сохранность, %	Средние показатели (1996 г.)			Первое цветение, год
					Высота, м	Диаметр, см	Зимостойкость, балл	
304-72	<i>Populus alba</i> L. – тополь белый, или серебристый	Москва	1972	66,7	7,0	–	1–2	–
303-72	<i>P. alba</i> L. – т. белый, или серебристый	Москва	1972	50,0	7,0	–	1–2(4)	–
101-88	<i>P. balsamifera</i> Mill. – т. байкальский	Бурятия, оз. Байкал	1988	100,0	5,18	–	1	–
2115	<i>P. × canadensis</i> Bogd. – т. ка-надский	Ленинград	1969	14,3	10,5	18,2	1–2(4)	1987
2116	<i>P. canadensis</i> Mill. – т. канадский	Ленинград	1969	20,0	10,0	10,0	1–2	–
422-71	<i>P. deltoides</i> Marsh. – т. дельтовидный, или канадский	Архангельск	1971	80,0	15,0	20,0	1	–
410-71	<i>P. laurifolia</i> Ldb. – т. лавролистный	Москва	1971	100,0	17,0	26,0	1	1987
2117	<i>P. × nevezis</i> Bogd. – т. невский	Ленинград	1969	71,4	18,0	27,4	1	1982
313-72	<i>P. × nigrauramidalis</i> Kopov – т. черно-пирамидальный	Свердловск	1972	70,0	10,5	19,1	1–2	1982
421-71	<i>P. × nigra-canadensis</i> Bogd. – т. черно-душистый	Архангельск	1971	50,0	7,0	8,5	1 (2)	–
16	<i>P. tremula</i> L. – т. дрожащий, или осина обыкновенная	Архангельская обл., Приморский р-н	1979	66,7	12,0	–	1	1976
409-71	<i>P. trichocarpa</i> Torr. et Gray. – т. воло-систолиственный	Москва	1971	87,5	18,0	31,0	1(2)	1987
2114	<i>P. tristis</i> Fish. – т. печальный, или темнолистный	Мурманская обл., Кировск	1969	50,0	14,0	19,8	1	1982
2124	<i>P. × imbricatifolia</i> Bogd. – т. зонти-ковидный	Ленинград	1969	57,1	11,0	24,0	1	1987
2125	<i>P. × leningradensis</i> Bogd. – т. ленин-градский	Ленинград	1969	87,5	11,0	19,3	1–2	–

Тополь волосистоплодный (*Populus trichocarpa* Torr. et A. Gray). Дерево до 60 м высотой, диаметр ствола 2,0...2,5 м. Родина – Запад Северной Америки, от Аляски до Калифорнии. Растет по берегам рек как среди леса, так и на открытых местах. В культуре известен от Черного до Балтийского моря. Выдерживает морозы до –40 °С, отличается быстрым ростом. В Государственном ботаническом саду (ГБС) им. Н.В. Цицина (Москва) выращивается с 1955 г. и достигает высоты 32,5 м с диаметром ствола 52/65 см. Vegetирует с середины апреля и до середины сентября. В условиях Москвы зимостойкость оценивается I–II(III) баллами. В озеленении Москвы не встречается [10]. Древесина используется преимущественно на целлюлозу. Хорошо размножается черенками. Считается перспективным видом для целей озеленения. В дендросаду СевНИИЛХ имеется 7 экз. этого вида, которые были посажены черенками, полученными в 1971 г. из ГБС. В первые годы после посадки страдали от морозов – зимостойкость III–IV, в последние годы морозом не повреждаются, балл зимостойкости I–II. Средняя высота в возрасте 17 лет была 18 м, средний диаметр – 31 см. Цветет с 1987 г., женские экземпляры.

Тополь невский (*P. × newesis* Bogd.) – получен П.Л. Богдановым в 1934 г. от гибридной семьи: тополь канадский × бальзамический. Листья гибридного типа, по форме и окраске ближе к отцовскому дереву – тополи бальзамическому (темно-зеленые сверху, беловатые снизу). Вполне морозоустойчив. Дерево мужское. Пригоден как сорт для выращивания древесины и для озеленения [1]. В дендросаду было высажено 9 экз. этого гибрида в 1969 г. Черенки были получены из дендрария Ленинградской лесотехнической академии. Деревья отличаются хорошим ростом. В возрасте 16 лет они имели высоту от 10,5 до 11,5 м и диаметр ствола 15...16 см. В 1982 г. вступили в генеративную стадию. Балл зимостойкости в условиях Архангельска – I.

Тополь ленинградский (*P. × leningradensis* Bogd.) также получен П.Л. Богдановым от скрещивания тополя канадского с душистым в 1934 г. Уже в первые годы отличался сильным ростом. В морфологическом отношении этот гибрид ближе к материнскому дереву – тополи канадскому, но отличается окраской листьев (сверху – ярко-зеленые матовые, снизу – бледно-зеленые). Древесина имеет более длинные древесные волокна, чем у других тополей. Вполне морозоустойчив. Дерево мужское. Пригоден как сорт для выращивания древесины и для озеленения [1]. В дендросаду имеется 7 экз. этого гибрида, которые посажены в 1969 г. черенками, полученными из дендрария Ленинградской лесотехнической академии. Этот гибрид не отличается быстрым ростом. В возрасте 16 лет деревья имели высоту от 5,1 до 8,3 м, диаметр ствола 11 см.

Изучением роста тополей в коллекционных посадках занималась О.Е. Столяренко, что позволило ей выявить некоторые особенности их роста в условиях Архангельска [11]. Она установила, что текущий прирост древесины ствола у 17-летнего тополя невского при существующей густоте стояния

деревьев в этих посадках составляет 38 м³/га в год. В.Н. Нилов провел прогнозный расчет производительности тополя невского в плантационной посадке. Он установил, что при заданной густоте посадки 1600 экз./га расчетный общий запас стволовой древесины в возрасте 20 лет составил бы 365 м³/га, текущий прирост – 55 м³/га.

Для доказательства высокой продуктивности тополевых плантаций на Европейском Севере России требуются более основательные доводы, а для их получения – время. В связи с этим в 1989 г. была заложена первая на Европейском Севере тополевая плантация быстрорастущих клонов, среди которых тополя невский, ленинградский и волосистоплодный. Наиболее высокую приживаемость показал тополь волосистоплодный (*P. trichocarpa* Torr.et Gray) – 82 %, низкой приживаемостью отличался тополь байкальский (*P. baicalensis* Kom.) – 31 %.

Нами дважды (в 2006 и 2012 гг.) были проведены обследования плантации (табл. 2).

Лучшим ростом характеризуется тополь невский, средняя высота которого в возрасте 17 лет составила 15,6 м, диаметр – 15,2 см. Лишь немногим уступал ему тополь волосистоплодный (средняя высота – 12,9 м и диаметр – 14,9 см). Через 6 лет тополя значительно выросли как в высоту, так и по диаметру: невский увеличился в высоту в среднем на 3,5 м, волосистоплодный – на 5,2 м, ленинградский – на 4,7 м; прирост по диаметру у тополя невского увеличился на 4,2 см, у волосистоплодного – на 3,6 см.

Сохранность тополей невского и волосистоплодного на плантации осталась на уровне 2006 г. Необходимо отметить, что из-за массового усыхания сохранность тополя ленинградского снизилась с 60 (2006 г.) до 28 % (2012 г.). Этот гибрид в условиях Севера не отличается ни быстрым ростом, ни устойчивостью.

Результаты испытания тополя невского подтвердили сделанный В.Н. Ниловым в 1988 г. прогноз о высокой производительности тополя невского в плантационной посадке. По нашим данным средний запас древесины этого гибрида в возрасте 23 лет составляет 342,2 м³/га. Хорошие результаты показал и тополь волосистоплодный – 230,4 м³/га (табл. 2).

Таблица 2

Таксационная характеристика тополей на плантации клонов

Название таксонов тополей	Сохранность (2012 г.), %	Средние показатели				Запас, м ³ /га
		Высота, м		Диаметр, см		
		2006 г.	2012 г.	2006 г.	2012 г.	
Невский (<i>P. × newesis</i> Bogd.)	74	15,6	19,1	15,2	19,4	342,2
Волосистоплодный (<i>P. trichocarpa</i> Torr.et Gray)	62	12,9	18,1	14,9	18,5	230,4
Ленинградский (<i>P. × leningradensis</i> Bogd.)	28	8,8	13,5	8,9	13,0	45,5

Таблица 3

Рост и сохранность тополей по типу посадочного материала (2012 г.)

Название таксонов тополей	Окоренные растения			Черенки		
	Высота, м	Диаметр, см	Сохранность, %	Высота, м	Диаметр, см	Сохранность, %
Невский (<i>P. × newesis</i> Bogd.)	18,9	19,0	64	19,5	19,7	78
Волосистоплодный (<i>P. trichocarpa</i> Torr.et Gray)	17,5	17,5	64	18,4	18,9	61
Ленинградский (<i>P. × leningradensis</i> Bogd.)	12,7	13,9	33	14,1	12,4	26

Анализ сохранности по типу посадочного материала (табл. 3) показал, что сохранность деревьев тополя невского, выращенных из черенков, выше, чем выращенных из окоренных растений (78 % и 64 % соответственно).

Как показывают результаты изучения роста, деревья тополя, выращенные из черенков, обгоняют в росте деревья, выращенные из окоренных растений, как по высоте, так и по диаметру (табл. 3). Поэтому создание тополевых плантаций рациональнее производить 20-сантиметровыми черенками. Посадка окоренных растений более трудоемка и в условия Севера не оправдывает себя.

Выводы

1. Возможность применения тополя в плантационном лесовыращивании в условиях Европейского Севера России обусловлена рядом его важнейших биологических и лесоводственных показателей. Прежде всего, это быстрота роста в благоприятных условиях местопроизрастания, достаточно высокая зимостойкость целого ряда таксонов. Реализация на практике этих ценных свойств тополей, а также способность к легкому вегетативному размножению черенками требует разработки методов их культуры. Использование сортового посадочного материала позволит существенно повысить продуктивность и качество культур и плантаций, а также сократить сроки выращивания древесины этих пород.

2. По устойчивости, энергии роста и продуктивности достаточно перспективными для плантационного выращивания на Севере являются тополя волосистоплодный (*P. trichocarpa* Torr.et Gray) и невский (*P. × newesis* Bogd.) [3].

3. Создание тополевых плантаций рациональнее производить 20-сантиметровыми черенками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богданов П.Л. Тополя и их культура. М.: Лесн. пром-сть, 1965. 104 с.
2. Войнов Г.С., Чупров Н.П., Ярославцев С.В. Лесотаксационный справочник по северо-востоку Европейской части России (нормативные материалы для Ненецкого автономного округа, Архангельской, Вологодской областей и Республики Коми). Архангельск: СевНИИЛХ, 2012. 672 с.

3. Демидова Н.А., Дуркина Т.М. Перспективность использования местных и интродуцированных видов семейства *Salicaceae* на Европейском Севере России // Изучение, охрана и рациональное использование растительного покрова Арктики и сопредельных территорий. Архангельск, 2012. С. 203–206.

4. Деревья и кустарники СССР / Под ред. С.Я. Соколова. М.; Л.: АН СССР, 1954. Т.2. 611 с.

5. Древесные растения дендрологического сада АИЛиЛХ / Под ред. В.Н. Нилова. Архангельск, 1980. 67 с.

6. Журбин Н.А. Новые межвидовые гибриды тополей // Ботан. журн. 1961. № 5, Вып. 4. С. 710–718.

7. Лапин П.И. Сезонный ритм развития древесных растений и его значение для интродукции // Бюл. ГБС АН СССР. М., 1967. Вып. 65. С.13–18.

8. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР. М.: ГБС АН СССР, 1975. 28 с.

9. Нилов В.Н., Столяренко О.Е. Быстрорастущие тополя коллекции дендрологического сада АИЛиЛХ // Материалы отчетной сессии по итогам НИР за 1986 г. Архангельск, 1987. С. 92–94.

10. Плотникова Л.С., Александрова М.С., Беляева Ю.Е. Древесные растения ГБС им. Н.В. Цицина/РАН. 60 лет интродукции. М.: Наука, 2005. 586 с.

11. Столяренко О.Е. Особенности роста, развития и размножения тополей в Архангельске // Вопросы интродукции хозяйственно ценных древесных пород на Европейский Север. Архангельск, 1989. С. 44–53.

12. Царев А.П. Сортоведение тополя. Воронеж: ВГУ, 1985. 152 с.

13. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб.: Мир и семья, 1995. 992 с.

14. Improving lives with poplars and willows. Synthesis of Country Progress Reports // 24th Session of the International Poplar Commission. Working Paper IPC/12. Rome: FAO, 2012. 104 с. Режим доступа: <http://www.fao.org/forestry/ipc2012/en/> (дата обращения: 08.11.2012).

15. The Plant List. Режим доступа: <http://www.theplantlist.org/browse/A/Salicaceae/Populus/> (дата обращения: 08.11.2012).

Поступила 09.11.12

N.A. Demidova, T.M. Durkina

Northern Research Institute of Forestry

Growth and Development Features of Poplars in the European North of Russia

We present the results of a long-term study of poplar (*Populus*) growth and development in the dendrological garden of the Northern Research Institute of Forestry in the European North of Russia. Prospects of growing poplar on northern plantations are considered.

Keywords: plant introduction, poplar (*Populus*), plantations, European North of Russia.

УДК 630*165.52:582.475.4(470.22)

Б.В. Раевский

Институт леса Карельского НЦ РАН

Раевский Борис Владимирович родился в 1961 г., окончил в 1983 г. Петрозаводский государственный университет, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории лесовосстановления Института леса Карельского НЦ РАН. Имеет более 80 печатных работ в области лесных культур, селекции и семеноводства
E-mail: borisraevsky@gmail.com



СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЕДИНОГО ГЕНЕТИКО-СЕЛЕКЦИОННОГО КОМПЛЕКСА КАРЕЛИИ

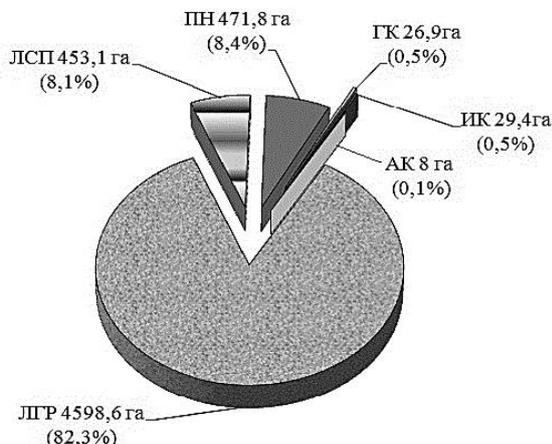
Рассмотрено современное состояние всего комплекса объектов, связанных с сохранением и использованием лесных генетических ресурсов Карелии. Установлено, что система плюсовой селекции в Карелии находится в критическом состоянии и требуются безотлагательные действия для исправления ситуации.

Ключевые слова: лесные генетические ресурсы, плюсовые насаждения, плюсовые деревья, лесосеменные плантации.

Термин «постоянная лесосеменная база» (ПЛСБ) вошел в употребление примерно с 1971 г. [7] и развернуто трактуется в Наставлении по лесосеменному делу 1980 г. [3]. В последнем документе четко указано, что в состав ПЛСБ входят: плюсовые насаждения (семенные заказники), специально сформированные постоянные лесосеменные участки и плантации, предназначенные для заготовки семян с ценными наследственными свойствами, а также плюсовые деревья, предназначенные как для заготовки семян, так и для получения привойного материала. Однако в процессе организации ПЛСБ и реализации системы плюсовой селекции создаются и другие селекционные объекты, а именно: архивы клонов плюсовых деревьев, маточные плантации, испытательные, географические, популяционно-экологические культуры. Кроме этого, как уже говорилось выше, в целях сохранения всего объема внутривидового разнообразия того или иного вида *in situ* (в природной среде) выделяются лесные генетические резерваты. Поэтому в Указаниях по лесному семеноводству в РФ 2000 г. [8] для смыслового объединения всех объектов, направленных на сохранение и использование лесных генетических ресурсов (внутривидового разнообразия), появляется новый термин – единый генетико-селекционный комплекс (ЕГСК).

В настоящей статье обсуждается современная структура ЕГСК Карелии по состоянию на 01.01.2013 г., динамика его основных компонентов с момента начала формирования, а также перспективы, намеченные до 2018 г. Лесным планом по Республике Карелия [2].

Рис. 1. Структура площадей объектов ЕГСК Карелии: ЛСП – лесосеменные плантации, ПН – плюсовые насаждения, ГК – географические культуры, ИК – испытательные культуры, АК – архивы клонов, ЛГР – лесные генетические резерваты



Анализ структуры ЕГСК по площадям объектов (рис. 1) показывает, что основную ее долю (82,3%) составляют лесные генетические резерваты (ЛГР). В настоящее время это одна из самых проблемных категорий объектов ЕГСК. В Карелии работа по выделению ЛГР активно велась в конце 80-х – начале 90-х гг. прошлого столетия на базе Положения о выделении и сохранении генетического фонда древесных пород в лесах СССР [4]. Особенностью ЛГР являлось то, что они занимали довольно существенную площадь (до 500...700 га), количество их заранее не ограничивалось, при этом всякая хозяйственная деятельность там запрещалась. Резерваты выделялись как в лесах I и II групп, так и в эксплуатационных лесах (III группа). Таким образом, посредством организации ЛГР в том или ином районе Карелии можно было создать сеть небольших особо охраняемых территорий (ООПТ) с очень строгим режимом охраны. Такой подход выгодно отличал ЛГР от других не крупных ООПТ типа заказников, где, как правило, в той или иной форме хозяйственная деятельность допускается.

После вступления в силу нового лесного законодательства [1] ранее действовавшие нормативно-правовые акты, определявшие порядок действий по сохранению лесных генетических ресурсов в Российской Федерации, утратили свою силу, а новые не были приняты. Получается, что в настоящее время статус ЛГР совершенно не определен. Прямо они не упомянуты ни в категориях ООПТ, ни в категориях защитных лесов и особозащитных участков. В списке объектов лесного семеноводства их тоже нет. На сегодняшний день единственным вариантом их сохранения является оформление ЛГР в виде особо защитного участка, что далеко не всегда бывает сделано. Поэтому целесообразно дополнить статью 102 Лесного кодекса РФ еще одной категорией защитных лесов – «леса высокой генетической ценности». К данной категории следовало бы отнести уже выделенные и планируемые к выделению ЛГР, ПН и другие участки, предназначенные для сохранения в полном объеме существующего внутривидового разнообразия основных лесобразующих пород.

Породная структура ряда компонентов ЕГСК

Порода	Плюсовые насаждения, га	Плюсовые деревья, шт.	Лесосеменные плантации, га
Сосна обыкновенная	325,40	1210	364,6
Ель финская	141,40	385	54,6
Лиственница сибирская	2,85	27	–
Сосна скрученная	–	14	6,4
Ольха черная	2,00	–	–
Береза карельская	–	68	27,5
<i>Итого</i>	471,70	1704	453,1

Если не принять срочных мер, то в ближайшие годы ЛГР, расположенные в эксплуатационных арендованных лесах, будут вырублены и этот процесс, собственно, уже идет. Еще в 2011 г. площадь ЛГР составляла 6091,6 га, а сейчас их осталось лишь 4598,6 га (рис. 1). Именно в результате рубок списано 1493,0 га.

Доли ПН и ЛСП близки – соответственно 6,7 и 6,4 %. И в том, и в другом случае преобладают объекты по сосне обыкновенной (см. таблицу). Доминирование сосны в структуре ПН и ЛСП, в общем, оправдано, однако число плюсовых деревьев ели выглядит явно недостаточным, если учитывать высокое хозяйственное значение данной породы и известное богатство ее внутривидового разнообразия как по габитуальным признакам, так и по физико-механическим свойствам древесины.

Остальные компоненты – исчезающе малы по своей площади. Все ГК (26,3 га) относятся к всесоюзной серии 1973–77 гг. Площадь, занимаемая ИК, всего 29,4 га, в том числе 13,3 га – это смешанные экспериментальные культуры сосны обыкновенной и сосны скрученной. Площадь чистых ИК сосны обыкновенной всего 6,1 га, где представлено потомство 237 плюсовых деревьев (ПД). Анализ общей структуры ЕГСК Карелии показывает, что с момента своего возникновения он получил явно неравномерное и непропорциональное развитие. Ряд очень важных компонентов (испытательные культуры, архивы клонов) развиты явно недостаточно.

На рис. 2 представлена динамика основных составляющих постоянной лесосеменной базы в Карелии. Постоянные лесосеменные участки (ПЛСУ) к настоящему моменту исчезли как категория из состава ПЛСБ. По остальным составляющим рассматриваемая динамика в целом носит явно депрессивный характер. Площади плюсовых насаждений и плантаций, а также численность ПД имеют явную тенденцию к уменьшению.

Что касается перспектив, намечаемых Лесным планом по Республике Карелия [2], то до 2018 г. выделения новых лесных генетических резерватов не планируется. По завершению планового периода площадь плюсовых насаждений должна быть равна 620 га, т. е. требуется добрать еще 148 га.

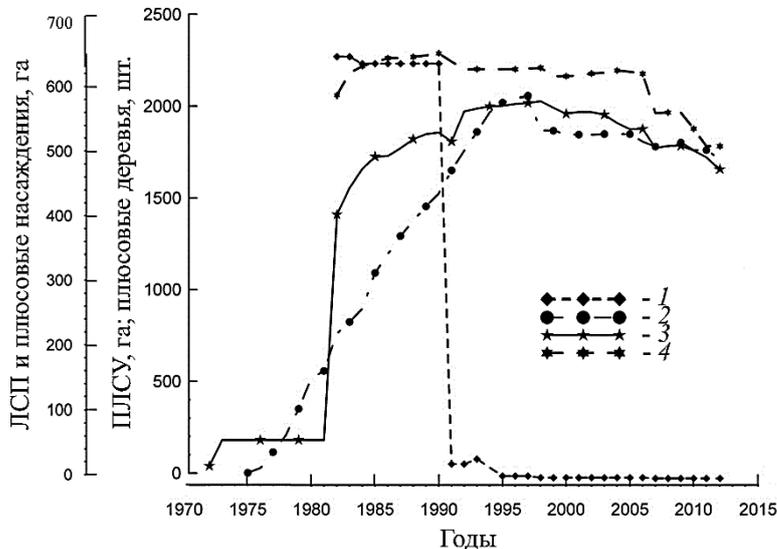


Рис. 2. Динамика основных компонентов ПДСБ Карелии: 1 – ПДСУ, 2 – ЛСП, 3 – ПД, 4 – ПН

К этому же сроку плюсовых деревьев основных лесообразующих пород следует иметь 2300 экз. Согласно современным представлениям для каждой зоны селекции (лесосеменного района или зоны) формируется исходная селекционная популяция в количестве 375...750 шт. ПД; 600 деревьев считается вполне достаточным [9]. Следовательно для трех лесосеменных зон Карелии [6] надо иметь не менее 1800 ПД только сосны. Сейчас в наличии их только 1210 шт. Есть также 14 ПД сосны скрученной [5]. Таким образом, в оставшийся период необходимо отобрать примерно 590 ПД сосны обыкновенной, и все севернее 63-й параллели. Имея в виду сложившееся соотношение между сосной и елью, приблизительно равное 3:1, разумно предположить, что численность ПД ели должна составлять не менее 600 шт., т. е. намеченный рубеж явно недостаточен и на долю других видов ничего не остается.

Отбор ПД в производственных масштабах с занесением их в государственный реестр начался в Карелии с 1973 г. Общая динамика отбора ПД сосны обыкновенной в республике по пятилетиям показана на рис. 3.

Как следует из рис. 3, конец 70-х – начало 80-х гг. XX в. – самый активный период в формировании пула плюсовых деревьев. За первые две пятилетки было отобрано 62 % всех ПД со среднегодовым темпом более 100 шт. Следующие две пятилетки дали еще 32 %, на остальной период приходится только 6 %. Можно с уверенностью заключить, что массовый отбор ПД фактически завершился в 1992 г. С 2005 г. плюсовые деревья сосны, как и других пород, в Карелии не отбираются вообще. Вполне понятно, что если нет процесса активного пополнения, то потери по различным причинам начинают неуклонно сокращать селекционную популяцию ПД. Всего за почти 40-летний период было отобрано 1741 шт. и по различным причинам списано 485 шт., или 28,6 % от общего числа всех занесенных в госреестр ПД сосны.

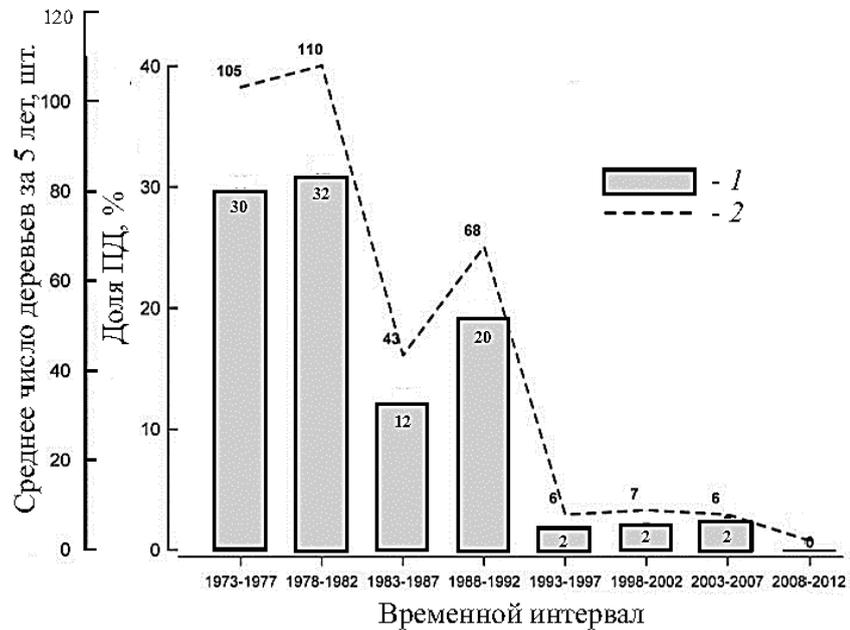


Рис. 3. Динамика отбора ПД сосны в Карелии: 1 – доля; 2 – среднегодовые темпы отбора ПД за 5 лет

Планируется также создание 55 га новых архивов клонов. Учитывая, что в настоящее время их всего имеется 8 га (0,1 %) и новые плюсовые деревья не отбираются, перспективы весьма проблематичны. В предстоящее десятилетие предполагается закладка всего лишь 35 га новых ИК. Теоретически этой площади хватит на проверку семенного потомства не более чем 500 клонов. По данным многочисленных исследований, в ИК не более 20...30 % от исходного числа испытываемых семенных потомств демонстрируют статистически достоверное преимущество перед контролем. Таким образом, при реализации данного сценария можно будет отобрать не более 150 лучших клонов для дальнейшего их разведения на ЛСП второго порядка. Тогда как, для закладки участка поля плантации необходимо иметь ежегодно не менее 50 клонов, прошедших генетико-селекционную оценку и отобранных для создания ЛСП второго порядка. Всего желательно иметь в резерве 350 таких клоновых потомств. Иными словами, в ближайшие годы в Карелии следовало бы посадить примерно 50 га ИК только сосны. В 2012 г. их создано только 5 га.

Все ЛСП в Карелии – это плантации первого порядка, заложенные генетически непроверенным материалом. В породной структуре абсолютно преобладает сосна обыкновенная. Возрастная структура ЛСП сосны представлена на рис. 4, на котором справа от вертикальной пунктирной линии показано распределение всей когда-либо посаженной площади ЛСП по принципу «указанный возраст и старше», а слева – «указанный возраст и младше». Таким образом, очевидно, что в настоящее время 58 % ЛСП сосны имеет возраст свыше 27 лет включительно, т. е. средневзвешенный возраст плантаций на текущий момент равен данной величине.

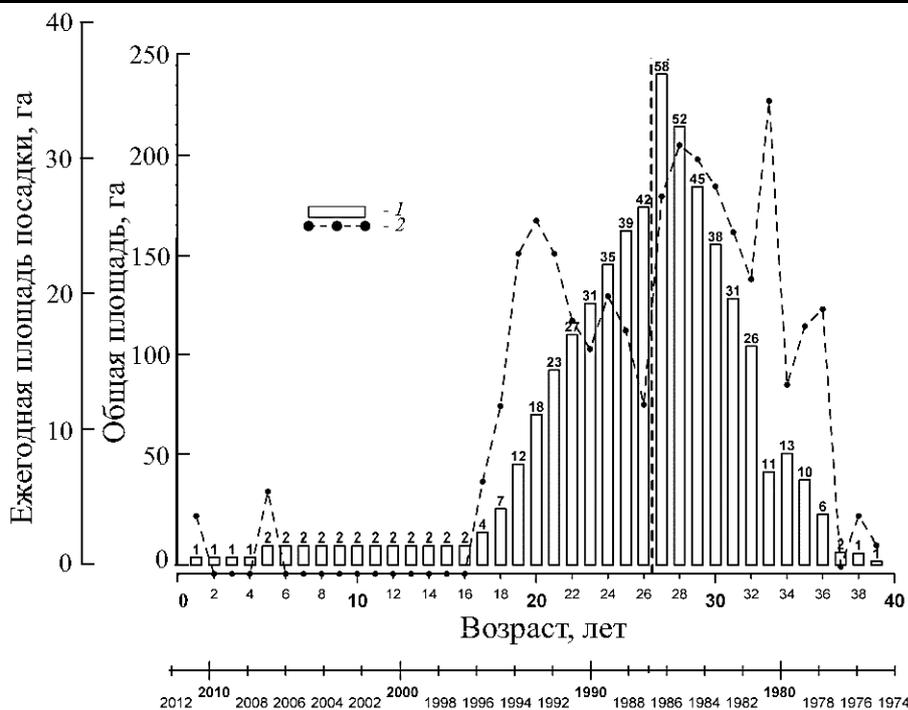


Рис. 4. Возрастная структура ЛСП сосны обыкновенной: 1 – общая площадь, 2 – ежегодная площадь посадки

Следует заметить, что по меркам лесного хозяйства ЛСП являются не очень долговечным объектом. Общий период их эксплуатации составляет порядка 40 лет. Продлевать его не рационально, поскольку за указанный промежуток времени должны создаваться объекты более высокого генетического уровня. Весь жизненный и хозяйственный цикл ЛСП может быть условно разбит на четыре 10-летних класса возраста (I – IV). Плантации I класса возраста, имеющие лесокультурный возраст от 0 до 9 лет, находятся еще в периоде своего «детства» и не способны дать хозяйственно значимый урожай шишек и семян; II класс знаменует собой период «юности» в промежутке от 10 до 19 лет, когда интенсивность генеративных процессов быстро нарастает и появляется возможность получения хозяйственно значимых урожаев; III класс – период «зрелости» плантации (20...29 лет). В общем случае ЛСП сосны, вступив в период интенсивного цветения в 10-летнем возрасте, активно плодоносит еще в течение примерно 20 лет. Максимальная семенная продуктивность ЛСП обычно наблюдается в 15–25-летнем возрасте, затем деревья становятся высокими, кроны смыкаются, нижние ветви усыхают, генеративный ярус смещается вверх, урожайность падает. IV класс – период «старости» плантации (30...39 лет).

Таким образом, современная возрастная структура ЛСП сосны в Карелии не дает повода для оптимизма. Плантации быстро стареют и уже через 3 года более половины их площади будут за пределами 30-летнего возраста. В течение

ближайших 10 лет необходимо будет вывести из эксплуатации 37,7 % площади ЛСП сосны обыкновенной. Соответственно 50,4 % перейдут в IV класс возраста. Очевидно, что площадь плантаций, находящихся на пике своей семенной продуктивности, начнет катастрофически уменьшаться, что неумолимо приведет к ситуации, когда заготавливать улучшенные семена сосны будет практически негде. Как следует из рис. 4, годовые темпы закладки ЛСП на протяжении последних 35 лет были весьма неравномерными. Начиная с 1997 г., закладка ЛСП сосны была фактически прекращена. Только в 2008 г. было посажено 5,7 га семейственной ЛСП сосны семенами от контролируемого опыления северных клонов и в 2012 г. заложено 4 га прививочной плантации тоже клонами из северной подзоны тайги Карелии. За этот же период было списано по различным причинам 59,9 га плантаций, что составляет 14,1% от общей их созданной площади (424,5 га).

Лесным планом [2] в период с 2012 г. по 2018 г. предусматривается посадка 20 га ЛСП, по 2...4 га ежегодно. Однако эти показатели невыполнимы, так как для закладки ЛСП требуется иметь привитой посадочный материал, для выращивания которого необходимо не менее 5 лет (3 года на выращивание подвоя, 2 года роста прививки в теплице). В настоящее время привитой посадочный материал, готовый для закладки ЛСП, отсутствует.

Исходя из логики системы плюсовой селекции, абсолютно назрел переход к ЛСП второго порядка, которые и должны стать источником существенно генетически улучшенных семян, но для создания таких плантаций необходимо осуществлять комплексную селекционно-генетическую оценку клонов на ЛСП первого порядка. Без проведения данной работы переход к следующему этапу плюсовой селекции невозможен.

Таким образом, из этого следует неутешительный вывод о том, что перспективные показатели, определяемые Лесным планом по Республике Карелия на 2009–2018 гг., в отношении селекционного семеноводства, по всей видимости, не будут выполнены. Более того, анализируя современные тенденции динамики основных структурных компонентов ЕГСК, можно придти к выводу, что лесное хозяйство Карелии не приближается, а наоборот, удаляется от выполнения нормативов по селекционному семеноводству, зафиксированных в Лесном плане.

Заключение

Текущее состояние и тенденции в развитии ЕГСК имеют ключевое значение в решении проблемы обеспечения лесного хозяйства республики Карелия высококачественными семенами основных лесообразующих пород. Однако вопрос сохранения и использования лесных генетических ресурсов в Карелии решается неудовлетворительно. На сегодняшний день в Республике не существует ведомств и специализированных организаций, напрямую заинтересованных в развитии системы ЕГСК. Результатом этого является острый дефицит не только улучшенных, но и нормальных местных семян для целей лесовосстановления. Сложившаяся ситуация влечет за собой исполь-

зование в питомниках инорайонного посевного материала, причем зачастую с нарушением существующего лесосеменного районирования. Итогом реализации данного неблагоприятного сценария является заметное снижение приживаемости, сохранности и качества вновь создаваемых лесных культур.

Очевидно, что требуется разработка и реализация пакета мер организационно-правового характера, в том числе создание в Карелии селекционно-семеноводческого центра, обладающего современной производственной базой. В качестве первоочередной должна быть поставлена задача разработки и строгого соблюдения обновленного лесосеменного районирования как для семян из естественных насаждений, так и с плантаций, призванного почти полностью исключить использование в лесовосстановлении семян сосны обыкновенной из-за пределов Карелии. Такое ограничение послужило бы мощным стимулом к использованию местных генетических ресурсов и позволило переломить ситуацию к лучшему.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лесной кодекс Российской Федерации, М., 2006.
2. Лесной план по республике Карелия. М., 2008. 161 с.
3. Наставление по лесосеменному делу. М., 1980. 108 с.
4. Положение о выделении и сохранении генетического фонда древесных пород в лесах СССР. М., 1982. 18 с.
5. Раевский Б.В. Мордась А.А. Ход роста культур сосны скрученной в подзоне средней тайги// Лесн. журн. 2005. № 1-2. С. 22–32. (Изв. высш. учеб. заведений).
6. Раевский Б.В. Ход роста географических культур сосны обыкновенной в Карелии//Ученые записки ПетрГУ. 2011. № 6 (119). С. 65–69.
7. Указания о порядке отбора и учета плюсовых деревьев и инасаждений, постоянных лесосеменных участков и плантаций в лесном хозяйстве. М., 1971. 75 с.
8. Указания по лесному семеноводству в Российской Федерации. М., 2000. 197 с.
9. Danell O. Possible Gains in Initial Stages of a National Tree Improvement Programme Using different Techniques // Proceedings from the Nordic tree breeders meeting. Denmark, 1990. P. 11–30.

Поступила 02.04.13

B.V. Raevsky

Forest Research Institute, Karelian Research Centre, RAS

Present-Day Situation and Development of Woody Species Breeding Base in Karelia

The paper focuses on the present-day state of the facilities dealing with conservation and management of forest genetic resources in Karelia. The current plus tree breeding system in Karelia is in a critical condition and requires urgent efforts in order to change the situation for the better.

Keywords: forest genetic resources, plus stands, plus trees, seed orchards.

УДК 630*232.42 + 630*236.2

А.И. Соколов, А.Н. Пеккоев, В.А. Харитонов, Т.И. Кривенко

Институт леса Карельского НЦ РАН

Соколов Александр Иванович родился в 1944 г., окончил в 1971 г. Петрозаводский государственный университет, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий лабораторией лесовосстановления Института леса Карельского НЦ РАН. Имеет 120 печатных работ в области лесовосстановления, лесной рекультивации, лесоводства и механизации лесокультурных работ.
E-mail: alexander.sokolov@krc.karelia.ru



Пеккоев Алексей Николаевич родился в 1984 г., окончил в 2006 г. Петрозаводский государственный университет, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории лесовосстановления Института леса Карельского НЦ РАН. Имеет более 10 печатных работ в области лесовосстановления и древесиноведения.
E-mail: pek-aleksei@list.ru



Харитонов Владимир Александрович родился в 1962 г., окончил в 1997 г. С.-Петербургскую лесотехническую академию им. С.М. Кирова, ведущий инженер лесного хозяйства лаборатории лесовосстановления Института леса Карельского НЦ РАН. Имеет более 20 печатных работ в области лесовосстановления, лесной рекультивации и лесоводства.
E-mail: vkharitonov@krc.karelia.ru



Кривенко Татьяна Ивановна окончила в 1978 г. С.-Петербургскую лесотехническую академию им. С.М. Кирова, ведущий инженер лесного хозяйства лаборатории лесовосстановления Института леса Карельского НЦ РАН. Имеет более 20 печатных работ в области лесовосстановления, выращивания посадочного материала и лесной рекультивации.
E-mail: tkrivenk@krc.karelia.ru



УСКОРЕННОЕ ВЫРАЩИВАНИЕ КУЛЬТУР ЕЛИ В СРЕДНЕТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЕ КАРЕЛИИ

Обоснован способ ускоренного выращивания древостоев ели целевого назначения в условиях средней тайги, которые по продуктивности не уступают плантационным культурам, но менее затратны и более экологичны. Установлено, что древесина 41-летних культур ели, выращенных в ускоренном режиме, по качеству соответствовала древостоям естественного происхождения.

Ключевые слова: лесные культуры, ель, ускоренное лесовыращивание, рубки ухода, удобрения, качество древесины.

© Соколов А.И., Пеккоев А.Н., Харитонов В.А., Кривенко Т.И., 2013

Леса северо-запада таежной зоны России длительное время подвергались интенсивной эксплуатации, что привело к истощению запасов спелой древесины хвойных пород [1]. В результате, несмотря на наличие современной высокопроизводительной техники, объем лесозаготовок в Карелии не превышает уровня 1950 г., а лесоперерабатывающие предприятия испытывают дефицит качественного хвойного пиловочника и балансов [17], поэтому необходимы меры по восстановлению ресурсного потенциала таежных лесов.

В настоящее время в мировой экономике возрастает интерес к искусственному лесовосстановлению. По данным К. Куусела [9], в Финляндии оборот рубки в ельниках искусственного происхождения составляет 80 лет, в ельниках естественного происхождения, обеспеченного лесоводственным уходом, – 95 лет, без ухода – 160 лет. При этом относительный выход лесоматериалов соответственно 100, 80 и 41 %. О возрастающей роли лесных культур в мировой экономике свидетельствуют следующие цифры. На 2000 г. в мире площадь лесных культур составляла 5 % лесопокрытой площади, в том числе доля культур лесосырьевого назначения – 3 %. При этом в лесных культурах было заготовлено 35 % круглой древесины. Прогнозируется, что к 2020 г. этот показатель увеличится до 44 % [6]. По имеющимся данным [3, 6, 10, 18, 27, 30 и др.], за рубежом высокую эффективность показывает плантационное лесовыращивание.

В России целенаправленно плантационное выращивание древесины стало развиваться с 1981 г., когда была утверждена целевая комплексная программа по созданию в Европейско-Уральской зоне постоянной лесосырьевой базы, но из-за отсутствия финансирования исследования были прекращены [18]. Технологии плантационного лесовыращивания, разработанные в тот же период за рубежом и на Северо-Западе России, трудоемки, требуют больших финансовых затрат и не в полной мере отвечают современным экологическим требованиям к ведению лесного хозяйства. Наиболее сложное положение складывается с выращиванием ели, которая требует плодородных почв, в первые годы растет медленно, часто повреждается заморозками, угнетается травянистой растительностью и лиственными породами. В результате эффективность искусственного лесовосстановления оказывается низкой. В то же время ель является лучшей породой для производства бумаги. Дефицит еловой древесины постоянно растет, что требует неотложного обоснования мер по ее целевому выращиванию. Однако следует учитывать особенности природно-климатических условий Карелии (пересеченный рельеф, высокая завалуненность, неоднородность и невысокое плодородие почв, короткий и неустойчивый вегетационный период и др.), которые значительно ограничивают применение имеющихся технологий плантационного выращивания. В данном случае основное внимание должно быть уделено разработке способов ускоренного выращивания лесных культур в зонах действия крупных лесоперерабатывающих предприятий. Ранее доказана возможность ускоренного выращивания в условиях средней тайги культур сосны целевого назначения, по продуктив-

ности не уступающим плантационным культурам, но более экономичным и экологически безопасным [15]. В культурах ели такие исследования начались в 70-е гг. прошлого столетия на Петрозаводской ЛОС ЛенНИИЛХа, но после ее закрытия они были прекращены. В результате продуктивность и устойчивость культур ели, выращенных в режиме, приближенном к плантационному, в условиях средней тайги остались неизученными.

Цель наших исследований – изучение продуктивности культур ели, выращенных по интенсивным технологиям в условиях средней тайги Карелии.

Объектом исследований были 41-летние культуры ели (табл. 1), заложенные Петрозаводской ЛОС ЛенНИИЛХа на свежей вырубке ельника черничного [28, 29].

Таблица 1

Мероприятия, проведенные при выращивании культур ели разной густоты

Густота культур, тыс. шт./га		Мероприятия по уходу за культурами ели в возрасте, лет		
исходная	в год учета	Удаление лиственных пород	Разреживание культур	Внесение удобрений
4,0	1,473	7 и 15	15 и 20	12 (N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀)
				17 (N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀) 21 (N ₁₅₀)
3,0	1,368	7 и 15	15 и 20	Без удобрений
	1,294	7 и 15	20	17 (N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀) 21 (N ₁₅₀)
2,0	1,396	7 и 15	20	Без удобрений
	1,520	7 и 15	–	12 (N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀) 17 (N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀) 21 (N ₁₅₀)
1,0	1,430	7 и 15	–	Без удобрений
	0,915	7 и 15	–	12 (N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀) 17 (N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀) 21 (N ₁₅₀)
	0,910	7 и 15	–	Без удобрений

Почва на опытном участке пятнисто-подзолистая, супесчаная, сильно завалуненная. По всему профилю встречались валуны от 3 до 45 см в поперечнике. Встречаемость их в верхнем 15-сантиметровом горизонте почвы составляла 39 %, а в 20-сантиметровом – 51 %. Средняя глубина залегания камней 18 см. Посадка произведена 4-летними саженцами (2+2) без подготовки почвы и 2-летними сеянцами в площадки с удаленной подстилкой 0,2 × 0,2 м. Культуры выращивали с первоначальной густотой от 1,0 до 4,0 тыс. шт./га. Агротехнические уходы проводились только за сеянцами. Лесоводственный уход выполнен в 7- и 15-летнем возрасте. В последний прием лиственные породы были удалены полностью. В варианте с густотой

4,0 тыс. шт./га проведено двукратное изреживание (в 15 и 20 лет), в варианте с густотой 3,0 тыс. шт./га – однократное (в 20 лет). В вариантах с густотой 4,0, 2,0, и 1,0 тыс. шт./га удобрения вносили 3 раза, с густотой 3,0 тыс. шт./га – 2 раза. В варианте с посадкой сеянцев с густотой 2,0 тыс. шт./га удобрения не применяли, изреживание не проводили. Изучение состава, роста, продуктивности древостоев вели с помощью общепринятых в лесокультурных и лесоводственных исследованиях методов [2, 4, 12, 14, 20 и др.]. На постоянных пробных площадях выполняли сплошной пересчет деревьев по породам. Диаметры деревьев на высоте 1,3 м измеряли с точностью до 0,1 см, определяли расстояния между растениями в ряду. Высоту деревьев измеряли с помощью шеста или высотомера. Средние высоты вычисляли по графику высот [2]. У учетных деревьев брали керны для анализа приростов ствола по диаметру методом ступенчатого представительства.

Таксационная характеристика 41-летних культур ели, выращенных с применением удобрений и разреживаний, приведена в табл. 2.

Таблица 2

Таксационная характеристика 41-летних культур ели разной первоначальной густоты, выращенных по интенсивным технологиям

Густота, тыс. шт./га		Посадочный материал	Вариант опыта	Средние показатели		Полнота	Запас древесины, м ³ /га
исходная	стояния			Диаметр, см	Высота, м		
4,0	1,47	Саженьцы	Удобрения	16,5	15,8	1,1	253
	1,37	«	Контроль	16,9	15,9	1,1	249
3,0	1,29	«	Удобрения	17,0	15,2	1,3	280
	1,40	«	Контроль	15,2	14,0	0,8	181
2,0	1,52	«	Удобрения	16,5	16,3	1,2	266
	1,43	Сеянцы	Контроль	14,8	13,8	0,8	175
1,0	0,92	Саженьцы	Удобрения	18,0	14,8	0,9	177
	0,91	«	Контроль	16,3	13,3	0,8	132

Результаты показали, что, несмотря на удаление части деревьев при разреживании, в молодняках прослеживается тенденция повышения общего запаса древостоя с увеличением исходной густоты культур. Культуры ели обладали высокой продуктивностью. В молодняках с возрастом бонитет повышался и к 40 годам с III-IV достиг I-II класса. Аналогичное явление отмечено в культурах ели, созданных по разным технологиям на Урале [25]. Это указывает на перспективность искусственного лесовосстановления при ускоренном выращивании древесины ели.

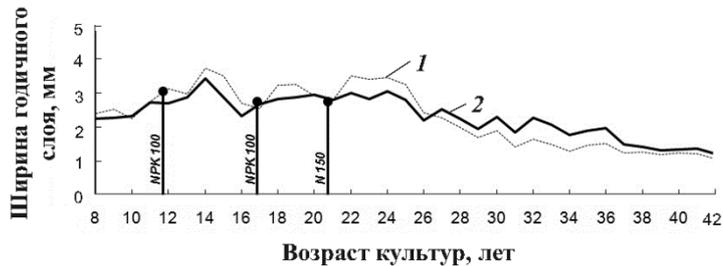
Сеянцы на протяжении всего периода наблюдений отставали от саженьцев в росте по диаметру и накоплению запаса. Но за последние 8 лет их текущий годичный прирост по запасу превысил 11 м³/га, а культуры росли уже по II классу бонитета. Применение минеральных удобрений способствовало ускорению роста культур ели и повышению продуктивности древостоя на один класс

бонитета. Более эффективным оно оказалось в вариантах с начальной густотой 3,0 и 2,0 тыс. шт./га. Древостой с исходной густотой 2,0 тыс. шт./га, незначительно уступая по запасу и диаметру, имел тенденцию к увеличению текущего прироста по запасу, который был достаточно высоким (12,9 м³/га).

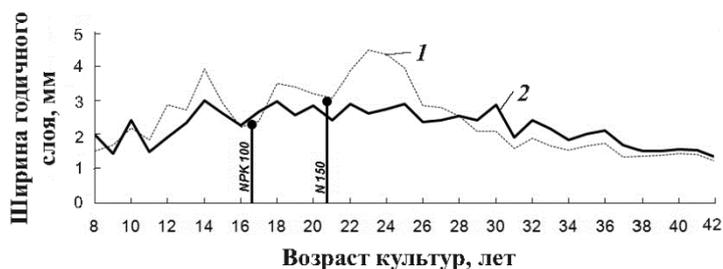
Культуры с густотой посадки 1,0 тыс. шт./га, выращенные без разреживаний с применением удобрений, к этому возрасту имели максимальный средний диаметр и объем ствола, что согласуется с данными, полученными для 26-летних плантационных культур ели в условиях Ленинградской области [13]. Однако запас древостоя и текущий прирост по запасу при густоте 1,0 тыс. шт./га были значительно ниже, чем в остальных вариантах с удобрением. Средний прирост по запасу 41-летних культур ели, созданных саженцами, в вариантах с применением удобрений составил 4,3...6,8, а в контрольных – 3,2...6,1 м³/га. При посадке сеянцев (без удобрений) он равнялся 4,3 м³/га. Показатели текущего прироста по запасу с возрастом увеличивались и значительно превосходили средний. Это указывает на то, что древостой не достигли количественной спелости. Полученные результаты свидетельствуют о том, что культуры ели целевого назначения с применением удобрений и крупномерного посадочного материала высотой 30 см и диаметром 7 мм допустимо создавать с густотой 2,5...3,0 тыс. шт./га, при использовании отборных саженцев [8, 13, 16] густоту посадки можно уменьшить до 2,0 тыс. шт./га, что позволит снизить затраты на разреживание культур и уменьшить повреждаемость стволов и корней деревьев при его проведении.

Подтверждением этому являются результаты опытов М.С. Ковалева [8]. В условиях ельника кисличного Псковской области 26-летние культуры ели, созданные им саженцами с густотой 2,0 тыс. шт./га и разреженные в 10-летнем возрасте до густоты 1,0 тыс. шт./га, имели несколько меньший запас (278 м³/га), чем культуры с исходной густотой 4,0 тыс. шт./га (302 м³/га) и разреженные до 2,0 тыс. шт./га, но превосходили последние по среднему диаметру (соответственно 20,4 и 16,0 см). Разреживание культур ели в 10-летнем возрасте с интенсивностью выборки 50 % по числу деревьев привело к формированию более крупного и здорового древостоя, чем древостоя аналогичной густоты без разреживаний.

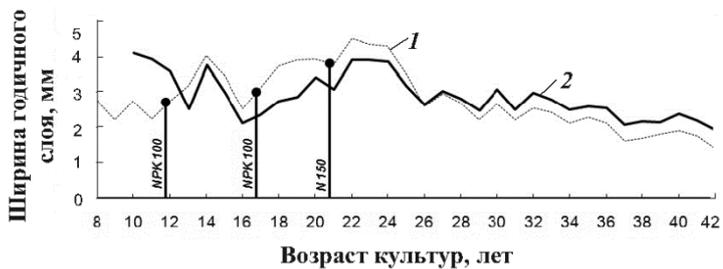
Следует отметить, что в наших опытах при исходной густоте 4,0 тыс. шт./га в 33-летнем возрасте влияние удобрений на средние диаметр и высоту уже не прослеживалось, хотя в 20-летнем возрасте оно еще было существенным [28]. Это объясняется, во-первых, селекционным отбором при рубках ухода быстрорастущих особей и увеличением их площади питания, во-вторых тем, что действие минеральных удобрений закончилось и без дополнительного воздействия извне биологическая система стала приходить в соответствие с продуктивностью условий местопроизрастания, что подтверждают показатели текущего годовичного прироста по диаметру (см. рисунок).



a



б



в

Динамика годичного прироста по диаметру в 41-летних культурах ели разной первоначальной густоты: *a* – 4,0 тыс. шт./га; *б* – 3,0 тыс.; *в* – 1,0 тыс. шт./га

В 41-летнем возрасте распределение деревьев по ступеням толщины в вариантах с исходной густотой 4,0 тыс. шт./га было близким к нормальному, а древостой имели одинаковые таксационные показатели (250 м³/га). Высокие показатели текущего прироста по запасу 11 (удобрения) и 15 м³/га (контроль), а также относительной полноты (1,1) указывают на целесообразность разреживания этих культур с оставлением 700...800 шт. лучших деревьев на доращивание [22] для получения не только балансов, но и пиловочника. На необходимость постановки длительных экспериментов по такой селекции хвойных

пород в густых культурах обращали внимание Н.П. Калиниченко с соавторами [5]. Целесообразность применения рубок ухода в целях улучшения генофонда ели на лесосеменных плантациях также показана в работе В.Г. Потылева [21]. Данный лесоводственный прием с отбором деревьев-лидеров рекомендуется использовать при плантационном лесовыращивании сосны и ели [18]. Основным его недостаток – увеличение затрат на посадочный материал и посадку, а также на рубки ухода.

Снижение первоначальной густоты культур от 4,0 до 1,0 тыс. шт./га сопровождалось увеличением средней ширины годичного слоя древесины от 2,4 до 2,9 мм, что могло негативно сказаться на плотности древесины, являющейся одним из основных показателей ее качества.

Внесение удобрений и комплексный уход способствовали снижению базисной плотности древесины. Однако после окончания периода эффективного действия удобрений и разреживаний (4...7 лет) происходило постепенное повышение плотности по сравнению с контрольным участком (без удобрений). В 41-летнем возрасте средняя плотность древесины ели в вариантах с одинаковой первоначальной густотой не имела достоверных различий. Исключением является вариант с густотой 2,0 тыс. шт./га. Базисная плотность древесины на контроле, где для посадки применяли сеянцы, была достоверно выше на 4 %, чем в варианте с удобрением. В целом средняя базисная плотность древесины 41-летних культур ели (365...379 кг/м³) не выходила за пределы средних значений плотности древесины ельников естественного происхождения таежной зоны (365...388 кг/м³) [19].

Многие исследователи [7, 11, 23, 26] отмечали лучший рост ели по диаметру в культурах с низкой густотой, что связывают с улучшением условий питания и освещенности, ослаблением корневой конкуренции, лучшей обеспеченностью теплом. Однако в данном опыте при меньшей густоте (1,0 тыс. шт./га) после удаления лиственных пород ель интенсивней повреждалась заморозками. Последствия их проявились в наличии двойчаток и формировании кустистой формы ствола, что отрицательно повлияло на сортиментную структуру древостоя. При первоначальной густоте 2,0 тыс. шт./га количество таких деревьев достигало 5 % и было в 2,3 раза меньше по сравнению с предыдущим вариантом, а при густоте 3,0 тыс. шт./га и более оно сводилось к минимуму и составляло 0,7...2,3 % [24]. Следовательно, при выращивании культур ели первоначальная густота влияет не только на формирование запаса древостоя и потребность в рубках ухода, но и на повреждаемость ели заморозками, которые ведут к потере прироста и повышению сучковатости в комлевой части ствола.

Выводы

1. В среднетаежной подзоне на вырубках с дренированными завалуненными почвами возможно ускоренное выращивание высокопродуктивных древостоев ели целевого назначения. Основные требования: лесорастительные

условия – ельник кисличный и черничный свежий; первоначальная густота культур, обеспечивающая селективный отбор деревьев-лидеров; применение крупномерного посадочного материала; качественный агротехнический уход; своевременное осветление и разреживание ели.

2. С возрастом в культурах ели отмечается повышение класса бонитета. Интенсивность процесса зависит от густоты культур и применения удобрений. Внесение минеральных удобрений, способствуя ускорению роста культур, обеспечивает повышение продуктивности древостоев на один класс бонитета.

3. Целенаправленный отбор в процессе выращивания посадочного материала в лесных питомниках, а в перспективе клональное микроразмножение ели, позволяют повысить долю деревьев-лидеров в культурах, что при использовании отборного крупномерного посадочного материала, качественной обработки почвы и своевременных уходах дает возможность снизить густоту посадки до 1,7...2,0 тыс. шт./га.

4. В условиях средней тайги при создании культур ели саженцами высотой не менее 30 см первое разреживание культур, пройденных интенсивным уходом (осветлением), необходимо проводить в возрасте 10...15 лет (средняя высота – 3 м). Задержка с уходом ведет к увеличению трудовых и финансовых затрат, захламленности участка порубочными остатками, повреждению корневых систем и стволов деревьев, что способствует проникновению в них патогенных грибов и снижению устойчивости древостоев.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Актуальные проблемы лесовыращивания на Европейском Севере России в рамках перехода к интенсивной модели ведения лесного хозяйства / Н.И. Бабич [и др.] // Лесн. журн. 2013. № 2. С. 75–83. (Изв. высш. учеб. заведений).
2. *Анучин Н.П.* Лесная таксация. М.: Лесн. пром-сть, 1982. 552 с.
3. *Гелес И.С.* Древесное сырье – стратегическая основа и резерв цивилизации. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. 500 с.
4. *Кайрюкитис Л.А.* Формирование елово-лиственных молодняков. Каунас: ЛитНИИЛХ, 1959. 245 с.
5. *Калиниченко Н.П., Писаренко А.И., Смирнов Н.А.* Лесовосстановление на вырубках. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Экология, 1991. 384 с.
6. *Керл Д., Воуринен П., Лунго А.* Состояние и тенденции лесокультурного производства в мире // Лесохозяйственная информация. 2004. № 11. С. 53–58.
7. *Ковалев М.С.* Выращивание плантационных культур сосны и ели // Технология создания и экологические аспекты выращивания высокопродуктивных лесных культур. СПб.: ЛенНИИЛХ, 1992. С. 72–75.
8. *Ковалев М.С.* Некоторые результаты опытных работ по выращиванию плантационных культур ели в Псковской области // Тр. СПбНИИЛХ. Вып. 2 (12). СПб.: СПб, 2004. С. 90–99.
9. *Куусела К.* Динамика бореальных хвойных лесов. Хельсинки: Изд-во «Metsateollisuus», 1991. 210 с.
10. Лесные плантации (ускоренное выращивание ели и сосны) / Шутов И.В. [и др.]. М.: Лесн. пром-сть, 1984. 248 с.

11. Мерзленко М.Д. Густота культур сосны и ели в зоне смешанных лесов // Лесо-разведение и лесомелиорация: обзорн. информ. ЦБНТИ Гослесхоза. М., 1981. №2. 28 с.
12. Моисеев В.С. Таксация молодняков. Л.: Изд-во ЛТА, 1971. 342 с.
13. Обобщение 30-летнего опыта плантационного лесовыращивания в таежной зоне России / И.А. Маркова, Т.А. Шестакова, Н.В. Большакова, О.Ю. Бутенко // Тр. СПбНИИЛХ. Вып. 2 (12). СПб., 2004. С. 58–76.
14. Огиевский В.В., Хиров. А.А. Обследование и исследование лесных культур. М.: Лесн. пром-сть, 1964. 52 с.
15. Перспективы ускоренного выращивания сосны в среднетаежной подзоне Карелии /А.И. Соколов [и др.] // Лесн. хоз-во. 2010. № 1 С. 42–44.
16. Пигарев Ф.Т., Беляев В.В., Сунгуров Р.В. Комплексная оценка посадочного материала и его применение на Европейском Севере: метод. указания. Архангельск: АИЛЛХ, 1987. 15 с.
17. План действий Правительства Республики Карелия по совершенствованию системы управления лесным комплексом на период до 2010 г. // Распоряжение Правительства РК № 58р-П от 09.02.2008 г. Петрозаводск, 2008. 24 с.
18. Плантационное лесоводство / И.В. Шутов [и др.]; под общ. ред. И.В. Шутова. СПб: Изд-во политехн. ун-та, 2007. 366 с.
19. Полубояринов О.И. Плотность древесины. М.: Лесн. пром-сть, 1976. 160 с.
20. Поляков А.Н., Ипатов Л.Ф., Успенский В.В. Продуктивность лесных культур. М.: Агропромиздат, 1986. 240 с.
21. Потылев В.Г. Создание высокоэффективных семейственных лесосеменных плантаций ели // Лесн. хоз-во. 1983. № 4. С. 35–36.
22. Прогнозные таблицы хода роста плантационных культур: метод. рекомендации / Сост.: Маслаков Е.Л., Кузнецов А.Н., Старостин В.А. Л.: ЛенНИИЛХ, 1988. 33 с.
23. Разин Г.С. Модели роста древостоев еловых культур разной густоты // Лесоведение. 1988. № 2. С. 41–47.
24. Соколов А.И. Лесовосстановление на северо-западе России. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2006. 215 с.
25. Терехов Г.Г., Усольцев В.А. Формирование, рост и продуктивность опытных культур ели сибирской на Урале. Исследование системы связей и закономерностей. Екатеринбург: УрО РАН, 2008. 215 с.
26. Фадин И.А. О густоте посадки культур ели. Красноярск: СибНИИЛХ, 1957. 38 с.
27. Царев А.П. Мировой опыт плантационного лесовыращивания // Ученые записки ПетрГУ. 2010. № 6. С. 42–48.
28. Цинкович Л.К., Барышева Г.И. Влияние комплексного ухода на рост культур ели // Проблемы лесоведения и лесной экологии: тез. докл. Ч. II. М., 1990. С. 396–399.
29. Цинкович Л.К., Синькевич М.С. Опыт создания культур ели крупномерным посадочным материалом в условиях Карелии // Тр. Петрозаводской ЛОС. Вып. 2. Петрозаводск: Изд-во Карелия, 1973. С. 222–230.
30. Штукин С.С. Интенсификация выращивания культур сосны и ели в Беларуси: автореф. дис. ... д-ра с-х. наук. Минск, 2000. 38 с.

Поступила 02.04.13

A.I. Sokolov, A.N. Pekkoev, V.A. Kharitonov, T.I. Krivenko

Forest Research Institute, Karelian Research Centre, RAS

Accelerated Growing of Spruce Cultures in the Middle Taiga Subzone of Karelia

The paper substantiates a technique for accelerated growing of special-purpose spruce stands in the middle taiga subzone. These stands are equal to plantations in terms of productivity but are less costly and more environmentally friendly. The quality of timber in 41-year-old spruce crops grown by the accelerated method matched that of naturally growing stands.

Keywords: forest crops, spruce, accelerated growing, thinning, fertilizers, timber quality.

УДК 630*221.02/04+630*231.1

В.А. Ананьев, С.А. Мошников

Институт леса Карельского НЦ РАН

Ананьев Владимир Александрович родился в 1946 г., окончил в 1968 г. Петрозаводский государственный университет, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий лабораторией лесоведения и лесоводства Институт леса Карельского НЦ РАН. Имеет более 120 печатных работ в области лесоведения, лесоводства, таксации и гидролесомелиорации.

E-mail: ananyev@krc.karelia.ru



Мошников Сергей Анатольевич родился в 1973 г., окончил в 1999 г. С.-Петербургскую государственную лесотехническую академию им. С.М. Кирова, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории лесоведения и лесоводства Институт леса Карельского НЦ РАН. Имеет более 30 печатных работ в области лесоведения, лесоводства, лесных культур, гидролесомелиорации.

E-mail: moshniks@krc.karelia.ru



ЛЕСОВОДСТВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЫБОРОЧНЫХ И ПОСТЕПЕННЫХ РУБОК В ЗАЩИТНЫХ ЛЕСАХ СЕВЕРНОГО ПРИЛАДОЖЬЯ

Исследован рост спелых и перестойных сосновых и еловых древостоев после выборочных и постепенных рубок различной интенсивности с применением сортиментной технологии лесозаготовок. Выявлено, что наиболее оптимальным вариантом лесопользования, обеспечивающим сохранение основных функций защитных лесов, в разновозрастных древостоях являются 2–3-приемные постепенные рубки, в разновозрастных – выборочные рубки с интенсивностью изреживания 30...40 % и оборотом хозяйства 20...30 лет.

Ключевые слова: разновозрастные и разновозрастные ельники и сосняки, выборочные и постепенные рубки, продуктивность и повреждаемость древостоев, естественное возобновление.

В соответствии с действующим законодательством [3] леса Карелии по целевому назначению подразделяются на защитные и эксплуатационные. Хозяйственная деятельность в защитных лесах должна вестись в целях сохранения и усиления полезных свойств леса. Разрешенными видами главного пользования в данной категории лесов являются выборочные и постепенные рубки [4].

Правильная организация выборочной формы хозяйства требует учета типологических особенностей, возрастной структуры насаждений и специальных исследований, направленных на выявление характера и продолжительности воздействия выборочных рубок на ход роста оставшейся части древостоя. Обширные исследования по организации и ведению выборочных рубок в разно-

возрастных ельников Северо-Запада были проведены ЛенНИИЛХ. На основе многолетних исследований строения, хода роста и естественного возобновления Д.П. Столяровым и В.Г. Кузнецовой [6] разработаны основные элементы выборочной формы (оборот рубки, хозяйства, интенсивность изреживания) в разновозрастных ельниках. В условиях Карелии подробный анализ лесоводственной и экономической эффективности выборочных рубок был выполнен В.Н. Валяевым [2]. В работе В.А. Латышева с соавторами [5] дана лесоводственно-экологическая оценка выборочных рубок в разновозрастных ельниках с применением стандартной российской технологии лесопользования. Влияние несплошных рубок на структуру подроста ели рассмотрено в работе Н.В. Беляевой и А.В. Грязькина [1].

Однако произошедшая смена экономических приоритетов и изменение технологии лесосечных работ вынуждают вносить коррективы в ранее разработанные выводы и рекомендации; ряд организационно-технических элементов для выборочных и постепенных рубок требуют уточнения с учетом конкретных лесорастительных условий. Для принятия обоснованных решений по этим важным вопросам представляется несомненно полезным опыт длительного проведения в промышленных масштабах несплошных рубок по сортиментной технологии в защитных лесах, арендуемых ОАО «Ладэнсо», который в перспективе будет способствовать поиску путей организации устойчивого лесопользования, сохранению и усилению полезных функций защитных лесов не только в лесах Северного Приладожья, но и в таежной зоне Северо-Запада России.

Предприятие «Ладэнсо» организовано в сентябре 1990 г. По видам целевого назначения лесов территория арендуемого лесного участка относится к защитным лесам. Защитные леса представлены лесами, расположенными в водоохранных зонах (13 %), а также лесами, выполняющими функции защиты природных или иных объектов (2 %). Ценные леса на арендуемом участке, занимающие 85 % площади, представлены запретными полосами лесов, расположенными вдоль водных объектов (74 %) и нерестоохранными полосами (11 %).

Заготовка древесины выборочными и постепенными рубками на этом предприятии составляет 300 тыс. м³ в год. Весь этот объем древесины заготавливается с помощью многооперационных машин, обеспечивающих высокую производительность и 100 %-ую механизацию труда, значительное повышение культуры лесозаготовительного производства.

Проведение рубок спелых и перестойных насаждений в защитных лесах регламентируется следующими организационно-техническими элементами:

площадь лесосеки при добровольно-выборочных рубках – 50 га, при постепенных – 25 га, при чересполосных – 15 га;

срок примыкания для постепенных рубок, если они не граничат с лесосеками сплошных рубок, ежегодный;

срок повторяемости: добровольно-выборочных рубок – 20 лет, постепенных – 10 лет.

В рамках этих базовых элементов изучалось влияние различных способов рубок на продуктивность, восстановление вырубемого запаса, естественное возобновление, повреждаемость древостоев в сосняках и ельниках различных типов леса с различной интенсивностью рубки. Исследования проводились методом закладки пробных площадей. Всего было заложено 25 постоянных пробных площадей.

Анализ возрастной структуры арендуемых лесов показал, что в настоящее время здесь доминируют спелые и перестойные насаждения. В перспективе к 2018 г. (в результате применения несплошных рубок) лесоустройством прогнозируется увеличение площади спелых и перестойных лесов в Питкярантском лесничестве до 54,0 %. Спелые и перестойные хвойные насаждения по ели будут занимать 66,0 % от общей площади еловых лесов. В Сортавальском центральном лесничестве площадь хвойных спелых и перестойных лесов к концу ревизионного периода лесоустройства (2018 г.) достигнет 78,0 %, а по ели – 83,0 %. Все это существенно затруднит долгосрочное планирование устойчивого лесопользования, особенно, при отсутствии достаточного резерва средневозрастных и припевающих насаждений.

Для оценки влияния хозяйственной деятельности на качество и продуктивность лесов были проанализированы материалы лесоустройства. Показатели покрытой лесом площади и породного состава насаждений за 12-летний период интенсивной работы предприятия не ухудшились, однако произошло снижение запасов древостоев. Так, в спелых древостоях черничного типа леса III класса бонитета запас снизился на 15,0 % в сосняках и на 16,0 % в ельниках.

Сосновые древостои занимают 37 % общей площади арендуемых «Ладэнсо» лесов. Анализ лесоустроительных данных (возраст, состав) показал, что спелые и перестойные сосновые леса представлены одновозрастными и разновозрастными древостоями. Проанализируем результаты проведения выборочных и постепенных рубок в сосновых лесах.

В сосняке чернично-сфагновом было проведено два приема выборочной рубки (1993 и 2010 гг.). Таксационная характеристика древостоя до и после рубок представлена в табл. 1.

В первый прием было вырублено 48 м³/га, что составило 9,4 % по количеству и 21,6 % по запасу. При заготовке основное внимание уделялось ели, что привело к увеличению сосны в составе насаждения. Запас снизился до 172 м³/га, относительная полнота – до 0,64.

К 2010 г., т.е. через 17 лет после первого приема, наблюдалось полное восстановление запаса, полноты, средних диаметров и высот. Текущий среднепериодический прирост за указанный период составил 3,0 м³/га в год. Вторым приемом было выбрано 52 м³/га (11,0 % по количеству стволов и 27,6 % по запасу). При этом в рубку в основном отбиралась сосна старшего поколения, что привело к некоторому изменению состава насаждения – уменьшению ее доли и пропорциональному увеличению других пород. Запас снизился до 171 м³/га, полнота – до 0,62. Площадь волоков составила 13,2 %, повреждаемость – 2,6 %.

Таблица 1

Динамика таксационных показателей в сосновом древостое, пройденном выборочной рубкой в 1993 и 2010 гг.

Период наблюдений	Состав	Запас, м ³ /га	Число стволов, шт./га	Полнота относительная	Вырубемый запас, м ³ /га	Процент выборки по запасу / по числу стволов	Повреждаемость, %	Прирост, м ³ /га	
								текущий	средний
1993 г., до рубки	6,0С ₈₀ 0,4С ₉₀ 3,2Е ₈₀ 0,4Б	220	889	0,76	-	-	-	-	2,8
« после рубки	6,4С ₈₀ 0,6С ₃₀ 2,6Е ₈₀ 0,4Б	172	805	0,64	48	22/9	-	-	-
2010 г., до рубки	6,2С ₁₀₀ 0,5С ₇₀ 2,7Е ₁₀₀ 0,6Б	223	808	0,76	-	-	2,6	3,0	1,9
« после рубки	5,6С ₁₀₀ 0,7С ₇₀ 2,9Е ₁₀₀ 0,8Б	171	719	0,62	52	28/11	-	-	-

Примечание. Подрост (2011 г.): состав – 6Б4Б, возраст – 30 лет, густота – 2,3 тыс./га, средняя высота – 0,55 м

При проведении второго приема рубки были выдержаны все параметры, предусмотренные Правилами заготовки древесины [4]. Естественное возобновление на участке представлено елью и березой. Состав – 6,1Е3,9Б, густота – 2,3 тыс. шт./га, средняя высота главной породы – 0,55 м. Следует отметить, что, несмотря на недавно проведенную рубку, более половины мелкого елового подроста (до 0,50 м) сосредоточено на волоках. Исходя из динамики накопления запаса, оборот хозяйства в данной категории древостоев при интенсивности изреживания 30 % будет составлять 20 лет. В данных условиях местопрорастания при ведении выборочной формы хозяйства будут формироваться продуктивные сосново-еловые древостои.

В сосняке чернично-брусничном, III класса бонитета, проведен заключительный прием постепенной рубки – сплошная с сохранением подроста и тонкомера (табл. 2). В настоящее время здесь имеется хвойный подрост в количестве 41,3 тыс. шт./га, в том числе ели – 36,8 тыс. шт./га. При такой густоте необходимо провести разреживание в целях улучшения условий роста подроста и развития хороших корневых систем, позволяющих сохранить устойчивость и формирование качественных древостоев.

Еловые леса в арендуемой базе «Ладэнсо» занимают площадь 44,5 тыс. га. На 2/3 этой площади произрастают спелые и перестойные древостои. Их запас довольно высок и составляет 290 м³/га. Ели свойственно формировать древостои с различной возрастной структурой (от условно до абсолютно разновозрастных). На определяемой территории произрастают еловые древостои различных типов возрастных структур, наиболее

Таблица 2

Таксационная характеристика соснового насаждения до и после проведения заключительного приема постепенной рубки (сплошной с сохранением подроста и тонкомера)

Период наблюдений	Состав	Запас, м ³ /га	Число стволов, шт./га	Плотность относительная	Вырубляемый запас, м ³ /га	Процент выборки по запасу / по числу стволов	Повреждаемость, %	Прирост, м ³ /га	
								текущий	средний**
2010 г., до рубки	9С ₁₂₀ 1Б ₁₀₀ +Е ₁₂₅	220	468	0,6	-	-	-	-	1,8
2011 г.*	4,3Е ₈₀ 2,4С ₃₀ 3,3Б	17	158	0,16	203	93/66	-	-	-

* Здесь и далее, в табл. 3 и 4, приведены данные после рубки (1993 г.), до рубки исследования не проводились.

** Определяется делением общего запаса насаждения на его возраст.

Таблица 3

Динамика таксационных показателей в условно одновозрастном словом древостое, пройденном рубками в 1993 и 2010 гг.

Период наблюдений	Состав	Запас, м ³ /га	Число стволов, шт./га	Плотность относительная	Вырубляемый запас, м ³ /га	Процент выборки по запасу/по числу стволов	Повреждаемость, %	Прирост, м ³ /га	
								текущий	средний
1993 г., до рубки	7,9С ₁₁₀ 0,3Е ₈₀ 1,6С ₁₁₀ 0,2Б	328	543	0,75	-	-	-	-	3,0
« после рубки	7,6Е ₁₁₀ 0,5Е ₈₀ 1,5С ₁₁₀ 0,4Б	200	406	0,52	128	39/25	-	-	-
2010 г., до рубки	7,5Е ₁₃₀ 0,6Е ₈₀ 1,5С ₁₃₀ 0,4Б	278	408	0,66	-	-	-	3,9	2,1
« после рубки	7,0Е ₁₃₀ 0,8Е ₈₀ 1,8С ₁₃₀ 0,4Б	219	361	0,54	59	21/12	-	-	-
2011 г.*	7,0Е ₁₃₀ 0,8Е ₈₀ 1,8С ₁₃₀ 0,4Б Подрост: 10Е+С+Б	224 -	361 21 300	0,54	- -	- -	7,0	5,0	1,7

представлены относительно разновозрастные древостои с двумя поколениями ели: возраст первого поколения – 100...140 лет; второго – 60...80 лет. В составе спелых и перестойных ельников имеется примесь сосны и березы (1-2 ед.)

Рассмотрим ход роста еловых древостоев различных типов возрастных структур после выборочных и постепенных рубок.

В 1993 г. в условно разновозрастном чернично-майниковом ельнике был проведен первый прием выборочной рубки интенсивностью 25,2 % по числу стволов и 39,1 % по запасу (табл. 3). Общий объем вырубаемого запаса составил 128 м³/га, в том числе ели – 107 м³/га. После рубки полнота снизилась до 0,52. В 2010 г., т.е. по истечении 17 лет после первого приема рубки, был проведен второй прием. С учетом неполного восстановления запаса (85 % от дорубочного) интенсивность второго приема рубки была снижена до 21,2 %.

В процессе валки и трелевки древесины часть оставшихся деревьев древостоя повреждается (обдир коры, слом вершин, наклон ствола более 10°). С учетом двух приемов рубок следует отметить относительно небольшую повреждаемость древостоя (7,0 %). Общая площадь волоков – 28 %, их средняя ширина – 4 м.

Рубка оказала положительное влияние на естественное возобновление. По данным учета установлено, что под пологом разреженного древостоя насчитывается 21,3 тыс. шт./га жизнеспособного подроста, в том числе ели 20,9 тыс. шт./га. Средняя высота подроста ели – 0,5 м. Распределение подроста по площади лесосеки равномерное (по 50 % на волоках и в пасаках).

Оценивая результаты двух приемов рубок, следует отметить, что в данном древостое в дальнейшем необходимо проведение сплошной рубки с сохранением подроста и частичным созданием лесных культур.

В отличие от ранее рассмотренного участка в ельнике черничном более выражена разновозрастность (табл. 4). Здесь проведено 2 приема рубки. Первый в 1991 г. Интенсивность рубки по числу стволов составила 42,0 %, по запасу – 48,0 %. До проведения рубки данное насаждение относилось к категории высокополнотных. После рубки полнота снизилась до 0,65, площадь волоков составила 15,6 %, т. е. в пределах нормативов, рекомендуемых Правилами заготовки древесины [4]. Общий объем вырубаемого запаса составил 193 м³/га, в том числе ели – 166 м³/га, из них крупномерной древесины – 30 м³/га. При этом 24,0 % вырубаемого запаса изъято на волоках. Несмотря на высокий прирост после разреживания (7,4 м³/га), через 20 лет запас не восстановился и составил 85,0 % от дорубочного, не восстановился и запас крупномерной древесины.

В 2008 г. был проведен второй прием рубки с выборкой (86 м³/га), при этом крупной древесины было изъято всего 9 м³/га. Интенсивность рубки по числу стволов составила 22,7 %, по запасу – 24,7 %. Существенно снизилась полнота древостоя, но в целом после второго приема рубки остается довольно высокой – 0,67. За два приема рубки повреждаемость составила 6,0 %. Подроста насчитывается до 7,5 тыс. шт./га, на долю ели приходится 75,0 %.

Таблица 4

Динамика таксационных показателей в относительно разновозрастном еловом древостое, пройденном выборочной рубкой в 1991 и 2008 гг.

Период наблюдений	Состав	Запас, м ³ /га	Число стволов, шт./га	Полнота относительная	Вырубаемый запас, м ³ /га	Процент выборки по запасу / по числу стволов	Повреждаемость, %	Прирост, м ³ /га	
								текущий	средний
1991 г. до рубки	7,1Е ₁₀ 0,7Е ₀ 1,1С ₁₀ 1,1Б ₀	407	956	1,05	–	–	–	–	3,7
« после рубки	5,7Е ₁₀ 1,4Е ₀ 1,6С ₁₀ 1,3Б ₀	214	541	0,65	193	48/42	–	–	–
2008 г. до рубки	5,6Е ₁₀ 1,5Е ₀ 1,6С ₁₀ 1,3Б ₀	347	587	0,86	–	–	–	7,4	2,7
« после рубки	5,6Е ₁₀ 2,0Е ₀ 1,7С ₁₀ 0,7Б ₀	261	454	0,67	86	25/23	6,0	–	–
2011 г.*	5,6Е ₁₀ 2,0Е ₀ 1,7С ₁₀ 0,7Б ₀	282	451	0,68	–	–	–	5,2	2,1

Распределение подроста по площади равномерное, большая часть его расположена в пасеке (75,0 %). По категории крупности он относится к мелкому подросту, средняя высота – 0,4 м. Пополнение древостоя за счет подроста произойдет через 30 лет. Очередной прием рубки возможен через 25...30 лет.

Выводы

1. Прогрессирующее старение насаждений Северного Приладожья делает практически неосуществимым планирование устойчивого лесопользования на длительную перспективу.

2. В разновозрастных древостоях необходимо продолжать выборочную форму хозяйства, поскольку в сосновых и еловых древостоях Приладожья, пройденных выборочными рубками с интенсивностью до 40,0 %, через 25...30 лет вырубемый запас полностью восстанавливается.

3. В представленных разновозрастных древостоях оптимальным вариантом являются 2–3-приемные постепенные рубки, которые при отсутствии достаточного количества естественного возобновления после очередного приема должны заканчиваться сплошной рубкой, в большинстве случаев являющейся единственным рациональным способом омоложения и поддержания средообразующих функций лесов Приладожья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Беляева Н.В., Грязькин А.В.* Трансформация структуры молодого поколения ели после проведения несплошных рубок // Лесн. журн. 2012. № 6 (330). С. 44–51. (Изв. высш. учеб. заведений).
2. *Валяев В.Н.* Выборочные и сплошнолесосечные рубки в Карелии (Сравнительная продуктивность хозяйства). 2-е изд. Петрозаводск: Карелия, 1989. 102 с.
3. Лесной кодекс Российской Федерации (действующая редакция от 30.07.2012).
4. Правила заготовки древесины. Утв. Приказом Рослесхоза № 337 от 01.08.2011.
5. Рекомендации по ведению выборочной формы хозяйства в разновозрастных древостоях ели в средней тайге/В.А. Латышев, А.А. Сабанин, В.Н. Минаев, М.М. Орлов//Тр. СПбНИИЛХ. Вып. 2(22). СПб, 2010. С. 54–64.
6. *Столяров Д.П., Кузнецова В.Г.* Организация выборочной формы хозяйства в таежной зоне Европейской части СССР: метод. рекомендации. Л., 1973. 98 с.

Поступила 02.04.13

V.A. Ananyev, S.A. Moshnikov

Forest Research Institute, Karelian Research Centre, RAS

Silvicultural and Ecological Assessment of Selective and Gradual Cutting Systems in Protective Forests of the Northern Ladoga Area

The paper studies the growth of mature and overmature pine and spruce stands following selective and gradual cuttings of various intensity using the cut-to-length technology. We found that the best practice, ensuring key functions of protective forests, for even-aged stands is gradual cutting with 2–3 cuts, whereas the best practice for uneven-aged stands is selective cutting with a 30...40 % thinning rate and a rotation period of 25...30 years.

Keywords: even-aged and uneven-aged pine and spruce stands, selective and gradual cutting systems, productivity and susceptibility to damage, natural regeneration.

УДК 582.475.114(470.13)

И.Н. Кутявин

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Кутявин Иван Николаевич родился в 1987 г., окончил в 2010 г. Сыктывкарский лесной институт, филиал С.-Петербургской лесотехнической академии, аспирант Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Имеет 14 печатных работ в области строения и роста древостоев сосняков.

E-mail: kutjavin-ivan@rabmler.ru



ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКА РОСТА СОСНЫ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО ПРИУРАЛЬЯ*

Показана динамика роста сосны в условиях средней тайги Северного Приуралья. Установлено, что лучшим ростом характеризуются древостои, развитые в сосняках на автоморфных подзолистых почвах. Выявлены связи между ростом по диаметру и высоте, а также между ростом по диаметру и объему ствола сосны.

Ключевые слова: север Урала, сосна, тип леса, рост, высота, диаметр, объем ствола.

Ростовые процессы деревьев в древостоях во многом связаны с биологическими особенностями вида растений, закономерностями формирования фитоценозов и развития лесных экосистем, а также позволяют оценить их устойчивость к неблагоприятным условиям произрастания [1, 2, 4 и др.].

Строение и рост древостоев сосновых лесов на территории Европейского Северо-Востока России рассматривались в работах [5, 9 и др.]. Однако в связи с проведением в лесах интенсивных заготовок древесины коренные насаждения сосняков сохранились в основном на заповедных территориях. Изучение роста древостоев девственных сосновых лесов в условиях изменения климата [14] и антропогенных воздействий [8] представляет большой научный интерес. Ростовые процессы древостоев сосняков в предгорных и горных ландшафтах Урала (в пределах верховьев бассейна р. Печора) практически не изучены.

Цель данной работы – изучение роста деревьев сосны по диаметру, высоте и объему ствола в древостоях сосняков разных типов условий местопроизрастания.

Объекты и методы исследований

Материалом для изучения динамики роста послужили модельные деревья, взятые на 10 постоянных пробных площадях (ППП) (табл. 1), заложенных

* Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (№ 10-04-00067-а) под руководством д-ра биол. наук, проф. К.С. Бобковой.

© Кутявин И.Н., 2013

Таблица 1

Таксационная характеристика древостоев сосняков

Тип леса (номер ППП)	Номер яруса, состав	Средние показатели			Абсолютная полнота, м ² /га	Запас, м ³ /га	Класс бонитета
		Диаметр, см	Высота, м	Возраст, лет			
Лишайниковый (11)	10С ед.Б	26,0	13,8	180	22,5	163,0	Va
Бруснично- лишайниковый (5)	10С	27,6	16,2	197	24,5	202,6	V
Зеленомошно- лишайниковый каменистый (2)	I 6С2Ос2К II 6Б4Е	27,8 15,9	17,7 10,3	165	12,8 3,1	108,5 19,1	V
Лишайниковый каменистый (3)	I 6С4К II 5Б3Е 2Ос	23,8 15,3	11,8 7,8	127	8,5 6,2	65,4 26,9	V
Брусничный (12)	9С1Е+К,Б	26,6	18,3	151	24,9	216,2	IV
Черничный свежий (4)	I 10С II 5Е3С 2Б	50,0 16,5	23,4 17,2	215	24,6 8,3	294,0 73,3	III
« « (10)	I 10С II 7Е3С+Б	25,0 12,8	21,6 12,6	125	24,7 3,9	262,2 23,8	IV
Багульниковый (6)	10С+К ед.Б	21,5	14,0	177	18,2	137,5	V
Морошково- сфагновый (8)	7С3Е ед.Б,К	16,0	10,5	154	16,6	117,4	Va
Чернично-сфагно- вый (9)	8С1Е1Б+К	16,0	11,5	124	18,7	109,3	Va

в спелых и перестойных сосновых насаждениях буферной зоны Печоро-Ильчского биосферного заповедника, по обоим берегам р. Печора (61°39 с.ш., 58°12 в.д.) и ее левого притока р. Унья (61°32 с.ш., 58°12 в.д.). ППП закладывались согласно методическим указаниям [7].

По данным Ю.П. Юдина [12], заповедник отнесен к Печоро-Уральской подпровинции, которая делится на два округа: Печорский сосновый и Ильчский елово-пихтовый. Тип леса определяли согласно [13]. Модельные деревья отбирали по среднему диаметру в древостое в количестве 3...7 шт. на ППП. У каждого дерева определяли высоту, высоту до первой сухой и живой ветвей, протяженность кроны. С целью определить объем стволовой древесины измеряли диаметры ствола по двухметровым секциям.

Ширину годичных колец измеряли по методике [16] на полуавтоматическом приборе LINTAB V с использованием программы Tsap-WinTM Professional 0.55 [17]. Измерения снимали по 2–4 радиусам (сторонам света) в каждой секции ствола. Для описания динамики роста деревьев были использованы S-образные кривые с параболой третьего и четвертого порядков:

$$y = ax^3 + bx^2 + cx, \quad y = ax^4 + bx^3 + cx^2 + dx.$$

Такие кривые позволяют описать этапы начального, замедленного, а затем усиливающегося и затухающего (стационарного) роста деревьев. Кривые выбирали методом наименьших квадратов с использованием уравнений пря-

мой, параболы, логарифмической кривой, показательной и степенной функций, при которых линии регрессии характеризуют зависимости одного признака от другого и имеют наименьшую из возможных сумм квадратов всех опытных точек [3]. В целях получения стандартных обобщенных кривых при анализе динамики роста сосны кривые хода роста были усреднены с объединением деревьев, отобранных по рекомендациям [11] на десяти ППП в пяти типах леса: лишайниковый, брусничный, черничный, сфагновый, лишайниковый каменистый. Для выяснения связи между ростом по диаметру и высоте, по диаметру и объему ствола использовали регрессионные уравнения. На основе экспериментальных данных подбирали перечисленные выше уравнения по способу наименьших квадратов. Регрессионный анализ показал, что для характеристики этих взаимосвязей больше пригодны уравнения параболы третьего порядка:

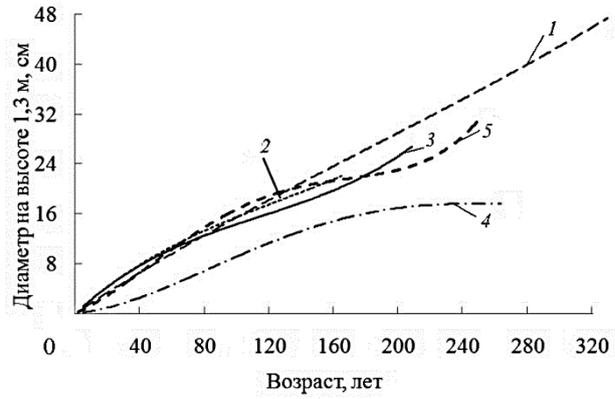
$$y = ax^3 + bx^2 + cx.$$

Результаты и обсуждение

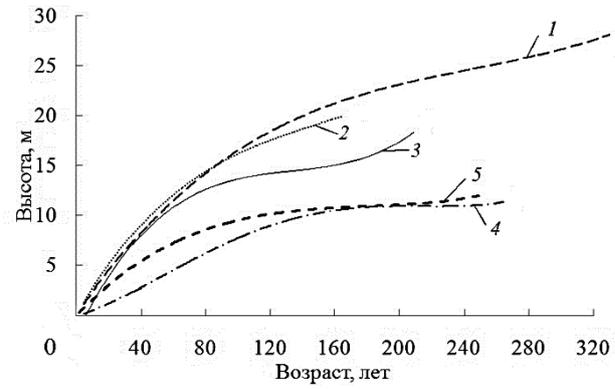
Согласно [15], в условиях северной тайги (Мурманская область) лучшим ростом характеризуются сосновые насаждения черничного типа леса, далее, в порядке убывания его интенсивности, следуют: вороничный, брусничный, кустарничково-лишайниковый на скалах, лишайниковый и долгомошный. Незначительный рост сосны отмечен автором в сфагновом и травяно-болотном типе сосняков. Установлено, что для начала роста сосны и прохождения других фаз в условиях Севера требуется меньше тепла, чем в южных районах лесной зоны [14].

Рост по диаметру. Согласно данным рисунка *a*, в сосняках черничном, брусничном, лишайниковом кривые роста деревьев сосны по диаметру характеризуются фазой интенсивного роста. В лишайниковом каменистом типе у сосны в возрасте 120 лет отмечается переход из стадии интенсивного в стадию стационарного роста, которая длится до 200 лет, после чего у них наблюдается усиление роста. Это свидетельствует о том, что точки (возраст), характеризующие затухание роста и переход в стационарное состояние, находятся за пределами отмеченного нами возраста. Лишь в сосняке сфагновом прослеживаются все стадии роста по диаметру. Так, этап интенсивного роста происходит в возрасте от 40 до 180 лет, затем идет плавный переход в стадию стационарного состояния. При анализе модельных деревьев сосны выявлено, что более интенсивное накопление древесины на высоте 1,3 м в сосняках черничном и брусничном начинается с 5...20, лишайниковом – 15...20, каменистом и сфагновом – 25...40 лет.

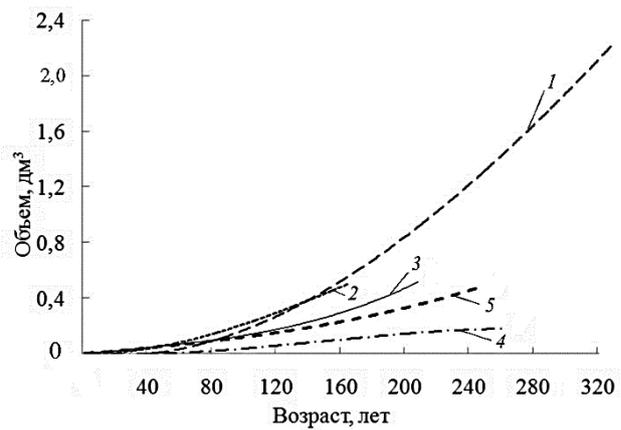
Приведенный выше анализ показывает, что в большинстве типов сосняков, развитых на автоморфных песчаных и супесчаных почвах идет относительно интенсивное накопление стволовой древесины по диаметру до 250 лет и более. В сосняке черничном рост деревьев в толщину отмечается и в возрасте 330 лет. Наблюдается относительно слабый темп роста деревьев в сфаг-



a



б



в

Возрастная динамика роста деревьев сосны по диаметру (*a*), высоте (*б*) и объему (*в*): 1 – сосняк черничный, 2 – брусничный, 3 – лишайниковый, 4 – сфагновый, 5 – лишайниковый каменистый

новом типе сосняков, развитых на полугидроморфных и гидроморфных почвах. В условиях Европейского Севера в старовозрастных сосняках таежной зоны рост сосны по диаметру продолжается в возрасте 200 лет и более [5]. Во всех рассматриваемых нами типах сосняков (табл. 2) отмечается высокая связь роста сосны по диаметру с ее возрастом (коэффициент корреляции $r = 0,85 \dots 0,90$), наиболее высокая связь – в сосняке черничном ($r = 0,95$).

Изучение связей между различными ростовыми процессами имеет теоретическое значение для выявления причинно-следственных взаимодействий, происходящих в деревьях [13]. Анализ связи между ростом по толщине и ростом по высоте, а также между ростом по диаметру и ростом по объему сосны по типам условий местопроизрастания показал следующие результаты. В большинстве случаев теснота связи между этими показателями характеризуется как тесная или очень тесная (табл. 3). Связь между ростом по диаметру с ростом по высоте у деревьев сосны близка к линейной. В сосняках черничном, брусничном и сфагновом эта связь составляет $0,95 \dots 0,97$,

Таблица 2

Характеристика уравнений зависимости хода роста деревьев сосны с возрастом в сосняках средней тайги Северного Приуралья

Тип леса	Коэффициенты уравнения				Коэффициент корреляции r
	a	b	c	d	
По диаметру на высоте 1,3 м					
Черничный	0,00000040	-0,000200	0,17030	–	0,95
Брусничный	0,00000300	-0,00100	0,23120	–	0,85
Лишайниковый	0,00000400	-0,001400	0,23890	–	0,88
Сфагновый	0,00000009	-0,000006	0,00120	0,0234	0,86
Лишайниковый каменистый	0,00000004	-0,000020	0,00180	0,1153	0,90
По высоте					
Черничный	0,00000100	-0,000800	0,23650	–	0,98
Брусничный	0,00000300	-0,001500	0,28110	–	0,96
Лишайниковый	0,00000400	-0,001600	0,25760	–	0,90
Сфагновый	0,00000001	-0,000006	0,00080	0,0463	0,92
Лишайниковый каменистый	0,00000200	-0,000900	0,16840	–	0,88
По объему					
Черничный	-0,00000002	0,0000300	-0,00120	–	0,98
Брусничный	-0,00000005	0,0000500	-0,00008	–	0,88
Лишайниковый	0,00000004	-0,000002	0,00110	–	0,86
Сфагновый	-0,00000002	0,0000100	-0,00040	–	0,78
Лишайниковый каменистый	0,00000001	0,0000008	0,0010	–	0,89

Таблица 3

Теснота связи роста сосны по диаметру с ростом по высоте и объему ствола в сосняках средней тайги Северного Приуралья

Тип леса	Число парных корреляций	Пределы колебаний (средние значения)			
		коэффициентов корреляции		корреляционного отношения	
		по диаметру и высоте	по диаметру и объему	по диаметру и высоте	по диаметру и объему
Черничный	8	0,92...0,99 (0,97)	0,84...0,92 (0,88)	0,97...1,00 (0,99)	1,00
Брусничный	3	0,91...0,99 (0,96)	0,85...0,87 (0,86)	1,00	1,00
Лишайниковый	8	0,75...0,99 (0,91)	0,85...0,91 (0,87)	0,99...1,00 (0,99)	1,00
Лишайниковый каменистый	3	0,81...0,98 (0,88)	0,88...0,92 (0,86)	0,99...1,00 (0,99)	1,00
Сфагновый	11	0,89...0,98 (0,95)	0,87...0,94 (0,90)	0,98...1,00 (0,99)	1,00

в сосняках каменистом лишайниковом и лишайниковом она несколько слабее ($r = 0,88...0,91$). Коэффициент корреляции между ростом по диаметру и ростом по объему стволов сосны изменяется от 0,86 до 0,90. Корреляционное отношение между ростом по диаметру и ростом по объему более высокое, чем между ростом по диаметру и ростом по высоте. Таким образом, теснота связи у сосны между ростом по диаметру и ростом по высоте характеризуется как очень тесная и составляет 0,98...1,00 (в среднем 0,99), между ростом по диаметру и объемом ствола – 1,00.

Рост по высоте. Как видно из данных рисунка б, в сосняках черничных и брусничных IV класса бонитета кривые хода роста деревьев по высоте имеют довольно близкие темпы нарастания. В данных типах леса также, как в росте по диаметру, не наблюдается снижения темпов роста по высоте, т. е. перехода их к стадии стационарного состояния. В сосняках V–Va классов бонитета более интенсивный рост сосны по высоте отмечается в лишайниковом типе до 80 лет, после чего наблюдается снижение роста, которое длится до 160 лет, затем он начинает увеличиваться. Данное явление можно объяснить частыми низовыми пожарами (от 3 до 4) на каждой ППП, которые, видимо, подавляли рост в высоту. Согласно [6], древостои лишайниковых сосняков отличаются более быстрым ростом на стадии молодняка и в средневозрастных фитоценозах в отличие от древостоев переувлажненных сосняков. В каменистом типе стадия интенсивного роста в высоту у сосны наблюдается до 90 лет, в сфагновом – до 120 лет, затем в данных типах отмечается плавный переход к стадии замедления и перехода сосны в состояние стационарного роста.

По данным В.Г. Русскова [10], наиболее активный рост отдельных деревьев по высоте у господствующих сосен отмечается в возрасте 15...20 лет, у отставших в росте деревьев этот период наступает с 20-летнего возраста и продолжается до 60 лет у всех деревьев.

В условиях крайне северной тайги наиболее активный рост сосны по высоте наблюдается до 80–100-летнего возраста [11]. Отмечено, что время наступления спада прироста определяется типом леса и структурой фитоценоза. Авторы также отмечают, что со снижением роста в высоту происходит увеличение прироста по диаметру. Из корреляционного анализа (см. табл. 2) видно, что связь динамики роста сосны по высоте с ее возрастом тесная или очень тесная ($r = 0,88...0,98$).

Рост по объему. Рост стволовой древесины является одним из важных таксационных показателей, слагающихся из роста деревьев по диаметру, высоте и полндревесности ствола [1]. В сосновых фитоценозах Приуралья более высоким приростом по объему обладает сосна черничного и брусничного типов леса (см. рисунок в). Начало интенсивного роста в разных типах условий произрастания различно. Так, в черничном, брусничном, лишайниковом и лишайниковом каменистом типах сосняков фаза интенсивного роста сосны по объему наступает в возрасте 20...60 лет. Замедленный рост наблюдается в сфагновом типе сосняков, здесь фаза интенсивного роста по объему уже начинается в 80-летнем возрасте.

Большинство рассматриваемых нами фитоценозов приурочены к автоморфным типам условий произрастания. Подверженные пирогенному воздействию сосняки лишайниковые характеризуются средними показателями прироста по объему древесного ствола (см. рисунок в). Интенсивный их рост отмечается в древостоях сосняков черничного и брусничного, а замедленный рост присущ сосняку сфагновому, развитому без пирогенного воздействия. Связь динамики роста сосны по объему с возрастом дерева (табл. 2) характеризуется как тесная ($r = 0,78...0,98$).

Выводы

1. Рост сосны в условиях средней тайги Северного Приуралья определяется главным образом условиями местопроизрастания. Лучшим ростом характеризуются древостои черничного и брусничного типов, развитые на автоморфных подзолистых почвах, далее следуют лишайниковый и лишайниковый каменистый сосняки. Небольшие темпы роста характерны в сфагновом типе сосняка.

2. Связь динамики роста сосны по диаметру, высоте и объему ствола в большинстве случаев характеризуется тесными и очень тесными корреляционными зависимостями ($r = 0,78...0,98$). Установлено, что между приростами по диаметру и высоте, а также между диаметром и объемом ствола существуют довольно тесные корреляционные связи.

3. Рост деревьев сосны отмечен в течение всего учтенного нами возраста (250 лет и более).

4. Дальнейшие исследования и накопление фактического материала послужит основой для характеристики развития сосняков в фоновых условиях средней тайги.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антанайтис В.В., Загреев В.В. Прирост леса М.: Лесн. пром-сть, 1969. 240 с.
2. Воропанов П.В. Определение текущего древесного прироста. М.; Л.: Гослесбуиздат, 1961. 136 с.
3. Гусев И.И. Моделирование экосистем: учеб. пособие. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2002. 112 с.
4. Дворецкий М.Л. Текущий прирост древесины ствола и древостоя. М.: Лесн. пром-сть, 1964. 128 с.
5. Левин В.И. Сосняки Европейского Севера (строение, рост, и таксация древостоев). М.: Лесн. пром-сть, 1966. 152 с.
6. Листов А.А. Боры беломошники. М.: Агропромиздат, 1986. 181 с.
7. ОСТ 56-69-83. Пробные площади лесоустойчивые. Метод закладки М.: ЦБНТИ Гослесхоза СССР, 1983. 60 с.
8. Пахучий В.В. Динамика радиального прироста сосновых древостоев осушенного болота // Лесн. журн. 1978. № 1. С. 15–39. (Изв. высш. учеб. заведений).
9. Притундровые леса европейской части России (природа и ведение хозяйства)/Б.А. Семенов, В.Ф. Цветков, Г.А. Чибисов, Ф.П. Елизаров. Архангельск: ООО «Пресс А», 1998. 334 с.
10. Руссков В.Г. Особенности роста в высоту сосны обыкновенной в Восточной Сибири // Лесн. журн. 2008. № 3. С. 34–39. (Изв. высш. учеб. заведений).
11. Рысин Л.П., Савельева Л.И. Сосновые леса России. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 289 с.
12. Темнохвойные леса // Производительные силы Коми АССР / Ю.П. Юдин [и др.]. М.: Изд-во АН СССР, 1954. Т. 3, ч. 1. С. 42–125.
13. Сукачев В.Н., Зонн С.В. Методические указания к изучению типов леса. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 144 с.
14. Феклистов П.А., Евдокимов В.Н., Барзут В.М. Биологические и экологические особенности роста сосны в северной подзоне европейской тайги. Архангельск, 1997. 140 с.
15. Цветков В.Ф. Сосняки Кольской лесорастительной области и ведение хозяйства в них. Архангельск, 2002. 380 с.
16. Шиятов С.Г., Ваганов Е.А., Кирдянов А.В. Методы дендрохронологии. Ч. I. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации. Красноярск: КрасГУ, 2000. 80 с.
17. Rinn F. Tsap version 3.5. Reference Manual. Computer Program for Tree-ring Analysis and Presentation. Helenberg, Germany, Frank Rinn, 1996. 264 p.

Поступила 30.04.13

I.N. Kutyavin

Institute of Biology, Komi Science Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Age Dynamics of *Pinus sylvestris* Growth in the Northern Cis-Urals

The paper focuses on the growth dynamics of pine trees under middle taiga conditions of the Northern Cis-Urals. The most intensive growth is observed in pine stands located on auto-morphic soils. Relationships between the growth in diameter and height as well as between the growth in diameter and volume of the pine trunk are revealed.

Keywords: north of the Urals, *Pinus sylvestris*, forest type, growth, height, diameter, stem volume.

УДК 630*232.337

Д.Г. Хинчук, К.Е. Хинчук

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

Хинчук Дарья Геннадьевна окончила в 2004 г. Архангельский государственный технический университет, старший преподаватель кафедры робототехнических систем, машин и оборудования лесного комплекса Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет 4 печатные работы в области механизации лесовосстановления.

E-mail: d.khinchuk@narfu.ru



Хинчук Константин Евгеньевич родился в 1982 г., окончил в 2004 г. Архангельский государственный технический университет, ассистент кафедры транспорта и хранения нефти и газа Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет 1 печатную работу в области механизации лесовосстановления.

E-mail: k.khinchuk@google.com



ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛЕСНОЙ СЕЯЛКИ, ОСНАЩЕННОЙ СФЕРИЧЕСКИМ СОШНИКОМ, ПРИ ПОСЕВЕ ЕЛИ В УСЛОВИЯХ ДРЕНИРОВАННЫХ ВЫРУБОК

С использованием методов математического моделирования и оптимизации в среде MS Excel проведено обоснование основных параметров лесной сеялки. Показателем качества выбран удельный расход топлива.

Ключевые слова: лесная сеялка, угол резания, сопротивление резанию, оптимизация, сошник, топливо.

Одним из основных параметров, характеризующих почву и, как следствие, силу сопротивления резанию, является удельное сопротивление почвы резанию. Интерес представляет снижение энергозатрат на резание в привязке всех параметров к лесной сеялке, используемой на вырубках на базе средств малой механизации.

Цель данной работы – определить оптимальное сочетание параметров сошника сеялки. Конечным результатом ожидается минимизация удельного расхода топлива в результате снижения сопротивления резанию почвы как основного показателя энергозатрат.

В работе [1] показана математическая модель зависимости часового расхода топлива двигателя от различных показателей. Одним из наиболее ве-

сомых является сила тяги. Эту зависимость можно выразить следующим образом:

$$B = \frac{3,6P_k R_3 \omega}{i_m \eta_m \eta_{дж} \eta_i H_u}, \quad (1)$$

где P_k – сила тяги;
 R_3 – радиус ведущей звездочки (колеса) трактора;
 ω – угловая частота вращения коленчатого вала;
 i_m, η_m – передаточное число и к.п.д. трансмиссии соответственно;
 $\eta_{дж}$ – к.п.д. двигателя;
 η_i – индикатор к.п.д. двигателя;
 H_u – низшая теплотворная способность топлива.

Сила тяги необходима для преодоления сопротивлений движению, связанных с трением качения, скольжения, почвы резанию и т. п.

Согласно уравнениям движения любого транспортного средства, силы тяги и сопротивления находятся в прямой пропорциональной зависимости, т. е. при уменьшении сопротивления почвы резанию требуется меньшая сила тяги и снижается часовой расход топлива.

В работе [7] приведено сопротивление почвы резанию ротационным рабочим органом в общем случае:

$$P = f(\sigma, \tau, \rho, p, W, a, b, s, V, V_o, V_a), \quad (2)$$

где σ, τ – предельные напряжения растяжения (сжатия и сдвига);
 ρ, p, W – плотность, твердость и влажность почвы;
 a, b, s – глубина, ширина резания и подача на нож;
 V, V_o, V_a – поступательная, окружная и абсолютная скорости резания.

Авторы работы [5] также приводят данные, основанные на исследованиях Г.Н. Синеокова и опытах М.Е. Мацепуро и И.В. Манюты, экспериментально подтверждающих закономерности, выявленные Г.Н. Синеоковым. Они выводят оптимальное значение угла резания для различных грунтов, при котором возможны наименьшие потери энергии на преодоление сил трения (рис. 1).

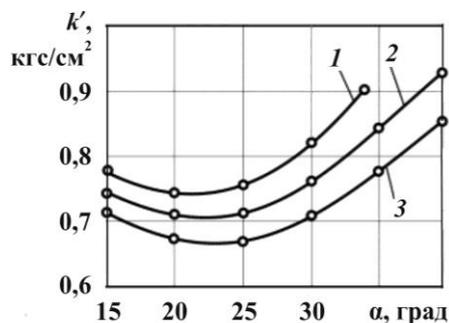


Рис. 1. Изменение удельного сопротивления k' болотно-торфяного грунта с увеличением угла крошения α при постоянной высоте подъема пласта: 1 – глубина 32,0 см; 2 – 42,5; 3 – 51,0 см

Учтем данные [2], которые свидетельствуют, что в результате опытов, проведенных на суглинке средней плотности, была выявлена зависимость тягового усилия от глубины рыхления при различных углах резания. Анализ экспериментальных данных показал, что наименьшие усилия сопротивления почвы получены при углах резания $\alpha = 25 \dots 30^\circ$. Эти результаты позволили определить удельную энергоёмкость, наименьшее значение которой достигнуто при угле резания $\alpha = 25^\circ$.

Основываясь на данных работы [5], где подробно рассмотрен процесс рыхления и др. процессы обработки почвы, можно утверждать о реальности применения данных зависимостей к процессу закладки борозды сошником лесной сеялки.

Для определения показателя энергозатрат применительно к лесной сеялке на базе средств малой механизации воспользуемся рациональной формулой, предложенной В.П. Горячкиным, в виду сложностей расчета отдельных составляющих силы сопротивления (2) и описания технологического процесса для плугов [5]:

$$P = f'G + k'ab + \varepsilon abV^2, \quad (3)$$

где P – сопротивление на ротационных рабочих органах;

$f'G$ – сопротивление плуга при протаскивании в открытой борозде;

f' – коэффициент, эквивалентный коэффициенту трения плуга о почву;

G – вес плуга;

k' – удельное сопротивление почвы резанию;

a, b – глубина обработки и ширина захвата;

ε – коэффициент пропорциональности;

V – рабочая скорость.

Согласно исследованиям В.П. Горячкина, удельное сопротивление почвы можно определить по формуле, выведенной из выражения (3):

$$k' = \frac{P - f'G}{ab}. \quad (4)$$

Так как объектом исследований является сферический сошник при индивидуальном креплении рабочего органа, то воспользовавшись геометрическими и физическими формулами, преобразуем выражение (4):

$$k' = \frac{P - f'\pi DHb'\rho g}{ab}, \quad (5)$$

где π – число Пифагора;

D – диаметр сошника;

H – толщина шарового сегмента;

b' – толщина тела сошника;

ρ – плотность стали;

g – ускорение свободного падения.

Воспользуемся формулой (5) и результатами работы [2] для определения оптимальных параметров сошника лесной сеялки.

Все выше перечисленные формулы применимы к сферическому сошнику, так как, согласно [6], по теории клина В.П. Горячкина все формы поверхности рабочих органов почвообрабатывающих машин можно рассматривать как развитие трехгранного клина. Угол атаки сошника будет эквивалентен углу резания почвы.

Сформулируем задачу оптимизации, обобщив рассуждения и зависимости:

$$k'(\infty, D) \rightarrow \min; \quad (6)$$

$$\alpha_{\min} \leq \alpha \leq \alpha_{\max}; \quad (7)$$

$$D_{\min} \leq D \leq D_{\max}; \quad (8)$$

$$t \in T, \quad (9)$$

где $\alpha_{\min}, \alpha_{\max}$ – границы диапазона варьирования фактора α ;

D_{\min}, D_{\max} – границы варьирования диаметра сферического сошника;

t – конкретные агротехнические требования к высеванию семян ели, $t = \text{const}$;

T – вектор заданных агротехнических требований.

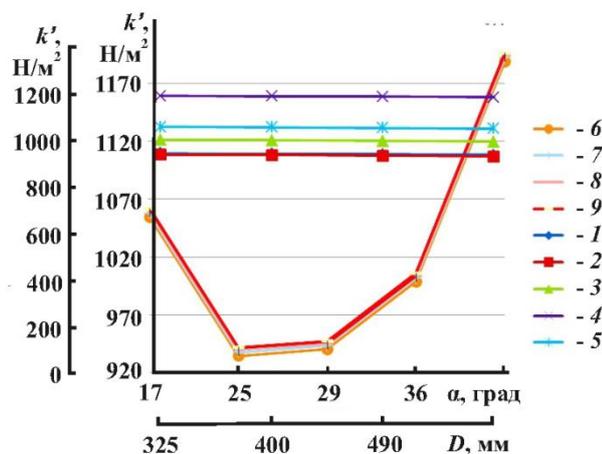
В данной оптимизации $\alpha_{\min}, \alpha_{\max}$ приняты согласно работе [2]. Варьирование диаметра происходило на основании расчетов сошника, проведенных по трем условиям: обеспечение заданной глубины обработки почвы; свободное перекачивание через препятствия; надежный оборот пласта [4].

Приведенная многомерная задача была решена в среде MS Excel нелинейным методом обобщенного понижающего коэффициента для гладких нелинейных задач [3].

В результате получена диаграмма распределения удельного сопротивления почвы резанию при различных значениях α и D (рис. 2).

Решение задачи оптимизации показало, что $k' \rightarrow \min$ при $\alpha = 29^\circ$ и $D \rightarrow \max$. В промежуток оптимальности входят параметры: α [25°; 30°] и D [400; 614].

Рис. 2. Зависимость удельного сопротивления почвы резанию k' от угла резания и геометрических размеров сошника: 1–4 – при $\alpha = \text{const}$ и $D = \text{var}$; 5–9 – при $\alpha = \text{var}$ и $D = \text{const}$



В результате применения оптимальных параметров угла атаки и диаметра сошника к математической модели (1) прослеживается снижение удельного расхода топлива тягового модуля на единицу сопротивления почвы.

Выводы

1. Установлена зависимость между удельным расходом топлива тягового модуля и параметрами сошника лесной сеялки.

2. В соответствии с решением задачи оптимизации с ограничениями (6)–(8), а также условием (9) для применения лесной сеялки на базе средств малой механизации, оснащенной сферическим сошником, в условиях дренированной вырубki и на тяжелых суглинистых почвах получены следующие оптимальные значения параметров: $D = 400$ мм и $\alpha = 30^\circ$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Влияние передаточного числа трансмиссии на энергозатраты трактора ЛХТ-100 / В.П. Антипин, Е.Н. Власов, Г.В. Каршев, К.С. Щеголев // Лесн. журн. 2005. № 1-2. (Изв. высш. учеб. заведений).

2. *Леонтьев Ю.П., Евсюков С.С.* Влияние параметров объемного рыхления на характер деформации грунта и тяговое усилие // Электронная база данных: уроки, справочники, рефераты (дата обновления – 28.03.2012) URL: <http://do.gendocs.ru/docs/index-221121.html> (дата обращения – 02.08.2012).

3. Методы оптимизации (вводный курс // Официальный сайт МГСУ, кафедра ИСТАС, направление САПР. URL: <http://sapr.mgsu.ru/biblio/optimiz/opt.htm> (дата обращения – 04.08.2012)

4. *Нартов П.С.* Расчет и проектирование специальных лесных машин. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1975. 212 с.

5. *Панов И.М., Ветохин В.И.* Физические основы механики почв: моногр. К.: Феникс, 2008. 266 с. (Официальный сайт НТУ Украины). URL: http://ng-kg.kpi.ua/files/fiz_osnovi_Vetohin_panov.pdf (дата обращения – 02.08.2012).

6. Теория разрушения почв. Т. 2. М.: Колос, 1965. 460 с.

7. Тягово-приводные комбинированные почвообрабатывающие машины: Теория, расчет, результаты испытаний: моногр. К.: Феникс, 2009. 264 с. (Официальный сайт НТУ Украины). URL: <http://ng-kg.kpi.ua/files/Monograph%20Vetokhin%20Panov%20Yuzbashev%20Shmonin.pdf> (дата обращения – 02.08.2012).

Поступила 11.10.12

D.G. Khinchuk, K.E. Khinchuk

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

Justification of Parameters of a Seed Drill Equipped with Spherical Coulters and Used for Sowing Spruce in Drained Cut-over Areas

Using mathematical modeling and optimization in the sphere of MS Excel, we justify key parameters of the seed drill. Specific fuel consumption was chosen as the quality factor.

Keywords: seed drill, cutting angle, cutting resistance, optimization, coulter, fuel.



УДК 634.031.0002.5

Е.А. Памфилов, Г.А. Пилюшина

Брянская государственная инженерно-технологическая академия

Памфилов Евгений Анатольевич родился в 1941 г., окончил в 1964 г. Брянский институт транспортного машиностроения, доктор технических наук, профессор кафедры оборудования лесного комплекса Брянской государственной инженерно-технологической академии, заслуженный деятель науки РФ. Имеет более 380 печатных работ в области обеспечения долговечности машин и оборудования.

E-mail: pamfilov@bgita.ru



Пилюшина Галина Анатольевна окончила в 2000 г. Брянскую государственную инженерно-технологическую академию, кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса БГИТА. Имеет более 40 печатных работ в области повышения работоспособности узлов и механизмов машин и оборудования лесного комплекса.

E-mail: gal-pi2009@yandex.ru



ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА

Рассмотрены возможности повышения работоспособности машин и оборудования лесного комплекса и режущего инструмента на основе использования комплексных подходов, включающих конструкторско-технологические и эксплуатационные мероприятия с учетом особенностей изнашивания изделий в конкретных условиях их работы.

Ключевые слова: работоспособность, оборудование лесного комплекса, режущий инструмент, изнашивание, трение, функциональные поверхности, упрочняющая обработка.

Перспективы развития и обеспечения конкурентоспособности предприятий лесного комплекса неразрывно связаны с необходимостью повышения работоспособности используемой техники и достижения тем самым условий для осуществления высокопроизводительной заготовки и переработки древесины за счет увеличения надежности используемых машин.

Поэтому достижение высокой эксплуатационной надежности рассматриваемой техники актуально как при разработке новых перспективных образцов техники, так и при модернизации машин, уже осуществляющих технологический процесс на промышленных предприятиях.

По многим литературным и производственным данным уровень надежности машин и инструментов в значительной степени определяется показате-

лями износостойкости ряда ответственных узлов машин и инструментов, применяемых при осуществлении технологических операций. Наиболее эффективным для повышения их износостойкости является использование комплексных подходов, включающих конструкторско-технологические и эксплуатационные мероприятия, в полной мере учитывающие особенности изнашивания изделий в конкретных условиях их работы, а именно: динамико-скоростной характер нагружения, особенности температурного воздействия, наличие активных химических и абразивных сред и др. факторы.

Материалы, представленные в настоящей статье, являются результатом исследований, выполнявшихся в Брянской государственной инженерно-технологической академии и в Брянском государственном техническом университете в течение ряда лет и частично представленных в многочисленных описаниях изобретений и патентов, публикациях, приведенных в прилагаемом библиографическом списке, а также в материалах докторских и кандидатских диссертаций, выполненных и защищенных под руководством одного из авторов настоящего обзора.

Основные объекты указанных исследований – исполнительные рабочие органы машин и различные инструменты, древесно-металлические подшипники скольжения и детали неподвижных разъемных соединений, широко представленные в конструкциях лесозаготовительного и деревоперерабатывающего оборудования.

Для решения задач повышения их износостойкости и оптимизации других триботехнических параметров теоретически и экспериментально устанавливались закономерности фрикционного взаимодействия сопрягаемых поверхностей, оценивалось влияние на протекание процессов поверхностного разрушения микро- и макрогеометрии поверхностных слоев, физико-химических свойств используемых материалов и ряда др. факторов. При этом рассматривались не только исходные свойства материалов, но и особенности их трансформации в процессе контактного взаимодействия, приводящей либо к структурной приспособляемости и повышению за счет этого сопротивляемости изнашиванию поверхностей, или к разупрочнению поверхностных слоев и их ускоренному разрушению.

С учетом полученной информации ставились и решались научно-технические задачи комплексного обеспечения повышенной работоспособности изделий на основе направленной оптимизации конструкторских и технологических решений, способствующих минимизации изнашивания функциональных поверхностей инструментов и деталей машин.

*Создание и использование новых упрочняющих технологий
для повышения износостойкости дереворежущих инструментов
и рабочих органов лесозаготовительных и деревоперерабатывающих
технологических машин*

Для разработки новых и обеспечения возможности эффективной модернизации существующих процессов упрочняющей обработки были выявлены

механизмы и установлены теоретические закономерности протекания изнашивания рассматриваемых объектов. Далее были разработаны модели реализации процессов поверхностного и микрообъемного разрушения режущих устройств, в основу которых положены основные закономерности механики хрупкого разрушения, коррозионно-механического, усталостного и водородного видов изнашивания. Также были использованы современные синергетические подходы создания прогностических оценок закономерностей изнашивания.

Использование полученных зависимостей позволило выработать основы проведения мероприятий по минимизации износа дереворежущих устройств [4, 8 – 10.]. Анализ разработанных моделей изнашивания указанных устройств и результаты наших экспериментальных исследований показали, что наибольшей эффективностью в плане повышения износостойкости обладают комплексные упрочняющие обработки, сочетающие, наряду с выбором оптимальных конструкционных или инструментальных материалов, совместное или последовательное энергетическое воздействие на формируемые функциональные поверхности.

При этом наиболее эффективным является использование концентрированных потоков энергии [4, 7, 9, 14, 17, 19, 23 и др.]. В качестве высокоэнергетических источников создания таких потоков рационально использовать лазерное, плазменное и электроискровое воздействие. В ряде случаев после их реализации целесообразно выполнение дополнительных финишных операций абразивной обработки или поверхностное деформирование, которые могут существенно улучшить достигаемые показатели работоспособности.

Для надежной оценки результатов такого рода упрочняющих обработок чрезвычайно важно использовать эффективные методы испытаний и соответствующее лабораторное оборудование. Поэтому одной из важных задач постановки исследования являлась разработка и применение новых методов исследований: а. с. 1658024 СССР, пат. 2323428 РФ и др. [2, 4, 9 и др.]. Созданные методики и техника испытаний успешно использовались нами при изучении возможностей и эффективности предложенных упрочняющих технологий.

При разработке таких технологий полагалось необходимым формирование благоприятных уровней микротвердости и пластичности поверхностных функциональных слоев, повышение сопротивляемости развитию микротрещин в зоне режущего лезвия, увеличение стойкости к действию активных сред, в том числе водорода, оптимизация уровня остаточных напряжений, а также показателей микрорельефа поверхностей. Существенных результатов можно достигнуть также за счет снижения потерь на трение, возникающее при эксплуатации рассматриваемых режущих устройств, путем создания локальных антифрикционных поверхностных слоев [9, 11 и др.]

Для достижения благоприятных уровней указанных выше параметров был предложен ряд новых способов упрочняющей обработки, в основу которых было положено лазерное воздействие: а. с. 1481259 СССР, а. с. 1739642 СССР, пат. 2058400 РФ, пат. 2162111 РФ, пат. 2186670 РФ и др. Достижимые результаты по формированию благоприятных уровней состояния поверхностных слоев дереворежущих устройств и их технико-экономическая эффективность подробно описаны в следующих публикациях [7, 9, 10, 12 и др.].

Существенное повышение износостойкости поверхностей, подвергаемых лазерному упрочнению, может быть достигнуто за счет дополнительного магнитного воздействия в зоне действия луча вследствие формирования в функциональных слоях ориентированных анизотропных структур: пат. 2162111РФ, пат. 2186670 РФ, пат. 2238986 РФ, пат. 2224826 РФ, [12, 18 и др.].

Также следует отметить высокую степень повышения износостойкости дереворежущих устройств за счет упрочняющего воздействия на функциональные поверхности электрических разрядов. Однако при реализации этого способа по известным схемам обработки далеко не всегда обеспечивается получение желаемых результатов, прежде всего, по причине неблагоприятного уровня шероховатости, малой сопротивляемости действию активных сред и ряда других причин. Для исключения недостатков электроискрового упрочнения были предложены новые способы его реализации: а. с. 1259147 СССР, а. с. 1369115 СССР [9 и др.]. В частности, использование некоторых тугоплавких металлов в качестве электродов позволило существенно повысить сопротивляемость упрочненных поверхностных слоев действию активных сред при обработке древесины и древесных материалов, а также снизить их шероховатость и уровень дефектного состояния.

Весьма перспективным является сочетание легирующего действия электроискровых разрядов с деформационным воздействием твердосплавных роликов. Повышенная износостойкость поверхностей, упрочненных подобным образом, связана с тем, что деформация, непосредственно следующая за упрочняющим разрядом (электродеформационная обработка), позволяет в существенной степени избегать получения в поверхностных слоях опасных микротрещин и достигать дополнительного эффекта термомеханического упрочнения.

Эластичное шлифование поверхностей, подвергнутых электроискровому упрочнению, дает возможность существенно оптимизировать совокупность параметров микрорельефа получаемых поверхностей, а также обеспечить удаление дефектного поверхностного слоя и за счет этого повысить износостойкость и снизить энергозатраты на трение в процессе эксплуатации упрочненного инструмента. Аналогичные результаты достигаются и при алмазном выглаживании поверхностей после их электроискрового упрочнения.

Важнейшая задача – повышение износостойкости инструментов и рабочих органов при эксплуатации их в условиях действия низких климатических температур. Необходимость решения этой задачи обусловила создание новых методик проведения низкотемпературных исследований на изнашивание, в том числе необходимость их государственной стандартизации, выбор перспективных материалов для изготовления рабочих органов и инструментов техники северного исполнения и способов их упрочняющей обработки [2, 7, 19].

Наиболее полно и систематизированно результаты исследований, направленных на повышение работоспособности дереворежущих устройств и разработку рекомендаций по их промышленному использованию, представлены в диссертационных работах, выполненных по рассматриваемой тематике [1, 14, 18, 19, 23 и др.].

Создание и использование древесно-металлических антифрикционных материалов в подшипниковых узлах оборудования лесного комплекса

При изыскании возможных путей повышения работоспособности узлов трения лесозаготовительного и деревоперерабатывающего оборудования было признано целесообразным использовать антифрикционные материалы на основе древесины. Такой выбор был обоснован их высокой износостойкостью, необходимыми прочностными характеристиками, возможностью работать при наличии абразива в зоне трения, способностью гасить ударные нагрузки и вибрации, минимальным изнашивающим воздействием на сопрягаемые детали, способностью работать в условиях ограниченной смазки и даже при ее отсутствии.

Однако ряд недостатков такого антифрикционного материала резко ограничивают возможности его применения. Самый существенный из них – это невысокие теплофизические характеристики древесины и, в первую очередь, ее низкая теплопроводность, вследствие чего теплоотвод с фрикционного контакта затруднен, увеличение температуры выше некоторого допустимого предела приводит к термодеструкции древесины и последующему отказу узла трения.

Для изыскания повышения теплопроводности и других триботехнических параметров антифрикционных материалов на основе древесины был разработан и использовался алгоритм оптимизации функциональных параметров древесных антифрикционных материалов, приведенный на рис. 1.

В результате был обоснован ряд новых конструкций древесно-металлических подшипников скольжения, отличающихся структурой металлической фазы, закономерностями ее распределения в древесной матрице, а также предложены технологии их изготовления: пат. 2226240 РФ, пат. 2286489 РФ [3, 6, 13 и др.].

Возможные варианты размещения металлической фазы в древесной матрице приведены на рис. 2.

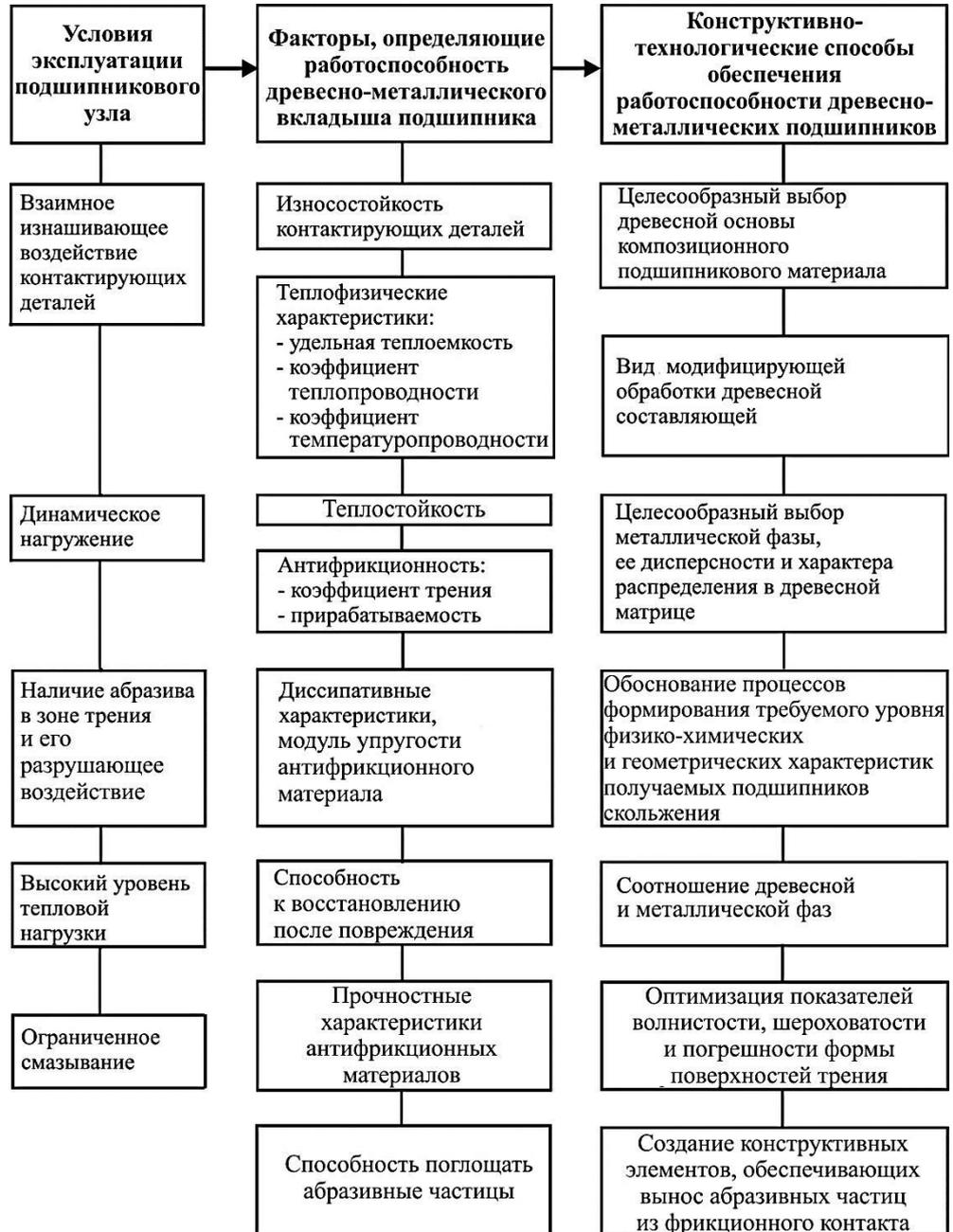


Рис. 1. Система взаимосвязи функциональных характеристик древесно-металлических подшипников скольжения и способы их достижения при проектировании и изготовлении

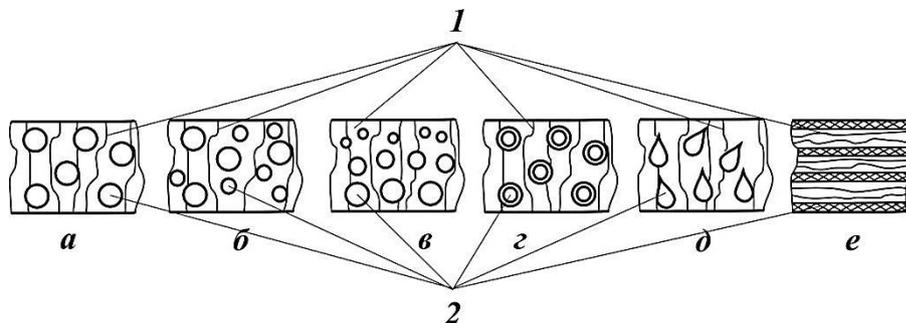


Рис. 2. Схемы распределения металлической фазы в древесной матрице: *a* – сферическая металлическая фаза одинаковой дисперсности; *б* – сферическая металлическая фаза разной дисперсности; *в* – сферическая металлическая фаза разной дисперсности, послойно размещенная в древесной матрице; *г* – биметаллическая фаза; *д* – каплевидная фаза, *е* – чередование металлической сетки и древесного шпона; *1* – древесная матрица, *2* – металлическая фаза

Применительно к предложенным антифрикционным материалам были выполнены теоретические и экспериментальные исследования по оптимизации их теплофизических, прочностных и триботехнических характеристик. На основании результатов этих исследований были выработаны пути конструкторско-технологического управления эксплуатационными характеристиками древесно-металлических антифрикционных композиций, которые обеспечили высокую технико-экономическую эффективность при использовании в подшипниковых узлах деревоперерабатывающего оборудования: пат. 2226240 РФ, пат. 2286489 РФ, пат. 2289732 РФ, пат. 2305804 РФ, пат. 2432508 РФ, [17, 20, 22 и др.].

Повышение работоспособности неподвижных разъемных соединений

К неподвижным разъемным соединениям относятся уплотнительные элементы, детали арматуры и соединительные части трубопроводов, крепежные соединения, посадки подшипников качения, различного рода переходные посадки и др. аналогичные конструкции. В этих соединениях должна обеспечиваться точность взаимного положения деталей в процессе их работы, а также выполнение ими ряда функциональных требований, таких как недопущение смещений деталей относительно друг друга, жидкостная и газовая герметичность и т.д.

Характерной особенностью эксплуатации таких соединений является то, что их контактирующие поверхности испытывают очень малые относительные микроперемещения, поэтому их следует рассматривать лишь как условно неподвижные. Таким образом, они представляют собой особый вид трибосопряжений, для которых характерны высокие удельные нагрузки, малые скорости и перемещения, что обуславливает такой характер их изнашивания, который классифицируется, как фреттинг-коррозия.

Среди параметров, обеспечивающих работоспособность условно неподвижных соединений, важными являются физико-химические характеристики материалов соединяемых деталей, их макро- и микрогеометрия, а также параметры внешнего силового, скоростного и температурного воздействий, наблюдающихся в процессе эксплуатации рассматриваемых изделий. К существенным факторам, обеспечивающим стабильность работы таких соединений, относится и коэффициент трения, реализующийся на площадках фрикционного контакта сопрягаемых поверхностей. Его величина, в частности, определяет прочностные показатели рассматриваемых соединений.

В процессе эксплуатации на показатели работоспособности этих соединений существенное влияние оказывает наличие различных промежуточных слоев между функциональными поверхностями сопрягаемых деталей. В качестве таких слоев могут выступать специально создаваемые тонкие металлические или полимерные покрытия, которые в существенной степени способствуют регламентируемой трансформации физико-химических характеристик исходных поверхностей и изменению их функциональных показателей, в том числе обеспечивают частичную или полную замену внешнего трения на поверхностях деталей на внутреннее в создаваемых промежуточных слоях.

Для решения задачи формирования защитно-герметизирующих промежуточных слоев весьма перспективным является возможность направленного создания на функциональных поверхностях неподвижных соединений защитных пленок, называемых «сервовитными». Такие пленки обладают особой структурой, образующейся и существующей в процессе трения, вследствие протекания в зоне фрикционного контакта сложных физических и химических явлений [5, 21 и др.].

Характерной особенностью таких слоев является то, что при эксплуатационном деформировании они не разрушаются. Это связано с тем, что действующие на соединение нагрузки локализируются в образовавшемся промежуточном слое, покрывающем микронеровности и волны поверхностей трения стальных деталей, которые вследствие реализации указанного явления практически не участвуют в процессе микротрения, а основные трибологические явления развиваются в самой сервовитной пленке.

В этих условиях мягкий материал, нанесенный на рабочую поверхность одной детали, взаимодействует с покрытием, нанесенным на соответствующую поверхность другой. Поэтому нагрузка достаточно равномерно распределяется по всей поверхности контактного взаимодействия. Это способствует повышению уровня эксплуатационных характеристик и продлению ресурса работы узла, в котором реализуются явления контактного взаимодействия при наличии промежуточных слоев.

Сервовитная пленка может образовываться в соединении сталь – сталь как при трансформации структуры специально наносимых медьсодержащих покрытий, так и при введении в контакт металлоплакирующих материалов, содержащих мелкие частицы меди, бронзы, латуни, свинца, серебра и др.

Создание условий для обеспечения формирования защитных промежуточных слоев может быть достигнуто и при контактировании стальных поверхностей с медно-фторопластовыми композитами при трении без смазочного материала за счет образования координационных соединений с двухвалентной медью.

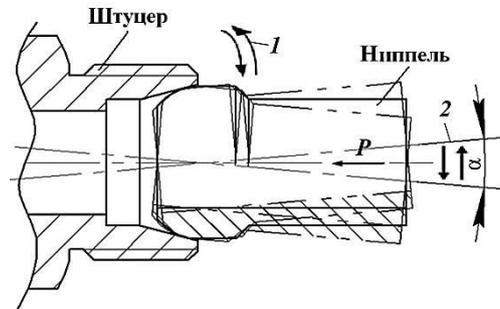
Анализируя явления, протекающие на фрикционном контакте, можно полагать, что материал сервовитной пленки находится в состоянии, подобном квазирасплаву. Такая пленка имеет малое сопротивление сдвигу и обеспечивает относительные микроперемещения контактирующих деталей без образования повреждений, т. е. трение в таких условиях может быть представлено, как относительные колебательные перемещения поверхностей, разделенных квазизжидкой пленкой, образующейся за счет направленного структурирования металла создаваемых исходных покрытий. Кроме того, исключительно пластичный материал в условиях такого рода контактного взаимодействия обладает способностью, перемещаясь в пределах контактной зоны, устранять возможные места протекания рабочей среды (жидкости или газа), заполняя поры, капилляры и др. пустоты. Для обеспечения заполнения дегерметизирующих пустот требуется создание пленок, по толщине превышающих 4...5 мкм, а также возможности перемещения в контактной зоне материала, наносимого на функциональные поверхности.

Для формирования функционального защитного герметизирующего промежуточного слоя возможно использование различных способов нанесения исходных покрытий на поверхностях, образующих соединение. Наиболее перспективным для достижения поставленной цели является предложенный нами способ, сочетающий химическое осаждение на охватываемой поверхности и газопламенное напыление на охватывающей.

После нанесения указанных покрытий на контактирующие детали необходимо выполнить приработку, позволяющую осуществить совместную направленную реструктуризацию материалов с образованием функционального промежуточного слоя. Такая приработка, выполняемая применительно к неподвижному герметизирующему соединению штуцера-ниппель силовой гидравлической системы, представлена на рис. 3. В процессе наших исследований были установлены рациональные режимы указанной приработки, включающей возвратно-вращательное перемещение на 3–5 оборотов в каждую сторону и осциллирующее движение с частотой 10...12 Гц на угол 3...5° при приложении осевой нагрузки 30...50 Н в течение 8...12 мин.

Проведенные нами лабораторные исследования и производственные испытания показали, что работоспособность по показателям износостойкости и герметичности соединений, сформированных предложенным способом, по сравнению с другими видами упрочняющей обработки существенно повышается.

Рис. 3. Схема создания герметизирующего соединения: 1 – возвратно-вращательное перемещение, 2 – угловое осциллирующее перемещение на угол α (P осевая нагрузка)



Оптимизация геометрии рабочих органов и инструментов

При применении конструкционных методов повышения работоспособности узлов машин и инструментов, используемых при лесопилении и деревопереработке, важную роль играет задание рациональной геометрической формы функциональных поверхностей. Целесообразность такого подхода подтверждают результаты исследований, выполненных применительно к вальцовым подающим механизмам лесопильного оборудования, направляющим устройствам пильных цепных аппаратов, некоторым конструкциям дереворезающих инструментов.

В результате анализа работы подающих вальцов лесопильного оборудования было установлено, что эффективность их работы в основном определяется показателями износостойкости шипов. Износ рабочих элементов вальцов приводит к уменьшению степени сцепления шипов с древесиной, их проскальзыванию и вследствие этого потере подачи бревен. Что снижает точность получаемых изделий и интенсифицирует изнашивание используемых инструментов.

При этом отмечается, что в результате изнашивания шипов значительно изменяется их исходная геометрическая форма. Учитывая стабильность формирования эксплуатационной геометрии изнашиваемых поверхностей шипов, полагали, что существует форма шипа, при задании которой износ боковых поверхностей в различных ее точках будет примерно одинаков, а это, в свою очередь, позволит минимизировать общий износ.

Для расчета благоприятной геометрии шипа подающего вальца был использован принцип оценки минимума производства энтропии. За механическую модель изнашивающей среды была принята реологическая модель, состоящая из последовательно соединенных моделей упругого тела Гука и эластического тела Кельвина [15, 16].

В результате теоретически была установлена приближенная геометрия шипа, к которой стремится поверхность при контакте с древесиной в процессе эксплуатации подающих вальцов и их изнашивания. Подобная форма позволяет сократить энергозатраты при перемещении заготовки и повысить ресурс работы шипов.

В данном случае помимо конструкционных путей повышения износостойкости шипов чрезвычайно важен целесообразный выбор марки материала и его упрочняющей обработки. Учитывая требования, предъявляемые к материалу шипов по изгибной прочности и ударной вязкости, было предложено для изготовления шипованных колец использовать высокопрочный чугун с шаровидным графитом, обеспечивающий в сочетании с высокой прочностью достаточную пластичность и вязкость, а также повышенную сопротивляемость действию активных сред. Например, такими свойствами обладает высокопрочный чугун марки ВЧ60.

В качестве упрочняющей обработки было обосновано применение поверхностной закалки с нагревом токами высокой частоты, которая обеспечивает формирование перлитно-мартенситной структуры на глубину, равную допустимой величине износа рабочих поверхностей шипов.

Для подтверждения целесообразности предлагаемых научно-инженерных решений и уточнения теоретических предпосылок о рациональной форме шипов были выполнены экспериментальные исследования, которые показали, что шипы с параболической формой боковых поверхностей помимо повышенной износостойкости отличаются более высокими значениями коэффициента сцепления по сравнению с шипами, выполненными в форме трех- и четырехгранных пирамид.

Производственные испытания шипованных колец подающих вальцов были проведены при установке их в нижних подающих вальцах лесопильной рамы. Отмечено, что благодаря предложенной геометрии шипов резко снижаются случаи проскальзывания распиливаемых бревен в подающих вальцах, а сроки службы опытных образцов шипованных колец подающих вальцов оказываются в 1,7–1,8 раза выше, чем серийных.

Аналогичные задачи решались для повышения износостойкости направляющих устройств цепных пильных аппаратов мотоинструмента и многооперационных лесозаготовительных машин. В данном случае позитивный эффект был достигнут за счет минимизации действующих динамических нагрузок, что обеспечивает снижение интенсивности изнашивания за счет меньшего проявления склонности к хрупкому разрушению используемых конструкционных материалов.

Также было установлено, что повышение износостойкости деревообрабатывающих фрез с плоскими режущими ножами может быть достигнуто за счет изменения их макрогеометрии путем использования специальных устройств, которые обеспечивают упругую деформацию режущих ножей в процессе работы, что приводит к созданию благоприятного уровня технологических напряжений сжатия в зоне режущей кромки [18 и др.].

Выполненный обзор показал, что наиболее эффективные решения задач повышения работоспособности машин и оборудования лесного комплекса могут быть достигнуты только за счет комплексного использования современных инновационных технологий. Для этого на всех стадиях подготовки

к производству новой продукции необходима направленная проработка всех возможных путей повышения качества и конкурентноспособности создаваемой техники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буглаев А.М. Совершенствование конструктивно-технологических методов повышения износостойкости инструментов для обработки неметаллических материалов : автореф. дис.... д-ра техн. наук. М., 2002. 37 с.
2. ГОСТ 23.212–82. Обеспечение износостойкости изделий. Метод испытаний материалов на изнашивание при ударе в условиях низких температур / Е.А. Памфилов, В.А. Ковальчук, С.С. Грядунов, В.В. Майоров. М.: Изд-во стандартов, 1982. 11 с.
3. *Евельсон Л.И.* и др. Проектирование древесно-металлических подшипников скольжения // Лесн. журн. 2005. № 1–2. С. 182–187. (Изв. высш. учеб. заведений).
4. *Зотов Г.А., Памфилов Е.А.* Повышение стойкости дереворежущего инструмента. М., 1991. 304 с.
5. Обеспечение работоспособности соединений гидросистем технологических машин / Е.А. Памфилов, Г.А. Пилюшина, П.Г. Пыриков, С.В. Тяпин // Системы. Методы. Технологии. 2012. № 1 (13). С. 33–38.
6. Особенности разработки и применения средств автоматизированного проектирования древесно-металлических подшипников скольжения / Л.И. Евельсон, Е.А. Памфилов, А.П. Симин, Е.В. Шевелева // Лесн. журн. 2005. № 2. С. 182–187. (Изв. высш. учеб. заведений).
7. *Памфилов Е.А., Грядунов С.С., Сиваков В.В.* Повышение износостойкости дереворежущего инструмента методом комплексного упрочнения // Вест. машиностроения. 2000. № 3. С. 45–46.
8. *Памфилов Е.А., Евельсон Л.И.* Оптимизация узлов трения машин с учетом неопределенности информации в исходных данных // Трение и износ. 2006. Т. 27, № 2. С. 191–195.
9. *Памфилов Е.А.* Оптимизация упрочняющих технологий и их реализация с целью существенного повышения износостойкости штампового и дереворежущего инструмента: автореф. дис... д-ра техн. наук. М., 1988. 24 с.
10. *Памфилов Е.А.* Особенности изнашивания и повышения стойкости дереворежущих инструментов // Лесн. журн. 1997. № 1–2. С. 142–146. (Изв. высш. учеб. заведений).
11. *Памфилов Е.А.* Повышение износостойкости некоторых режущих устройств путем создания антифрикционных поверхностных слоев // Надежность и контроль качества. 1988. № 4. С. 17–21.
12. *Памфилов Е.А., Пыриков П.Г.* Применение управляемых магнитных полей в функциональных узлах деревообрабатывающего оборудования // Лесн. журн. 2006. № 2. С. 84–90. (Изв. высш. учеб. заведений).
13. *Памфилов Е.А., Шевелева Е.В., Муратов Д.И.* Создание новых композиционных древесно-металлических материалов // Лесн. журн. 2006. № 2. С. 60–65. (Изв. высш. учеб. заведений).
14. *Петренко Н.М.* Повышение стойкости дереворежущего инструмента технологическими методами: автореф. дис.... канд. техн. наук. Химки, 1984. 18 с.

15. *Пилушина Г.А., Памфилов Е.А.* Повышение работоспособности лесопильного оборудования // Лесн. журн. 2007. № 4. С.85–91. (Изв. высш. учеб. заведений).

16. *Пилушина Г.А.* Повышение работоспособности деталей подающих устройств лесопильного оборудования: автореф. дис.... канд. техн. наук. Брянск, 2005. 20 с.

17. *Прусс Б.Н.* Повышение работоспособности подшипников скольжения деревообрабатывающего оборудования: автореф. дис.... канд. техн. наук. Брянск, 2010. 20 с.

18. *Пыриков П.Г.* Разработка научных основ повышения работоспособности рабочих органов и инструментов машин и оборудования лесного комплекса: автореф. дис.... д-ра техн. наук. Брянск, 2009. 36 с.

19. *Сиваков В.В.* Повышение износостойкости режущих рабочих органов лесозаготовительных машин и инструмента для резания мерзлой древесины: автореф. дис.... канд. техн. наук. Брянск, 2000. 19 с.

20. *Симин А.П.* Повышение долговечности вкладышей подшипников скольжения, изготавливаемых из композиционных материалов на основе растительных полимеров : автореф. дис.... канд. техн. наук. Брянск, 2003. 20 с.

21. *Тягин С.В.* Повышение работоспособности неподвижных соединений в гидросистемах деревоперерабатывающего оборудования: автореф. дис.... канд. техн. наук. Брянск, 2012. 18 с.

22. *Шевелева Е.В.* Повышение работоспособности подшипников скольжения деревообрабатывающего оборудования на основе использования древесно-металлических композиционных материалов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Брянск, 2004. 20 с.

23. *Шуленина Т.И.* Повышение износостойкости дисковых пил для обработки композиционных древесных материалов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Брянск, 1997. 17 с.

Поступила 21.01.13

Е.А. Pamfilov, G.A. Pilyushina

Bryansk State Engineering and Technological Academy

Possibilities and Prospective Ways to Increase Working Capacity of Forest Sector Machines and Equipment

The paper considers possible ways of increasing working capacity of forest sector machines and equipment as well as of cutting tools, on the basis of complex approaches including design-engineering and operational measures taking into account the wear process of the products under specific operation conditions.

Keywords: working capacity, forest sector equipment, cutting tool, wear process, friction, functional surfaces, strengthening treatment.

УДК 625.033

***А.Н. Минаев, А.И. Никифорова, А.А. Пельмский, Д.С. Киселев,
В.А. Андронов, В.Н. Язов***

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

Минаев Александр Николаевич родился в 1945 г., окончил в 1972 г. С.-Петербургскую государственную лесотехническую академию им. С.М. Кирова, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой водного транспорта леса и гидравлики С.-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова. Имеет более 120 печатных работ в области исследования двухфазных потоков в напорных гидротранспортных системах, сохранения гидробионтов при кавитационных режимах, возникающих в турбинах ГЭС.
E-mail: vtl-lta@mail.ru



Никифорова Антонина Ивановна окончила в 1998 г. С.-Петербургскую государственную лесотехническую академию им. С.М. Кирова, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии лесозаготовительных производств С.-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова. Автор учебника, 2 учебных пособий, 2 монографий, 15 патентов и более 50 научных статей в области новых технологий лесосечных работ, обеспечивающих повышение их экономической и экологической эффективности с соблюдением принципов неистощительного природопользования и расширенного воспроизводства лесных ресурсов.
E-mail: tlzp@inbox.ru



Пельмский Александр Андреевич родился в 1987 г., окончил в 2010 г. С.-Петербургскую государственную лесотехническую академию им. С.М. Кирова, аспирант кафедры технологии лесозаготовительных производств С.-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова.
E-mail: pelych@mail.ru



Киселев Денис Сергеевич родился в 1987 г., окончил в 2008 г. С.-Петербургскую государственную лесотехническую академию им. С.М. Кирова, аспирант кафедры технологии лесозаготовительных производств С.-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова. Имеет 10 научных работ в области снижения экологического ущерба лесной среде, вызванного работой лесозаготовительной техники.
E-mail: tlzp@inbox.ru



Андронов Вячеслав Александрович родился в 1983 г., окончил в 2005 г. С.-Петербургскую государственную лесотехническую академию им. С.М. Кирова, старший преподаватель кафедры лесных гусеничных и колесных машин С.-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова.
E-mail: andronovalexandr@gmail.com



© Минаев А.Н., Никифорова А.И., Пельмский А.А., Киселев Д.С., Андронов В.А., Язов В.Н., 2013

Язов Владимир Николаевич родился в 1953 г., окончил в 1976 г. С.-Петербургскую государственную лесотехническую академию им. С.М. Кирова, старший преподаватель кафедры сухопутного транспорта леса С.-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова. Область научных интересов – автоматизация проектирования объектов лесотранспорта и информационных технологий.
E-mail: YazovVN@yandex.ru



МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ОБРАЗОВАНИЯ КОЛЕИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ КОЛЕСНЫХ ЛЕСНЫХ МАШИН

Предложена математическая модель процесса взаимодействия колеса машины с лесным грунтом, учитывающая скорость движения машины. В явном виде учитываются геометрические параметры шины, нагрузка на колесо и механические параметры грунта, что позволяет на практике оценивать глубину образующейся колеи при проходе колесной техники.

Ключевые слова: грунт, колесный движитель, колеобразование.

Для теоретического рассмотрения процесса деформации при взаимодействии шины и грунта используют два подхода: первый подход основан на определении эпюр нормальных и касательных давлений в контакте, их интегрировании и приравнивании сил, приложенным к оси колеса [1], второй – на рассмотрении лишь характерных зон поверхности контакта, параметры которых аналитически выражаются через деформацию шины и грунта. На практике любые решения по взаимодействию колеса с грунтом, ввиду неоднородности и нестабильности лесного грунта, являются приближенными, т. е. в большинстве случаев второй подход более целесообразен. Учитывая изложенное, математическую модель взаимодействия колесной машины с лесным грунтом будем строить, используя один из методов второго подхода.

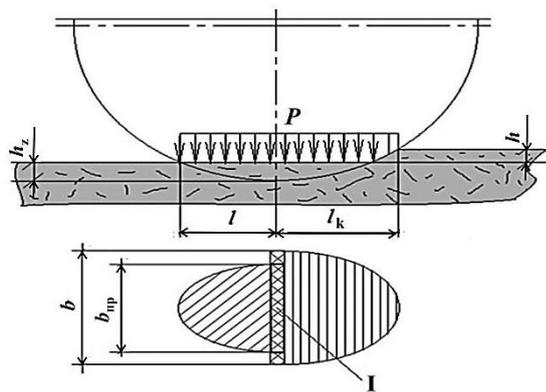


Рис. 1. Расчетная схема взаимодействия колеса с грунтом (I – зона контакта)

Расчетная схема взаимодействия колеса с основанием представлена на рис. 1. В качестве определяющей выбрана зона контакта I. Нагрузка P в этой зоне может быть аналитически выражена через деформацию шины:

$$P = pb_{\text{пр}} = \frac{\pi h_z}{2} \left(\frac{B}{H'} + \frac{3H'}{B} \right) p_w + p_0 \left(1 - \frac{h_z}{B} \right), \quad (1)$$

где p – давление в зоне контакта;

$b_{\text{пр}}$ – см. схему на рис. 1;

h_z – нормальный прогиб шины при внешнем действии нагрузки;

B – ширина профиля шины;

H' – высота профиля шины;

p_w – внутреннее давление воздуха в шине;

p_0 – давление в контакте при $p_w = 0$.

Методика расчета деформируемости шин с учетом конструктивных особенностей каркаса, протектора и боковин приведена в специальной литературе [2]. Боковая и тангенциальная деформации шины определяются, как правило, экспериментально [2].

Для оценки нормального прогиба в зависимости от нагрузки и давления воздуха на практике может быть использована следующая эмпирическая формула [7]:

$$h_z = 0,562K \frac{G_k^{3/4}}{10 + p_w}, \quad (2)$$

где K – постоянный для данной шины коэффициент, определяемый экспериментально: для диагональных шин низкого давления – 0,4...0,74, для шин с регулируемым давлением – 0,45...0,63; для широкопрофильных шин – 0,25...0,50;

G_k – внешняя нагрузка на колесо, Н.

Здесь p_w приведена в мега-паскалях.

Далее рассмотрим физическую модель деформации лесного грунта, используя физическую картину деформации грунта штампом.

При относительно малых нагрузках грунт срезается по периметру и уплотняется. Под штампом образуется уплотненное ядро, которое перемещается в направлении действия нагрузки, уплотняя прилегающие слои грунта. При дальнейшем нагружении напряжения в грунте в некоторых зонах достигают предельных по прочности грунта значений и вызывают сдвиги. По мере роста нагрузки увеличивается объем грунта, подвергшегося сдвигу, и погружение штампа в грунт. Далее происходит сдвиг всего объема грунта, прилегающего к штампу. Значительное погружение штампа при незначительном повышении нагрузки сопровождается выпиранием грунта в стороны от штампа. Под несущей способностью грунта p_s будем понимать среднее давление на этом этапе деформирования.

В механике грунтов при оценке деформаций и прочности грунта широко используют такой параметр, как модуль деформации E . Модуль деформации

грунта определяют по общей деформации грунта (обратимой и необратимой):

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}, \quad (3)$$

где σ – напряжения;

ε – относительная деформация.

Будем рассматривать грунт как линейно-деформируемое тело с модулем E , а отклонение действительных деформаций от линейных $h_{л}$ выразим соотношением нормального давления и несущей способности грунта:

$$h = h_{л} \frac{P_s}{P_s - P}. \quad (4)$$

Расчетная схема определения линейной деформации грунта представлена на рис. 2. Сжатие элементарного слоя с начальной толщиной dz_0 выражается уравнением

$$dh_{эл} = \varepsilon dz_0, \quad (5)$$

а толщина элементарного слоя в деформированном состоянии:

$$dz = dz_0 (1 - \varepsilon). \quad (6)$$

Решив уравнения (4) и (5) совместно с (3), получим:

$$dh_{л} = \frac{\sigma}{E - \sigma} dz. \quad (7)$$

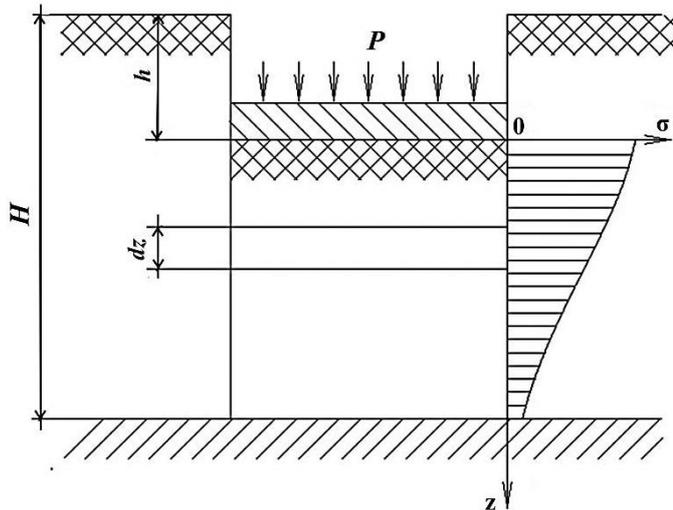


Рис. 2. Расчетная схема линейной деформации грунта

Распределение напряжений в грунте по глубине [6]:

$$\sigma = \frac{P}{1 + \left(\frac{z}{aD'}\right)^2},$$

где p – давление на грунт;

a, D' – параметры, зависящие от геометрических характеристик штампа:

$$a = 1 - b/H;$$

D' – диаметр круга, равновеликого по площади штампу;

b – ширина штампа;

H – толщина штампа.

Тогда суммарная линейная деформация грунта

$$h_{\text{л}} = \int_0^{H-h_e} \frac{\sigma}{E - \sigma} dz = \frac{paD'}{\sqrt{E} \sqrt{E - p}} \arctan \left[\frac{E H - h_{\text{л}}}{aD' \sqrt{E} \sqrt{E - p}} \right]. \quad (8)$$

Учтем, что

$$h_{\text{л}} = h \frac{p_s - p}{p_s}. \quad (9)$$

Подставив выражение (9) в (8), получим уравнение для определения деформации грунта с учетом сдвигов:

$$p_s paD' \arctan \left[\frac{E H p_s - h p_s + h p}{p_s aD' \sqrt{E} \sqrt{E - p}} \right] - p_s h \sqrt{E} \sqrt{E - p} + h p \sqrt{E} \sqrt{E - p} = 0. \quad (10)$$

Несущая способность грунта не является независимой постоянной грунта, а изменяется в зависимости от размеров штампа и глубины его погружения. Несущая способность однородного грунта может быть выражена уравнениями [1]:

$$p_s = 0,25\pi^2 \arctan \left[\frac{\pi H - h}{2b} \right] p_{s0};$$

$$p_{s0} = J_1 X_1 b + J_2 X_2 + X_3 h; \quad (11)$$

$$J_1 = \frac{l}{l + 0,4b}; J_2 = \frac{l + b}{l + 0,5b};$$

$$X_1 = \gamma \frac{1 - k_f^4}{k_f^5}; X_2 = C_0 \frac{k_f^2 + 1}{k_f^3}; X_3 = \frac{\gamma}{k_f^2}; k_f = \tan \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\Phi_0}{2} \right),$$

где p_{s0} – вспомогательная функция при определении несущей способности грунта, учитывающая геометрию штампа и свойства грунта;

$\gamma = \rho g$;

ρ – плотность грунта;

k_f – вспомогательная функция, учитывающая влияние угла внутреннего трения грунта на несущую способность грунта;

C_0 – внутреннее сцепление грунта;

φ_0 – угол внутреннего трения.

Эксперименты показали [3], что для грунтов характерна релаксация напряжений. Используемые релаксационные модели грунта обычно основаны на теории Максвелла: выравнивание или релаксация напряжений в пластичных телах во времени совершается пропорционально наличной величине напряжений [8].

Известно, что время действия на грунт нагрузки можно учесть некоторым коэффициентом, зависящим от релаксационных свойств грунта [5]. Значение этого коэффициента можно найти, например, из следующего уравнения [2]:

$$K_d = \frac{\sigma_0 \int_0^t \exp\left(1 - \frac{t}{t_p}\right) dt}{\sigma_0 \int_0^{\infty} \exp\left(1 - \frac{t}{t_p}\right) dt} = 1 - \exp\left(-\frac{t}{t_p}\right), \quad (12)$$

где σ_0 – начальное напряжение;

t – время воздействия;

t_p – время релаксации напряжений.

Выразим время t через скорость машины v и длину площадки контакта $l \approx 2\sqrt{Dh_z}$:

$$t = \frac{v}{2\sqrt{Dh_z}}. \quad (13)$$

Время релаксации грунта имеет корреляционную связь с величиной, обратной углу внутреннего трения [2]:

$$t_p = \frac{k_p}{\varphi_0}, \quad (14)$$

где $k_p = 0,5^\circ$.

Таким образом,

$$K_d = 1 - \exp\left(-\frac{\varphi_0 v}{2k_p \sqrt{Dh_z}}\right). \quad (15)$$

Тогда окончательно глубину колеи с учетом скорости движения машины и нагрузки на колесо можно получить из уравнения (10). Для этого используем значение p , полученное из выражения (1), предварительно разделив его на b_{np} и умножив на K_d по (15). При определении параметров грунта, входящих в уравнение (9), вместо b необходимо использовать b_{np} . Величину l принимаем равной 0,01 м (длина зоны I на рис. 1). Для расчета принимаем геометрические параметры шины B , H' , D , b_{np} по [4] для шины 12,4/11-38" (трактор Т-40АЛ); характеристики основания: $E = 400$ кПа; $C_0 = 10$ кПа; $\varphi_0 = 150$; $H = 1$ м.

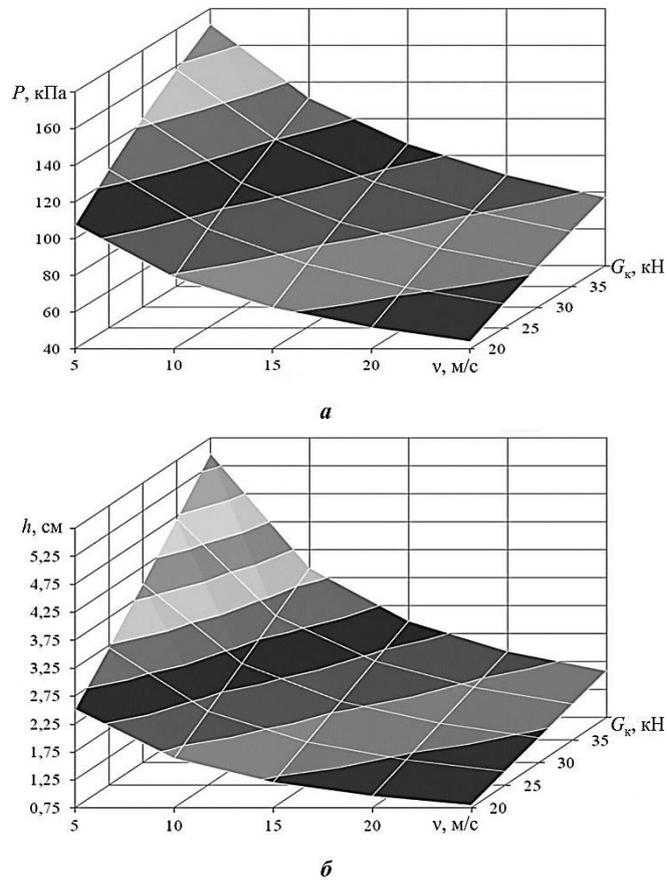


Рис. 3. Зависимость давления P в зоне контакта шины с грунтом (а) и глубины h при одном проходе машины (б) от скорости машины v и нагрузки на колесо G_k

Результаты расчетов представленные на рис. 3, показали очевидную нелинейную зависимость как давления на грунт, так и глубины колеи от скорости машины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агейкин Я.С. Вездеходные колесные и комбинированные движители. М.: Машиностроение, 1972. 184 с.
2. Агейкин Я.С. Проходимость автомобилей. М.: Машиностроение, 1981. 232 с.
3. Вялов С.С. Реологические основы механики грунтов. М.: Высш. шк., 1979. 118 с.
4. Исследование компоновки лесных колесных тракторов с шарнирной рамой конструкции ЛТА / С.Ф. Козьмин, М.Я. Дурманов, Г.В. Каршев, С.В. Спиридонов СПб.: Изд-во СПбГЛТА, 2010. 98 с.

5. Математическая модель образования колеи в почвогрунтах колесными машинами с упругими шинами / С.М. Базаров [и др.] // Науч. обозрение. 2012. № 5. С. 56–69.

6. Моделирование уплотнения почвогрунта в боковых полосах трелевочного волока с учетом изменчивости трассы движения / В.Я. Шапиро, И.В. Григорьев, Д.В. Лепилин, А.И. Жукова // Ученые записки ПетрГУ. Серия: Естественные и технические науки. 2010. № 6. С. 61–64.

7. Расчет нормальной жесткости шин для оценки их эксплуатационных показателей / А.Н. Евграфов [и др.] // Автомоб. пром-сть. 1977. № 3. С. 20–22.

8. Шапиро В.Я., Григорьев И.В., Жукова А.И. Оценка процессов деформирования почвы при циклическом уплотнении // Лесн. журн. 2008. № 4. С. 44–51. (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 10.01.13

A.N. Minaev, A.I. Nikiforova, A.A. Pelymsky, D.S. Kiselev, V.A. Andronov, V.N. Yazov

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

Mathematical Model for Rutting by the Action of Wheeled Forest Vehicles

A mathematical model of interaction of the wheel with the forest soil, taking into account the speed of the vehicle, has been developed. We explicitly take into account tire geometrics, wheel load and mechanical properties of soil, which allows assessing the depth of the rut left by the passing vehicles.

Keywords: soil, wheeled vehicle, rutting.

УДК 630*

В.М. Дербин, М.В. Дербин

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

Дербин Василий Михайлович родился в 1954 г., окончил в 1978 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии лесопромышленных производств Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет более 90 печатных работ в области лесозаготовительного производства, в том числе 26 авторских свидетельств на изобретения и патентов.
E-mail: v.derbin@mail.ru



Дербин Михаил Васильевич родился в 1986 г., окончил в 2009 г. Архангельский государственный технический университет, кандидат технических наук, ассистент кафедры технологии лесопромышленных производств Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет около 30 печатных работ в области лесозаготовительного и деревоперерабатывающего производства, в том числе 3 патента на изобретения и полезную модель.
E-mail: m.v.derbin@mail.ru



КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СЕРТИФИКАЦИИ ЛЕСОУПРАВЛЕНИЯ

Приведена концептуальная модель для условий лесопользования и последовательность ее разработки для сертификации лесопромышленного управления. Построена структура предметной области сертификации лесопромышленного управления.

Ключевые слова: концептуальная модель, сертификация лесопромышленного управления, лесопользование, моделирование.

С помощью концептуальной модели (КМ) описывают неформализованные данные. Основное ее назначение – представление знаний о структуре исследуемой предметной области. Она является основой создания экспертных систем, систем работы в определенной области знаний. Для составляющих КМ существует соответствие между собственно объектом реального мира и его модельным представлением.

Общие вопросы концептуального моделирования отражены в ряде работ [1–3, 6, 8].

Создание КМ производится в следующей последовательности. На основании содержательного описания уточняется задача моделирования; определяется процедура и график ее решения. Уточняется методика всего имитационного эксперимента в зависимости от наличных ресурсов, выделенных для имитации. Общая задача моделирования разбивается на частные подзадачи моделирования.

Выбираются параметры и переменные систем, представляющие интерес для моделирования; уточняются критерии эффективности функционирования

проектируемой системы; выбирается тип аппроксимации характеристик компонентов модели; проводится предварительный анализ требований к модели; определяются необходимые математические уравнения, описывающие реальные процессы, а также возможные методы проверки правильности функционирования модели. Определяются методы проверки программной реализации модели, формулируются технические требования на программирование. Изучаются возможности применения известных методов обработки и анализа результатов, выбираются способы представления результатов моделирования и язык будущей формализации процессов в объекте моделирования. Результатом выполнения работ являются КМ.

Параметрами модели считаются те величины, значение которых исследователь может выбрать по своему усмотрению. Изучение влияния значений параметров модели на исследуемую систему и составляет цель моделирования. Остальные характеристики модели могут принимать только вполне определенные значения, задаваемые перед началом имитации. Они являются переменными модели. Параметры обычно входят в состав показателей качества моделируемой системы, выбранных на этапе составления ее содержательного описания, и являются варьируемыми характеристиками в функциях показателей качества.

В общем виде описание параметра должно содержать следующую информацию: его определение и идентификатор, единицы измерения, качественные характеристики (однозначный – многозначный, регулируемый – нерегулируемый), место применения модели, источник получения значений.

Модель предметной области строится на основе баз данных, баз знаний, экспертных систем, информационных технологий. Это позволяет расширить практическую реализацию ситуационного подхода. Особое внимание уделяется формализации учета специфики решаемых задач.

С позиции системного анализа жизненный цикл (ЖЦ) производимой продукции рассматривается как некоторая система, где входные и выходные данные, внутренние параметры и параметры воздействия связаны функциональной зависимостью.

К выходным параметрам можно отнести выводы, которые представляются в виде существенных и несущественных несоответствий, рекомендаций. Группу внутренних параметров (или переменных состояния) составляют принципы, критерии и индикаторы, по которым оценивается лесопользование. Параметры воздействия (управления) включают в себя условия, требования; используемые технологии, оборудование, которые фиксируются в технологической карте разработки лесосеки или деланки.

Реальный ЖЦ оказания услуг (сертификационный процесс) определяется спросом на сертифицированную продукцию или услуги аудиторской компании и характеризует их конкурентоспособность. Обеспечение качества сертификационных услуг предполагает наличие обратной связи – информации о выявленных на практике несоответствиях, допущенных в результате лесозаготовки лесных участков [6]. Так, для разработки КМ системы управления

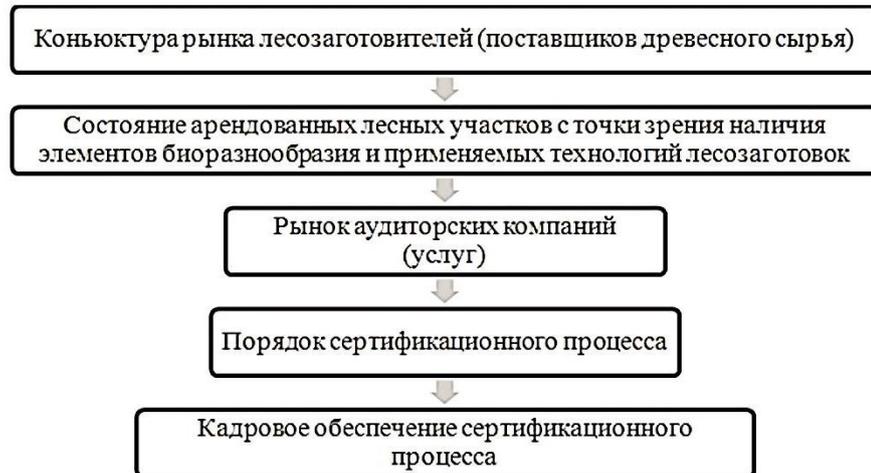


Рис. 1. Структура предметной области сертификации лесоправления

интегрированными производственными комплексами в работах [1, 2, 8] выделены следующие фрагменты предметных областей на основе ЖЦ: рынок услуг, технологические процессы лесозаготовок, лесовосстановления и ухода за лесом. На основании анализа составляющих ЖЦ построена структура предметной области сертификации лесоправления (рис. 1). При этом учтены рекомендации и требования стандартов добровольной лесной сертификации в лесозаготовительном процессе [4, 5, 7].

Фрагменты структуры и модели предметной области системы сертификации лесоправления имеют следующие особенности.

Конъюнктура рынка лесозаготовителей (поставщиков древесного сырья). Сертификацией лесоправления лесозаготовительные предприятия начали заниматься с начала этого столетия. В основном это связано с потребностями экологически чувствительного рынка сбыта. Лесоперерабатывающие предприятия (лесопильно-деревообрабатывающие, целлюлозно-бумажные и др.), поставляющие свою продукцию на европейский рынок, для производства сертифицированной продукции вынуждены закупать у лесозаготовительных предприятий сертифицированное сырье (пиловочник и балансы). Начало сертификационному процессу лесоправления положили лесозаготовительные предприятия, входящие в крупные лесоперерабатывающие холдинги, к которым можно отнести и компании Архангельской области («Титан», «Группа Илим», ОАО «Соломбальский ЛДК» и др.). К 2010 г. практически все лесозаготовительные предприятия, входящие в указанные холдинги, были сертифицированы. В связи с ростом потребности в сертифицированном сырье холдинги требуют и от сторонних поставщиков сертифицированных лесоматериалов. Поэтому в последние годы к сертификационному процессу подключились и частные предприниматели, поставляющие древесное сырье лесоперерабатывающим предприятиям.

Состояние арендованных лесных участков с точки зрения наличия элементов биологического разнообразия и применяемых технологий лесозаготовок. Арендованные лесные участки лесозаготовительных предприятий разнообразны с точки зрения элементов биологического разнообразия. Сертификационный процесс требует их анализа и выделения элементов биоразнообразия, которые в процессе заготовки древесины должны быть сохранены. Для выполнения этих работ привлекаются специалисты лесозаготовительных предприятий. При отсутствии квалифицированных специалистов к выполнению этих работ привлекаются сторонние организации. Заготовка древесины

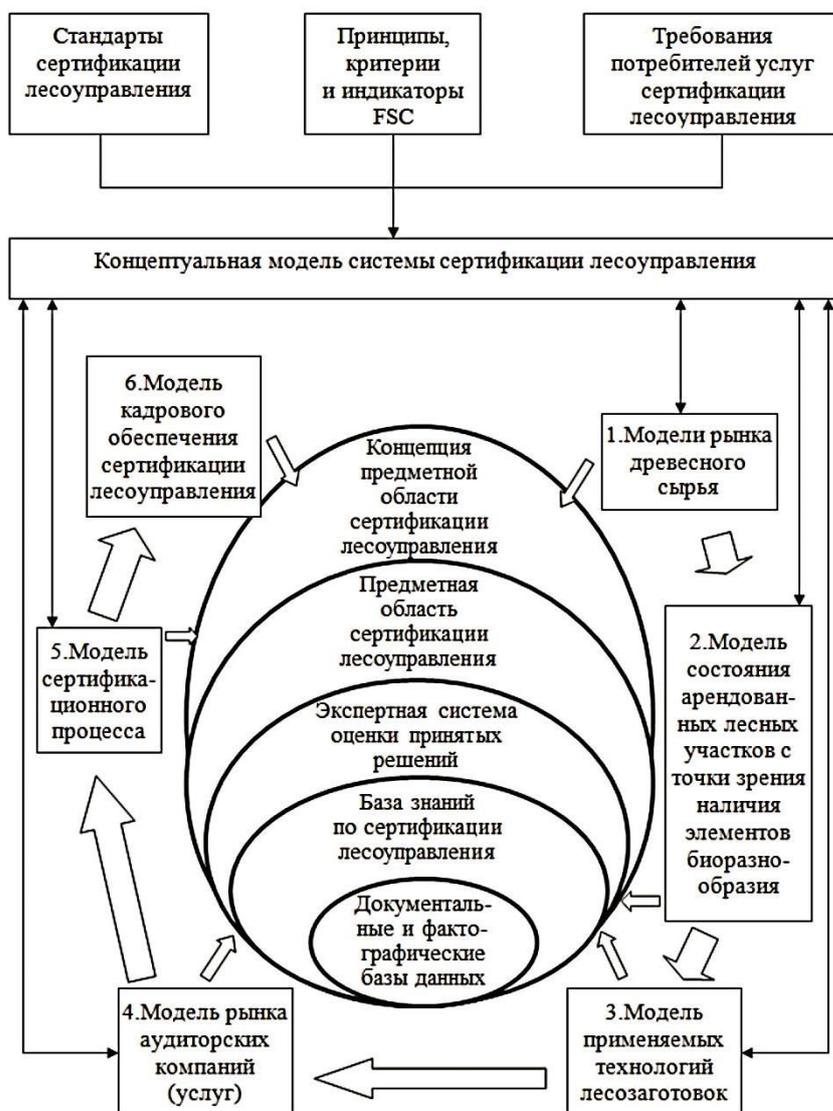


Рис. 2. КМ сертификации лесопользования

может производиться с использованием различных технологий (сортиментная, хлыстовая, с использованием гусеничных, колесных машин и т. д.) При выборе технологии заготовки древесины должны учитываться элементы биоразнообразия, почвенно-грунтовые условия, рельеф местности и т.д.

Рынок аудиторских компаний. В настоящее время проблем с выбором аудиторских компаний практически нет. На российском рынке сертификационные услуги предлагают иностранные и отечественные компании (например, «Лесная сертификация», «Русский регистр» и др.). Поскольку при проведении сертификации лесопользования очевиден субъективный фактор, то при выборе аудиторской компании следует учитывать ряд факторов: известность компании, наличие квалифицированных auditors, продолжительность работы по предоставлению этих услуг и др.

Порядок сертификационного процесса. Сертификационный процесс, как правило, включает в себя подготовку предприятия к сертификации, выбор аудиторской компании и заключение с ней соответствующего контракта, проведение предварительного и основного аудитов. При положительной оценке после проведения основного аудита предприятие получает сертификат сроком на 5 лет. Кроме того, в течение срока действия сертификата ежегодно проводятся контрольные (надзорные) аудиты.

Кадровое обеспечение сертификационного процесса. Каждое лесозаготовительное предприятие, которое проводит сертификационный процесс, вводит в штатное расписание работников, которые отвечают за подготовку предприятия к сертификации, организацию сертификационного процесса и поддержку сертификата.

КМ представляет собой синтез моделей предметной области и является системной, или «обобщенной», моделью, выражающей общие закономерности, протекающие в предметной области [1, 2].

КМ сертификации лесопользования показана на рис. 2.

Анализ полученной модели позволяет оценить степень изученности фрагментов предметной области сертификации лесопользования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Быков В.В.* Концептуальные и технологические основы системы технического сервиса транспортных и технологических машин лесного комплекса. М.: МГУЛ, 2004. 324 с.
2. *Быков В.В., Назаренко А.С., Юрков Н.К.* Моделирование системы технического сервиса. М.: МГУЛ, 2004. 86 с.
3. Концептуальное моделирование информационных систем / Под ред. В.В. Фильчакова. СПб.: СПВУРЭ ПВО, 1998. 356 с.
4. *Кочегаров В.Г., Дербин В.М.* Энергоемкость процесса сортировки хлыстов по длинам при очистке деревьев от сучьев // Лесн. журн. 1982. № 5. С. 64–68. (Изв. высш. учеб. заведений).
5. *Лукашевич В.М., Шегельман И.Р.* Трансформация технологии подготовительных работ на лесозаготовках под воздействием лесной сертификации // Глобальный научный потенциал. 2012. № 2(11). С. 82–84.

6. *Погудин Е.В., Гаврилов А.Н.* Технология обеспечения надежности техники в процессе жизненного цикла // Методы менеджмента качества. 2002. № 2. С. 29–31.

7. *Шегельман И.Р., Лукашевич В.М.* Подготовительные работы в отечественной системе лесопользования. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2012. 84 с.

8. *Юрков Н.К.* Модели и алгоритмы управления интегрированными производственными комплексами. Пенза: Информ.-издат. центр ПГУ, 2003. 214 с.

Поступила 01.04.13

V.M. Derbin, M.V. Derbin

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

Conceptual Model of Forest Management Certification

The paper dwells on the conceptual model in forest management and on the sequence in which it was developed for forest management certification. The structure of application domain of forest management certification was developed.

Keywords: conceptual model, forest management certification, forest management, modeling.

УДК 630*372

В.Н. Иващенко

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

Иващенко Виталий Николаевич родился в 1984 г., окончил в 2006 г. С.-Петербургский государственный университет водных коммуникаций, аспирант кафедры лесных гусеничных и колесных машин С.-Петербургской государственной лесотехнической академии имени С.М. Кирова. Имеет 7 печатных работ в области механизация лесовосстановительных работ на нераскорчеванных вырубках.
E-mail: valy-vladimir@yandex.ru (для В.Н. Иващенко)



**СТРУКТУРА РЕСУРСОВ,
ЗАТРАЧИВАЕМЫХ НА ВЫПОЛНЕНИЕ
ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Дано обоснование структуры расхода ресурсов при выполнении лесохозяйственных технологических процессов, в которую входят затраты пути, времени, энергии, человеческого труда, металла, материалов, информации и на сохранение окружающей среды. Все приведенные затраты относятся к невозполнимым ресурсам. Обобщающим эквивалентом, отражающим суммарную стоимость данных затрат, приняты суммарные денежные затраты.

Ключевые слова: структура расхода ресурсов, путь, время, энергия, труд, металл, материалы, информация, окружающая среда, денежные затраты.

Анализ работ в области производственной эксплуатации мобильных технических средств [1–4 и др.] и собственные наблюдения показывают, что практически все технологические процессы лесохозяйственного производства, выполняемые на лесокультурных площадях с помощью технических средств, связаны с затратами на перемещения в пространстве (пути), времени, энергии, человеческого труда, металла, материалов, информации и на сохранение окружающей среды. Обобщающим эквивалентом, отражающим суммарную стоимость данных затрат, являются денежные затраты. Все приведенные затраты относятся к невозполнимым ресурсам, структура расхода которых представлена на рисунке.

Минимизация данных ресурсов при осуществлении технологических процессов в конкретных природно-производственных условиях с учетом качества выполняемых работ является основой хозяйственной деятельности.

Затраты пути и времени отражают перемещение машинно-тракторного агрегата (МТА) в пространстве и во времени. По затратам пути технологического процесса можно судить о рациональности принятой кинематики движения МТА. Рациональность принятой кинематики движения агрегата обеспечивает значительную экономию большинства ресурсов и улучшает экологию.



Структура расхода ресурсов при выполнении лесохозяйственных технологических процессов (ТСМ – топливно-смазочные материалы)

Важность затрат времени технологического процесса заключается в интенсивности его использования при выполнении заданного объема работ. С помощью затрат времени появляется возможность судить о скорости движения агрегата, сроках выполнения задания при применении той или иной технологии и МТА для ее реализации, также о качестве использования ресурсов.

Общеизвестна важность затрат энергии, вырабатываемой двигателем агрегата при «сжигании» дизельного топлива, на выполнение технологического процесса. Энергетическая оценка является одной из основных и влияет на выбор технологического процесса и МТА для его реализации. Она позволяет судить о рациональности как реализации потенциальных достижений агрегата к выполнению технологического процесса, так и рациональности параметров самого процесса.

Важную роль также играют затраты труда технологического процесса. Они показывают, с какой интенсивностью используются трудовые ресурсы, и характеризуют уровень механизации принятой технологии и приспособляемости агрегата к выполнению технологического процесса.

Значительный интерес представляют затраты металла на выполнение технологического процесса. С их помощью можно судить о количестве металла в массе технических средств, используемого на выполнение той или иной работы, и о конструктивном совершенстве применяемых машин или комплекта машин с позиции их массы.

При обслуживании МТА ведущую позицию занимают затраты материалов технологического процесса. Они оценивают интенсивность использования топливно-смазочных и расходных материалов по массе, что позволяет судить об экономии ресурсов и организации производства.

Информационные затраты на выполнение технологического процесса дают возможность судить о характере природно-производственных условий, организации ведения работ и прогнозировании эффективности применения выбираемых технологий и технических средств. Прежде всего, это данные о характеристике вырубки, отводимой под лесовосстановление, технологическая схема создания лесных культур и др. Переход на новые формы ведения лесного хозяйства вызвал рост стоимости подобных услуг.

Расход ресурсов на сохранение окружающей среды связан с эколого-лесоводственными затратами, которые направлены на соблюдение лесоводственных требований и ограничение негативных воздействий на экологию леса. Обычно здесь одновременно расходуется несколько ресурсов. Обобщающим эквивалентом, отражающих их суммарную стоимость, является единый ресурс в виде денежных затрат.

Денежные затраты технологического процесса обычно представляются в виде прямых и приведенных затрат. Они обобщают экономию ресурсов как на стадии выполнения работ, так и в целом, с учетом затрат на производство технических средств. В иерархической системе оценок данные затраты занимают обычно лидирующее положение.

Для оценки расхода ресурса используется его удельный показатель C , представляющий собой отношение количества ресурса, затраченного на выполнение работы за определенное время V , к количеству работы, выполненной за это же время Q :

$$C = V / Q .$$

При решении задач один из ресурсов обычно занимает по важности первостепенное значение, остальные становятся второстепенными. Так, при дефиците трудовых ресурсов данный ресурс становится главным, а при дефиците топлива для техники его место занимает энергетический ресурс, и т.д.

Однако в большинстве случаев в качестве главного критерия принимается минимум удельных приведенных затрат $q_{пр}$, которые определяются отношением затрат денежного ресурса в приведенном виде к производительности машины.

Удельные приведенные затраты отражают стоимость затрат ресурсов как на стадии выполнения работ, так и на стадии создания машин:

$$q_{пр} = C_{пр} / П \rightarrow \min .$$

Здесь $C_{пр}$ – затраты денежного ресурса в приведенном виде;

$П$ – производительность машины.

При решении задач на остальные удельные показатели накладываются ограничения по величине затрат ресурсов.

Выводы

1. Предложена структура расхода ресурсов при выполнении лесохозяйственных технологических процессов на лесокультурных площадях с помощью технических средств, которая отражает затраты на перемещение в пространстве (пути), времени, энергии, человеческого труда, металла, материалов, информации и на сохранение окружающей среды.

2. В качестве обобщающего критерия по целесообразности расхода ресурсов при работе лесохозяйственной машины предлагается использовать удельные приведенные затраты, определяемые отношением затрат денежного ресурса в приведенном виде, к производительности машины при выполнении конкретной работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зима И.М., Малюгин Т.Т.* Механизация лесохозяйственных работ. М.: Лесн. пром-сть, 1976. 416 с.
2. *Прохоров В.Б.* Эксплуатация машин в лесозаготовительной промышленности. М.: Лесн. пром-сть, 1976. 304 с.
3. *Саакян Д.Н.* Система показателей комплексной оценки мобильных машин. М.: Агропромиздат, 1988. 415 с.
4. *Свирицевский Б.С.* Эксплуатация машинно-тракторного парка. М.: Сельхозгиз, 1969. 660 с.

Поступила 11.10.11

V.N. Ivashchenko

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

Structure of Resources Allocated for Silvicultural Technological Processes

The paper substantiates the structure of resource allocation during silvicultural technological processes. The structure includes: distance covered, time- and energy consumption, expenditure of human labour, metal, information, and for nature protection. All of the above-mentioned costs apply to non-renewable resources. The total cash cost is chosen as the generalizing equivalent, reflecting the total value of these expenditures.

Keywords: structure of resource allocation, distance, time, energy, work, metal, materials, information, environment, cash cost.



МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 630*81

В.П. Рябчук¹, Т.В. Юскевич¹, В.М. Гриб²

¹ Национальный лесотехнический университет (НЛТУ) Украины

² Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

Рябчук Василий Петрович родился в 1939 г., окончил в 1968 г. Львовский лесотехнический институт, доктор с.-х. наук, профессор, заведующий кафедрой ботаники, древесиноведения и недревесных ресурсов леса НЛТУ Украины. Имеет больше 260 печатных работ, 2 патента на изобретения в области изучения недревесных ресурсов леса.
E-mail: botforest@ukr.net



Юскевич Тарас Васильевич родился в 1974 г., окончил в 1995 г. Украинский государственный лесотехнический университет, кандидат с.-х. наук, доцент кафедры ботаники, древесиноведения и недревесных ресурсов леса НЛТУ Украины. Имеет 40 печатных работ, 2 патента на изобретения в области изучения продуктивности и комплексного использования насаждений с участием интродуцированных видов сосны.
E-mail: Yuskevich_Taras@ukr.net



Гриб Владимир Макарович родился в 1958 г., окончил в 1981 г. Украинскую сельскохозяйственную академию, кандидат с.-х. наук, доцент кафедры технологии лесохозяйственного производства Национального университета биоресурсов и природопользования Украины. Имеет 60 печатных работ, 4 патента на изобретения в области совершенствования технологий воспроизводства сосновых насаждений.
E-mail: gribvm@ukr.net



ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ ВИДОВ РОДА СОСНА

Исследованы физические свойства (плотность, пористость, радиальная, тангентальная и объемная усушка древесины, теплотворная способность древесины, коры, хвои и шишек) видов рода сосна (с. Банка, с. Веймутова, с. жесткая, с. чёрная и с. обыкновенная), произрастающих в лесных насаждениях Украины.

Ключевые слова: интродуцированные виды сосны, радиальная, тангентальная и объемная усушка, плотность, пористость, теплотворная способность, древесина, кора, хвоя, шишки.

© Рябчук В.П., Юскевич Т.В., Гриб В.М., 2013

Объективные данные о физических свойствах древесины имеют большое значение для создания технологических процессов обработки древесины и решения других важных практических задач [17].

К физическим свойствам древесины, как известно, относят свойства, которые проявляются при взаимодействии ее с внешней средой, но не связанные с изменением химического состава древесинного вещества. Каждый вид древесных растений характеризуется видоспецифическими метамерами соответствующей формы и размеров, их анатомическим строением, что отличает его от других видов. Однако при исследовании роста и развития насаждений недостаточно одних наблюдений за органами растений, важно изучение изменений, которые происходят в закрытых частях растений, поскольку физико-механические свойства древесины существенно зависят от ширины годичного слоя, а особенно, от соотношения ранней и поздней древесины. Следует отметить, что указанные свойства древесины интродуцированных видов сосны, произрастающих в лесных насаждениях Украины, изучены недостаточно. Поэтому нами планировалось изучить основные физические свойства древесины интродуцированных видов сосны (с. Банка, с. Веймутова, с. жесткой, с. черной). В качестве контроля изучали данные свойства у древесины сосны обыкновенной.

Для проведения исследований нами были отобраны модельные экземпляры данных видов в преспевающих и спелых лесных насаждениях Львовского и Киевского областных управлений лесного хозяйства. Из отобранных модельных деревьев были изготовлены образцы для изучения физико-механических свойств древесины. Отбор модельных деревьев, изготовление образцов древесины и сами исследования осуществляли согласно установленным требованиям действующих стандартов. Методики исследований физических свойств древесины приведены ниже.

Первичная оценка способности древесины сопротивляться механическим нагрузкам, пропускать газы и жидкости, изменять размеры и форму, а также проявлять и другие свойства, может быть проведена на основе исследований ее макроскопического строения, к основным показателям которого относятся: количество годичных слоев в одном сантиметре, ширина годичных слоев, процент поздней части годичного слоя [5, 16, 18, 19]. Показатели макроскопического строения древесины изучали по методике В.Е. Вихрова, Б.Н. Уголева, А.А. Божка и И.С. Винтонова [2, 4, 5, 16, 17]. Количество годичных слоев древесины в 1 см определяли путем их подсчета на отрезке, процент поздней части древесины на участке измерения – по ширине поздних зон.

Согласно нашим исследованиям (табл. 1), наилучшие показатели прироста выявлены у деревьев с. Веймутова (2,6...3,4 мм). У деревьев с. черной и с. Банка средние значения этого показателя соответственно составляли 1,6...2,6 и 1,8...3,3 мм. Сосна обыкновенная характеризуется средним приростом 1,4...2,4 мм. Как известно, годичный прирост хвойных пород в разных условиях произрастания в основном увеличивается (или уменьшается) за счет

ранней зоны, которая приводит к изменению процента поздней древесины. С повышением ее содержания качество древесины улучшается [5, 16, 17, 19]. Деревья с более интенсивным ростом имеют пониженное содержание поздней части древесины. Так, древесина с. Веймутова имеет низкие показатели по проценту поздней части (27,2...30,3 %) в сравнении с древесиной с. черной и с. Банка (соответственно 36,0...44,0 и 33,5...41,2 %).

Исследователи [2, 13, 16] установили обратную связь количества годовичных слоев в 1 см с показателями физико-механических свойств древесины. Из данных табл. 1 видно, что наибольшее количество годовичных слоев в 1 см выявлено у деревьев с. черной (4,3...6,2 шт.), у деревьев с. Веймутова этот показатель составил 3,1...3,8 шт., с. жесткой – 3,5...5,3 шт., с. Банка – 3,4...5,9 шт. По данным наших наблюдений, у сосны обыкновенной количество годовичных слоев в 1 см колеблется от 2,2 до 7,6 шт. По данным Б.Н. Уголева и А.М. Боровикова [3, 16] количество годовичных слоев в 1 см древесины для с. обыкновенной в среднем по Украине составляет 5,1 шт. [3, 16].

Таблица 1

**Показатели макроскопического строения древесины
исследуемых видов сосны**

Вид сосны	Часть ствола	Средняя ширина годовичного слоя, мм		Количество годовичных слоев древесины, шт./см		Содержание поздней зоны годовичного слоя, %	
		Заболонь	Ядро	Заболонь	Ядро	Заболонь	Ядро
Банкса	Комель	1,8	3,0	5,6	3,9	42,9	40,2
	Середина	1,6	2,9	6,5	3,6	42,4	35,6
	Верх	1,9	3,9	5,6	2,7	38,4	24,8
Веймутова	<i>Среднее</i>	1,8	3,3	5,9	3,4	41,2	33,5
	Комель	3,0	2,6	3,7	3,8	28,8	26,0
	Середина	3,4	3,3	3,1	3,2	24,9	36,7
Жесткая	Верх	2,9	3,2	3,6	3,2	27,8	28,2
	<i>Среднее</i>	3,1	3,0	3,5	3,4	27,2	30,3
	Комель	1,8	3,0	5,7	3,4	42,1	42,6
Обыкновенная	Середина	1,9	2,6	5,6	3,8	37,8	39,0
	Верх	2,2	3,2	4,7	3,4	34,2	34,3
	<i>Среднее</i>	2,0	2,9	5,3	3,5	38,0	38,6
Черная	Комель	1,4	2,4	7,6	4,5	40,6	44,4
	Середина	1,8	2,2	6,5	5,3	30,7	33,6
	Верх	1,7	2,3	5,8	4,5	29,8	33,3
Черная	<i>Среднее</i>	1,6	2,3	6,6	4,8	33,7	37,1
	Комель	1,7	2,4	5,8	4,4	48,1	42,2
	Середина	1,7	2,9	6,1	3,6	44,9	31,7
Черная	Верх	1,5	2,5	6,8	4,9	38,9	34,0
	<i>Среднее</i>	1,6	2,6	6,2	4,3	44,0	36,0

Усушку определяли в соответствии со стандартами на малых образцах поперечного сечения 20×20 мм и высотой 30 мм. Необходимым условием было то, что годовые слои на поперечной плоскости должны быть параллельны двум граням образца и перпендикулярны двум противоположным. Влажность образцов доводили до предела насыщения клеточных оболочек путем намачивания образцов древесины в дистиллированной воде при комнатной температуре (20 ± 5) °С. Набухание контролировали, проводя два повторных контрольных замера в течение 3 сут. Древесину считали насыщенной при расхождении замеров менее чем на 0,02 мм. После вымачивания и перед проведением измерений поверхность образцов высушивали фильтровальной бумагой. Размеры замеряли с точностью до 0,01 мм. После этого образцы высушивали в сушильном шкафу при температуре (103 ± 2) °С в течение 1 сут. Процесс сушки считали законченным, когда разница контрольных замеров составляла менее 0,02 мм. Высушенные образцы охлаждали в герметичных сосудах и проводили замеры минимальных размеров. Усушку рассчитывали по известным формулам [2, 3, 17].

Таблица 2

Усушка (%) исследуемых видов сосны

Вид сосны	Часть ствола	Тангентальная (Т) и радиальная (Р)						Объемная		
		Полная		Влажная до нормальной		Коэффициент усушки		Полная	Влажная до нормальной	Коэффициент усушки
		Т	Р	Т	Р	Т	Р			
Банкса	Комель	7,6	4,5	4,3	3,1	0,25	0,15	12,6	8,1	0,42
	Середина	7,5	4,5	4,5	2,6	0,25	0,15	12,4	7,8	0,41
	Верх	6,3	4,6	4,1	2,5	0,21	0,15	11,3	7,1	0,38
Веймутова	<i>Среднее</i>	7,1	4,5	4,3	2,7	0,24	0,15	12,1	7,7	0,40
	Комель	7,7	3,2	5,2	1,8	0,26	0,11	11,2	7,4	0,37
	Середина	7,6	3,0	5,1	1,6	0,25	0,10	10,9	7,1	0,36
Жесткая	Верх	7,3	3,4	5,1	1,8	0,24	0,11	11,1	7,3	0,37
	<i>Среднее</i>	7,5	3,2	5,1	1,8	0,25	0,11	11,1	7,3	0,37
	Комель	7,6	5,0	5,0	3,0	0,25	0,17	13,3	8,5	0,44
Обыкновенная	Середина	7,7	3,9	5,0	2,3	0,26	0,13	12,1	7,8	0,40
	Верх	7,1	3,8	5,1	2,2	0,24	0,13	11,4	7,8	0,38
	<i>Среднее</i>	7,5	4,2	5,0	2,5	0,25	0,14	12,3	8,0	0,41
Черная	Комель	7,1	4,9	4,2	2,5	0,24	0,16	11,9	7,6	0,40
	Середина	6,7	4,2	4,2	2,7	0,22	0,14	10,6	7,9	0,35
	Верх	5,7	3,8	3,3	2,2	0,20	0,13	9,7	6,3	0,32
Черная	<i>Среднее</i>	6,5	4,3	3,9	2,5	0,22	0,14	10,7	7,3	0,36
	Комель	9,6	5,2	6,8	3,0	0,32	0,17	15,5	10,7	0,52
	Середина	8,0	4,7	5,6	2,9	0,27	0,16	13,1	9,0	0,44
	Верх	7,7	4,1	5,1	2,7	0,26	0,14	12,2	8,3	0,41
	<i>Среднее</i>	8,4	4,7	5,8	2,9	0,28	0,15	13,6	9,3	0,46

Согласно проведенным исследованиям и расчетам, объемная усушка древесины составила, мм: с. Банка – 9,1...13,7, с. Веймутова – 10,1...12,2, с. жесткая – 11,1...14,0, с. черная – 11,2...17,6, с. обыкновенная – 8,4...13,3 (табл. 2). Тангентальная усушка наибольшая у древесины с. черной (6,5...11,3 %), наименьшая – у с. Банка (5,1...8,2 %). По радиальной усушке древесину можно расположить в следующий ряд (по возрастанию), %: с. Веймутова (2,8...3,7), с. Банка (3,5...5,7), с. жесткая (3,6...5,4), с. черная (4,0...6,3).

По данным ученых [2, 3, 4], усушка древесины наиболее распространенных лесных пород в тангентальном направлении составляет 6,0...13,0 %, в радиальном – 3...7 %, вдоль волокон – 0,1...0,8 %, полная объемная усушка – 10,0...19,0 %.

Таким образом, древесина интродуцированных видов сосны, произрастающих в насаждениях Украины, характеризуется объемной усушкой, которая колеблется в пределах наиболее распространенных лесных пород.

Плотность относится к основным характеристикам древесины и отражает ее основные физические свойства, а также дает четкое представление о ее механических показателях. В целлюлозном производстве плотность древесного сырья определяет важный экономический показатель – выход целлюлозы, а также позволяет прогнозировать свойства и качество бумаги и древесностружечных плит. Кроме того, плотность древесины применяют для нормирования затрат использования сырья в ЦБП [13, 14, 17].

Известно, что плотность связана с пористостью древесины. Поэтому был произведен расчет пористости [2]. Результаты наших исследований приведены в табл. 3, на основании данных которой древесина исследуемых видов разместилась в следующем порядке по плотности (при влажности 12 %), кг/м³: с. Веймутова – 437, с. обыкновенная – 478, с. Банка – 524, с. жесткая – 551, с. черная – 588.

Исследования А.М. Боровикова и Б.Н. Уголева [3], занимавшихся изучением плотности и пористости древесины деревьев, произраставших на территории Украины, показывают, что для с. обыкновенной этот показатель составляет 439...504 кг/м³. По данным тех же исследователей, плотность древесины с. Банка и с. жесткой в Смоленской и Орловской областях соответственно составляет 475 и 495 кг/м³, с. крымской из Крыма – 644 кг/м³, с. черной с Кавказа – 634 кг/м³ [2, 3, 17]. Согласно данным европейских норм (EN 350-2), плотность древесины с. Веймутова при влажности 12 % – 400 кг/м³ (340...510 кг/м³), с. черной – 470 кг/м³ (400...600 кг/м³), с. обыкновенной – 520 кг/м³ (330...890 кг/м³) [4]. Приведенные данные свидетельствуют, что древесина с. черной имеет более высокую плотность, чем с. Банка и с. Веймутова. Вероятно, причина относительно низкой плотности древесины с. Веймутова заключается в особенностях строения кроны дерева, а также в процессе очистки ствола от сучьев. Породы с активно протекающими процессами очистки ствола от сучьев имеют значительный градиент плотности

Таблица 3

Плотность и пористость древесины исследуемых видов сосны

Вид сосны	Часть ствола	Плотность, кг/м ³					Объемная пористость, %
		при влажности		парциальная	базисная	в абс. сухом состоянии	
		комнатной	12 %				
Банкса	Комель	558	562	504	464	531	65,3
	Средина	525	529	475	438	500	67,2
	Верх	477	481	431	400	452	70,4
	<i>Среднее</i>	520	524	470	434	494	67,6
Веймутова	Комель	425	434	391	362	408	73,5
	Средина	422	430	387	360	404	73,6
	Верх	438	446	402	372	419	72,6
	<i>Среднее</i>	428	437	394	365	410	73,2
Жесткая	Комель	601	608	548	501	579	62,2
	Средина	514	519	467	431	490	68,0
	Верх	521	526	472	436	492	67,8
	<i>Среднее</i>	546	551	496	456	520	66,0
Обыкновенная	Комель	557	552	489	452	509	66,7
	Средина	454	450	401	369	412	73,1
	Верх	437	432	384	360	398	74,0
	<i>Среднее</i>	483	478	425	394	440	71,3
Черная	Комель	662	669	606	544	640	58,2
	Средина	567	575	520	474	544	64,4
	Верх	514	520	467	428	488	68,1
	<i>Среднее</i>	581	588	531	482	557	63,6

древесины вдоль ствола, а породы с замедленным процессом очистки от сучьев формируют ствол с более равномерным распределением плотности. Исходя из этого, близость кроны обеспечивает более интенсивное образование ранней древесины годичного слоя. Зона поздней древесины в этом же направлении сужается почти до полного исчезновения, что влечет за собою уменьшение плотности древесины [17].

Установлено, что плотность древесины различных видов сосны с увеличением высоты ствола уменьшается. Особенно четко выражена данная закономерность для комлевой древесины и срединной части ствола, что сказывается на показателях физико-механических свойств древесины.

Исходя из результатов исследований по изучению плотности древесины интродуцированных видов сосны, можно сделать вывод, что древесину данных видов можно использовать наряду с древесиной с. обыкновенной.

В период роста цен на природный газ, нефть и уголь – основные источники тепловой энергии промышленности, коммунального хозяйства, частного сектора, возникает насущная необходимость в использовании альтернативных источников. Важную роль в этом играет биомасса – продукты, полностью или частично состоящие из веществ растительного происхождения. Они могут быть использованы в целях преобразования содержащейся в них энергии [9, 20].

Украина в основном импортирует около 60 % энергоносителей. По международным критериям такой уровень не считается чрезмерным. Однако источником поставки основных объемов энергоносителей является одна страна. Поэтому уровень зависимости энергетики и экономики Украины в целом от импортных поставок энергоносителей является критическим. Таким образом, использование альтернативных источников энергии, в первую очередь местных видов топлива (торф, древесина, солома, отходы растительного происхождения сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности), в топливно-энергетическом балансе регионов – одно из возможных решений повышения уровня энергетической безопасности страны. Согласно данным [15], энергетический потенциал биомассы в Украине составляет более 23 млн т условного топлива в год, в том числе, %: энергетические культуры и отходы древесины – 6,7, солома зерновых культур – 4,6, другие отходы сельскохозяйственных культур – 5,2, жидкое топливо (биодизель, этанол) – 2,2, торф – 0,6, другие – 4,0 [1, 12, 15].

Исходя из сложившейся ситуации, правительством Украины принят план мероприятий по сохранению и эффективному использованию газа и нефтепродуктов. Существенное значение придано обеспечению эффективного использования в качестве топлива низкокачественной древесины и отходов при лесозаготовке и лесопилении [8, 15]. Таким образом, при условии недостаточного обеспечения страны собственными топливно-энергетическими ресурсами именно древесная биомасса становится одним из наиболее доступных, экономически оправданных и перспективных источников [1, 10, 11].

Следует отметить, что на энергетические цели могут быть использованы так называемые непригодные для дальнейшего применения отходы – кора, опилки, горбыли и др. [9, 11]. По данным И.В. Андрийчука, основным направлением использования 74 % отходов древесины может быть производство энергии [1, 6, 11]. Кроме того, оптимизация применения этих отходов позволит решить вопрос получения дополнительной тепловой энергии и улучшить показатели комплексного использования природных ресурсов [9].

Нашей целью было изучить теплотворную способность древесины, коры, хвои и шишек интродуцированных видов сосны.

Теплотворную способность этого материала определяли в абсолютно сухом состоянии при помощи автоматизированного калориметра ИКА-С2000. Древесину для исследования отбирали из образцов, использованных при изучении механических свойств древесины, а кору, хвою и шишки – из предварительно заготовленных модельных экземпляров. Усредненные результаты проведенных исследований, приведенные в табл. 4, свидетельствуют, что теплотворная способность коры, в зависимости от изучаемого вида, колеблется в пределах 4570...4722 ккал/кг. Высокой теплотворной способностью характеризуются шишки интродуцированных видов сосны. Высокая теплотворная способность отмечена у шишек с. Веймутова (5077 ккал/кг),

Таблица 4

Теплотворная способность (ккал/кг) древесины, коры, хвои и шишек исследуемых видов сосны

Вид сосны	Кора	Хвоя	Шишки	Заболонь			Ядро		
				Комель	Середина	Верх	Комель	Середина	Верх
Банкса	4722	4692	4425	4415	4405	4399	4414	4424	4414
Веймутова	4710	4570	5077	4436	4410	4461	4772	4423	4559
Жесткая	4570	4588	4332	4450	4373	4278	4710	4371	4409
Обыкновенная	4714	4341	4348	4414	4507	4463	4603	4591	4453
Черная	4596	4368	4280	4343	4378	4367	4403	4352	4488

самая низкая – у с. черной (4280 ккал/кг). По нашим данным, теплотворная способность хвои изучаемых видов составляет от 4368 ккал/кг (с. черная) до 4692 ккал/кг (с. Банкса). Данный показатель для хвои с. обыкновенной 4341 ккал/кг.

Теплотворная способность древесины интродуцированных видов является более стабильной и незначительно меняется от комля к верхушке. Несколько ниже теплотворная способность с. жесткой, в частности заболонной древесины, которая размещена в верхней части ствола (4278 ккал/кг).

Характерно также то, что ядровая древесина у всех видов характеризуется несколько большей теплотворной способностью по сравнению с заболонной древесиной (табл. 4). Следует отметить, что при сжигании просмоленных шишек или древесины, по нашим данным, теплотворная способность повышается до 5558...6596 ккал/кг. По нашему мнению, именно наличие смолы и объясняет несколько большую теплотворную способность ядровой древесины по сравнению с заболонной.

По данным ученых [2, 3, 4], теплота сгорания единицы массы абс. сухой древесины составляет 19,6...21,4 МДж/кг (4682...5111 ккал/кг), с. обыкновенной – 20,6 МДж/кг (4918 ккал/кг). Также они отмечают, что если древесина хвойных имеет повышенную смолистость, то и теплота ее сгорания будет выше.

Теплота сгорания коры в основном идентична древесине соответствующей породы [3]. Однако, по данным А.В. Житкова [7], теплота сгорания коры с. обыкновенной, определенная опытным путем, составляет 21,9 МДж/кг (5230 ккал/кг), расчетным – 23,3 МДж/кг (5565 ккал/кг).

Необходимо обратить внимание на относительно высокую теплотворную способность не только древесины, но и коры, хвои и шишек, которые традиционно считаются отходами и непосредственно сжигаются на лесосеках при выполнении различных видов рубок. По нашему глубокому убеждению, такой подход не соответствует пути комплексного и эффективного использования лесных ресурсов. Поэтому в дальнейшем целесообразно их непосредственное использование для получения дополнительной тепловой энергии на

местном уровне. Кроме того, необходимо использовать данное сырье для изготовления различных видов твердого искусственного топлива.

Таким образом, результаты изучения физических свойств древесины исследуемых видов сосны позволяют расширить и наметить пути рационального использования сырья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Андрійчук І.В.* Ефективність використання альтернативних паливно-енергетичних ресурсів в регіоні (на прикладі Івано-Франківської області) : автореф. дис. ... канд. екон. наук. Львів, 2006. 17 с.
2. *Божок О.П., Вінтонів І.С.* Деревинознавство с основами лісового товарознавства. К.: НМК ВО, 1992. 320 с.
3. *Боровиков А.М., Уголев Б.Н.* Справочник по древесине. М.: Лесн. пром-сть, 1989. 296 с.
4. *Вінтонів І.С., Сопушинський І.М., Тайшингер А.* Деревинознавство. Львів: РВВ УкрДЛТУ, 2005. 256 с.
5. *Вихров В.Е.* Диагностические признаки древесины главнейших и лесопромышленных пород СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 132 с.
6. *Гомонай В.В.* Погляд на виробництво твердого біопалива з деревних відходів // *Нау. вісник НЛТУ України* : зб. наук.-техн. праць. Львів : РВВ НЛТУ України, 2009. Вип. 19.3. С. 113–117.
7. *Житков А.В.* Утилизация древесной коры. М.: Лесн. пром-сть, 1985. 136 с.
8. Закон України «Про альтернативні джерела енергії» № 555-IV від 20.02.2003 р. із змінами від 25.09.2008 // ВВР. 2009. № 13. Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/555-15>.
9. Керівництво щодо використання деревної біомаси для вироблення енергії для Карпатського регіону / В. Гондурак, [та ін.]. К., 2001. 55 с.
10. *Коржов В.Л.* Значення біомаси дерев у процесі оптимізації енергетичного балансу України // *Наук. праці Лісівничої академії наук України*. Львів: РВВ НЛТУ України, 2008. № 6. С. 20–24.
11. *Максимів Ю.В.* Напрями розвитку альтернативних джерел енергії: акцент на твердому біопаливі з деревної біомаси // *Наук. вісник НЛТУ України*: зб. наук.-техн. праць. Львів : РВВ НЛТУ України, 2010. Вип. 20.8. С. 106–115.
12. *Передерій Н.О.* Формування ринку альтернативних джерел енергії з біомаси в Україні : автореф. дис. ... канд. екон. наук. К., 2009. 19 с.
13. *Перельгин Л.М.* Строение древесины. М.: Изд-во АН СССР, 1954. 198 с.
14. *Полубояринов О.И.* Плотность древесины. М.: Лесн. пром-сть, 1976. 160 с.
15. Програма по організації виробництва та використання місцевих поновлювальних видів палива. Київ, 2009. Режим доступу : <http://govuadocs.com.ua>
16. *Уголев Б.Н.* Древесиноведение с основами лесного товароведения. М.: Лесн. пром-сть, 1986. 368 с.
17. *Уголев Б.Н.* Испытания древесины и древесных материалов. М.: Лесн. пром-сть, 1965. 251 с.
18. *Федоров Н.И.* Ход роста и физико-механические свойства древесных культур сосны веймутовой и сосны обыкновенной // *Сб. науч. работ / БелЛТИ. Минск: Изд-во БелГУ, 1958. Вып IX. С. 165–175.*

19. Чавчавадзе Е.С. Древесина хвойных. Морфологические особенности, диагностическое значение. Л.: Наука, 1979. 192 с.

20. Biomass Energy – Focus on Wood Waste. Energy Efficiency and Renewable Energy. U.S. Department of Energy, July 2004. Режим доступа: http://www1.eere.energy.gov/femp/pdfs/bamf_woodwaste.pdf

Поступила 17.05.13

V.P. Ryabchuk¹, T.V. Yuskevich¹, V.M. Grib²

¹National Forestry University of Ukraine

²National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Physical Properties of Pine Wood

The paper studies physical properties (density, porosity, radial, tangential and volumetric shrinkage, as well as calorific value of wood, bark, needles and cones) of pine species (gray pine, white pine, pitch pine, Austrian pine and Scots pine) growing in Ukraine.

Keywords: alien pine species, shrinkage, radial shrinkage, tangential shrinkage, volumetric shrinkage, density, porosity, calorific value, wood, bark, needles, cones.

УДК 674.026

А.А. Фомин

Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых

Фомин Анатолий Анатольевич родился в 1982 г., окончил в 2004 г. Владимирский государственный университет, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения Владимирского государственного университета им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых. Имеет 30 печатных работ, в том числе 2 монографии и 7 патентов РФ в области механической обработки крупных отходов лесопиления и деревообрабатывающего оборудования.
E-mail: fomin1@mail.ru



МЕТОДОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПЕРИФЕРИЙНЫХ СЕГМЕНТОВ

Разработана методология построения эффективной механической обработки периферийных сегментов, образующихся в результате продольного раскроя бревен, реализация которой позволяет получать качественную продукцию из отходов древесины, снижать затраты на электроэнергию и повышать производительность процесса обработки.

Ключевые слова: периферийный сегмент, крупные отходы лесопиления, механическая обработка, система автоматического управления.

Производство качественной древесной продукции из крупных отходов древесины, в частности периферийных сегментов, позволит существенно повысить конкурентоспособность отечественной деревообрабатывающей промышленности и получить значительную прибыль в масштабах Российской Федерации.

В настоящее время увеличиваются объемы научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, направленных на создание эффективного оборудования и технологии механической обработки крупных отходов лесопиления. Уже созданы модели пильно-фрезерных станков, которые прошли сертификацию и апробацию в условиях деревообрабатывающих предприятий, при этом эффективность использования новых разработок в значительной степени зависит от научно-обоснованных рекомендаций по построению технологических процессов и оптимизации режимов резания.

На сегодняшний день известны станки для механической обработки периферийных сегментов, однако их компоновка и принцип функционирования не обеспечивают геометрической точности изделия, высокой производительности процесса и простоты его реализации. Это объясняется, во-первых, тем,

что периферийный сегмент непредсказуемой формы и размеров устанавливаются и закрепляются в станочном приспособлении, после чего заготовку перемещают со скоростью рабочей подачи относительно режущего инструмента, во вторых, требуемое пространственное положение заготовки относительно инструмента обеспечивается точным направлением рабочего стола с приспособлением.

Указанные обстоятельства приводят к затратам большого количества вспомогательного времени на выполнение технологической операции вследствие необходимости установки, выверки и закрепления каждой заготовки, подлежащей механической обработке. В результате этого производительность процесса фрезерования периферийного сегмента значительно снижается. Применение станочного приспособления, достаточно точно перемещающегося относительно режущего инструмента, обеспечивает технологическую надежность выпускаемой продукции, однако существенно усложняет конструкцию станка, что отражается на себестоимости готового изделия.

Для повышения производительности процесса механической обработки крупных отходов лесопиления, упрощения оборудования при соблюдении требований к качеству готового изделия нами предложен способ [3] и станок [1], позволяющие устранять отмеченные недостатки действующего производства. Более высокая производительность и простота оборудования достигаются применением скользящей схемы базирования заготовки с наибольшей длиной направляющей технологической базы. Разработанная схема скользящего базирования обеспечивает требуемую точность пространственного расположения заготовки относительно режущего инструмента и исключает необходимость применения станочного приспособления для закрепления периферийного сегмента.

Реализация предложенных решений потребовала проведения научных исследований, на основании которых была разработана методология построения эффективного процесса механической обработки крупных отходов лесопиления.

Для построения эффективного процесса механической обработки крупных отходов лесопиления необходимы следующие исходные данные:

тип производства, определяемый коэффициентом закрепления операций и зависящий от годового объема периферийных сегментов, подлежащих механической обработке;

характеристика свойств заготовки (сорт обрабатываемой древесины, сбежистость, влажность, распределение сучков по криволинейной неокоренной поверхности, максимальные перепады снимаемого припуска и др.);

модель и техническая характеристика станка для обработки отходов лесопиления (производительность, скорость рабочей подачи заготовки, частота вращения элементов кинематических цепей, мощность установленных электродвигателей, наличие или отсутствие системы автоматического управления скоростью подачи заготовки, наклоном шпиндельного узла станка и др.);

технологические требования к обработанному изделию (геометрические размеры с допусками, показатели геометрической точности обработанных поверхностей (шероховатость, волнистость, отклонение профиля продольного и поперечного сечений), отсутствие прижогов поверхностного слоя и др.).

Для построения эффективного процесса механической обработки крупных отходов лесопиления необходимо соблюдать следующие научно-обоснованные рекомендации:

обеспечивать устойчивое базирование заготовки при обработке путем использования схемы скользящего базирования, характеризующейся комплектом технологических баз и наибольшей протяженностью направляющей технологической базы;

применять встречную схему фрезерования с обеспечением прижатия шпиндельного узла к подвижной направляющей «ласточкин хвост» путем направленного воздействия рабочей силовой нагрузки на технологическую систему;

обеспечивать высокую изгибную жесткость системы станок–приспособление–инструмент–заготовка путем применения зеркального пространственного отображения компоновки шпиндельного узла базовой модели станка, размещения напротив режущего инструмента дополнительной металлической опорной пластины для безрезонансного протекания процесса обработки;

применять при снятии припуска $Z \leq 15$ мм автоматическое управление скоростью подачи заготовки, основанное на ПИ-законе, а при $Z > 15$ мм – на ПИД-законе управления. Наиболее предпочтительной из технологических условий процесса механической обработки периферийного сегмента и работы самой системы управления является система автоматического регулирования (САУ) [2], основанная на ПИ-законе управления скоростью подачи заготовки, вследствие чего эта система используется в разработанном станке [1];

уменьшать модули главного вектора $D_{ст}$ и главного момента дисбалансов M_D режущего инструмента путем корректировки масс. При этом, в целях упрощения, корректировку углов векторов $D_{ст}$ и M_D проводить не следует, поскольку изменение углов при любом режиме фрезерования не оказывает влияния на уровень вибрации элементов технологической системы и конечные геометрические погрешности обработанных поверхностей, а сказывается лишь на дислокации этих погрешностей на обработанной поверхности;

при высоких требованиях к микрогеометрии обработанной поверхности (высота неровностей $R_z \leq 100$ мкм) балансировку режущего инструмента производить в двух плоскостях коррекции с компенсацией статической и моментной неуравновешенности шпиндельного узла, при невысоких требованиях ($R_z > 100$ мкм) – в одной плоскости коррекции с компенсацией главного вектора дисбалансов инструмента;

применять конструкцию режущего инструмента, обеспечивающую точное его центрирование на шпинделе станка путем использования цанговых

зажимов, упругие элементы которых обжимают цилиндрическую посадочную шейку шпинделя и выбирают радиальные зазоры в соединении шпинделя с фрезой;

при проектировании режущего инструмента следует назначать минимальный угловой шаг между смежными режущими зубьями и максимально возможное их число в инструменте, для чего использовать модульный принцип конструирования с возможностью поворота модулей относительно друг друга;

для снижения кинематической составляющей геометрической погрешности изделия уменьшать глубину резания и скорость продольной подачи заготовки, увеличивать частоту вращения и число режущих зубьев фасонной фрезы, а также применять систему автоматического управления рабочей подачей заготовки;

для уменьшения разброса толщины поперечного сечения изделия из периферийного сегмента следует использовать конструкцию станка с начальным наклоном оси шпиндельного узла к горизонтальной плоскости в направлении приближения инструмента к обрабатываемой заготовке [5].

С учетом выбранного закона управления рабочей подачей заготовки рекомендуется использовать разработанную нами программу управления станком, предназначенную для выполнения управления режимами резания, а также функциями, обеспечивающими соблюдение требований безопасности, предъявляемых к деревообрабатывающему оборудованию.

После выполнения предложенных выше рекомендаций по разработанным номограммам назначаем скорость рабочей подачи заготовки. В верхней части номограммы сплошными линиями (рис. 1, *а*) изображена зависимость мощности резания P_p от скорости подачи заготовки S , штрихпунктирной линией – изменение мощности резания при обработке периферийного сегмента, содержащего 20 % сучков. По изменению силы тока, потребляемого электродвигателем главного движения фасонной фрезы, определяем мощность резания P_p (т. *A*), отличающуюся от мощности двигателя $P_{дв}$ на величину потерь холостого хода. Находим кривую (для ствольной однородной древесины), проходящую через т. *B*, абсцисса которой равна значению мощности резания. Ордината т. *B* равна фактической (рабочей) скорости подачи заготовки S .

Тангенс угла наклона выбранной кривой задает изменения скорости подачи для вывода электродвигателя на работу с номинальной мощностью (т. *C*).

Максимально допустимую скорость рабочей подачи периферийного сегмента находим, пользуясь номограммой (рис. 1, *б*). Изменение приращения мощности в единицу времени при появлении в зоне обработки сучков (линия *I*), а также заготовки с припуском, значительно

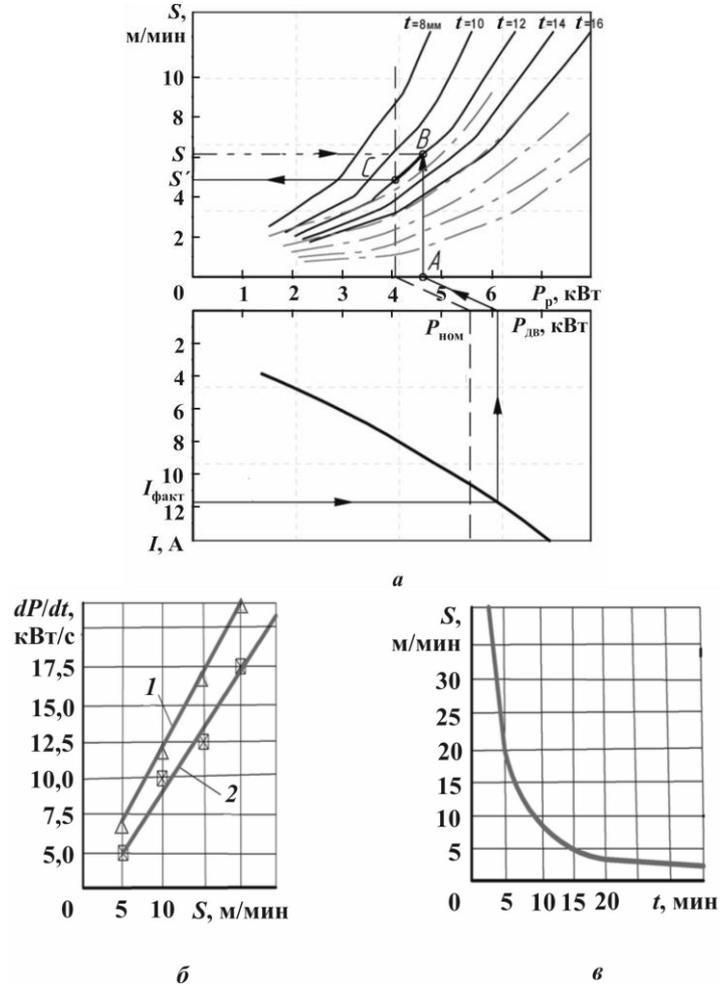


Рис. 1. Номограммы для определения скорости рабочей подачи: а – заготовки, б – максимально допустимой скорости, в – скорости в функции глубины резания

превышающим припуск предыдущей заготовки (линия 2), находим по формуле

$$\frac{\partial P}{\partial t} \leq \frac{P_{\max} - P_{\text{НОМ}}}{T},$$

где $\frac{\partial P}{\partial t}$ – приращение мощности резания в единицу времени при появлении в зоне обработки сучков или большого припуска;
 $P_{\text{НОМ}}$ – номинальная (по паспорту) мощность электродвигателя;
 T – время переходного процесса в системе управления.

Полученному значению приращения мощности в единицу времени соответствует только одна скорость подачи, определяемая по графику (рис. 1, б).

По графику (рис. 1, в) определяем скорость рабочей подачи в зависимости от глубины резания t при постоянной мощности фрезерования.

Последовательность практического применения методологии рассмотрена в работах [4, 5]. В качестве примера приведем решение одного из важнейших этапов методологии, который определяет схему построения технологического процесса механической обработки периферийного сегмента. Вследствие применения принципа концентрации переходов механическая обработка периферийного сегмента выполняется на одном станке, при этом в результате анализа возможных технологических схем обработки обоснована и принята схема, представленная на рис. 2, которая обеспечивает устойчивое базирование заготовки с использованием скользящего базирования, характеризующегося комплектом баз и наибольшей протяженностью направляющей технологической базы.

В начале процесса обработки в заготовку 6 врезаются ролики 5, 7, имеющие заострение по «экватору» и прижимающие заготовку к зубчатым вальцам 8 и 9, т. е. ролики 5, 7 сочетают в себе функцию направления заготовки и силового ее замыкания. При вращении зубчатых вальцов 8, 9 с угловой скоростью ω_p заготовка, перемещаясь по стрелке D_s , вступает в контакт с фасонной фрезой 10, которая, вращаясь по стрелке D_{r1} , осуществляет обработку неокоренной поверхности по дуге окружности. В непосредственной близости от фрезы, установлен фасонный прижимной ролик 4, имеющий образующую, совпадающую с криволинейным контуром режущих зубьев инструмента.

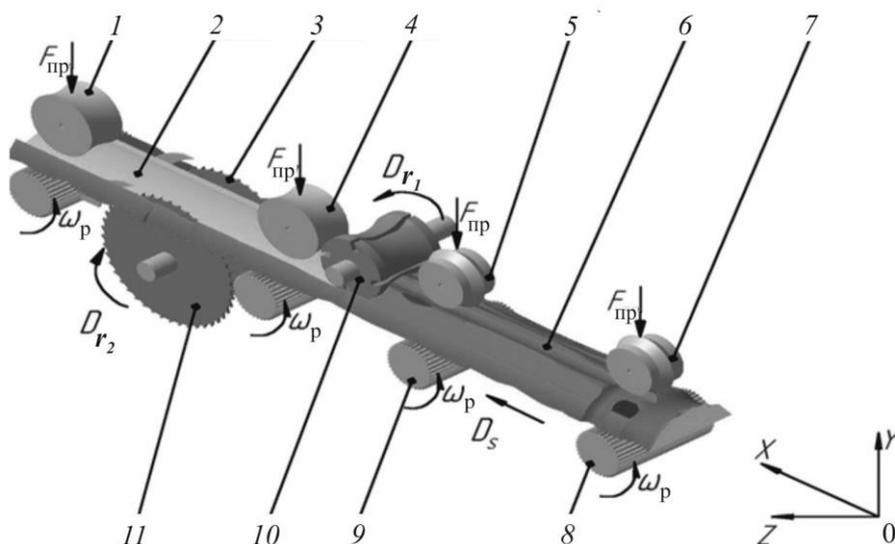


Рис. 2. Технологическая схема механической обработки периферийного сегмента

После фасонной фрезы 10 расположены пилы 3, 11, которые вращаются по стрелке D_{r_2} и отрезают неровные края заготовки. В конце зоны обработки установлен ролик 1, имеющий профиль, аналогичный профилю ролика 4. Ролики 1 и 4 контактируют с обработанной поверхностью 2, обеспечивая устойчивое направление заготовки по оси X и воспринимая поперечные силы резания, действующие в направлении оси Z. Рассмотренная технологическая схема обеспечивает производительную и безрезонансную обработку периферийного сегмента, а также простоту конструкции станка.

Результаты исследований, последующая их экспериментальная проверка, испытания и внедрение разработок [1–3] показали, что реализация предложенной методологии обеспечивает повышение производительности процесса обработки в 1,6 раза, снижение затрат на электроэнергию на 28 % [4, 5] и уменьшение отходов древесины, что сказывается на снижении объема вырубki лесов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 95589 РФ, МПК В 27 С 1/00. Станок для первичной обработки периферийного сегмента / Фомин А.А., Гусев В.Г.: заявл. 11.03.10; опубл. 10.07.10. Бюл. № 19. с.
2. Пат. 2416512 РФ, МПК В 27 С 1/00. Система автоматического регулирования мощности фрезерования при обработке периферийного сегмента / Фомин А.А., Гусев В.Г.; заявл. 25.01.10; опубл. 20.04.11. Бюл. № 11. 3 с.
3. Пат. 2443547 РФ, МПК В 27 С 1/00. Способ первичной обработки периферийного сегмента / Фомин А.А., Гусев В.Г.; заявл. 11.03.10; опубл. 27.02.12. Бюл. № 6. 3 с.
4. Фомин А.А., Гусев В.Г. Механическая обработка отходов древесины // Избр. тр. Всерос. конф. по проблемам науки и технологий. М.: РАН, 2011. 128 с.
5. Фомин А.А. Оборудование и технология механической обработки отходов лесопиления: моногр. М.: Машиностроение, 2013. 206 с.

Поступила 18.12.12

A.A. Fomin

Vladimir State University

Methodology for the Process of Machining of Peripheral Segments

A methodology has been developed for effective machining of peripheral segments, allowing us to receive quality products from wood waste, reduce energy costs and improve machining productivity.

Keywords: peripheral segment, large wood waste, machining, automatic control system.



ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 544.472:547.992.3

С.А. Покрышкин¹, К.Г. Боголицын^{1,2}, Ю.Г. Хабаров¹

¹ Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

² Институт экологических проблем Севера УрО РАН

Покрышкин Сергей Александрович родился в 1987 г., окончил в 2009 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры теоретической и прикладной химии Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет 2 публикации в области ферментативной кинетики и катализа.
E-mail: serge.physchem@yandex.ru



Боголицын Константин Григорьевич родился в 1949 г., окончил в 1971 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор химических наук, профессор, директор ИЭПС УрО РАН, проректор по научной работе и заведующий кафедрой теоретической и прикладной химии Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, заслуженный деятель науки РФ. Имеет более 480 научных работ в области развития фундаментальных принципов «зеленой» химии и разработки физико-химических основ процесса переработки древесины.
E-mail: bogolitsyn@icpn.ru



Хабаров Юрий Германович родился в 1950 г., окончил в 1972 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор химических наук, профессор, профессор кафедры технологии ЦБП Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет 180 печатных работ в области химии древесины, органической и аналитической химии.
E-mail: khabarov.yu@mail.ru



ОКИСЛЕНИЕ ЛИГНИНА ПЕРОКСИДОМ ВОДОРОДА В СРЕДЕ ВОДА–ДМСО В ПРИСУТСТВИИ ПЕРОКСИДАЗЫ ХРЕНА*

Показано сохранение активности фермента при наличии в растворе до 30 % ДМСО в реакции окисления лигнина, установлена возможность ферментативного окисления олиго- и полимерных препаратов лигнина.

Ключевые слова: фермент, пероксидаза, лигнин, диметилсульфоксид.

Задача мониторинга качества вод промышленных предприятий в настоящее время является актуальной. На предприятиях ЦБП токсичные фенольные компоненты в технологических водах обнаруживаются на всем протяжении

*Работа выполнена в Центре коллективного пользования научным оборудованием (ЦКП НО) «Арктика» Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова при поддержке Минобрнауки РФ.

© Покрышкин С.А., Боголицын К.Г., Хабаров Ю.Г., 2013

нии технологического процесса. После удаления легкоокисляемых мономерных фенолов сточные воды содержат большое количество лигнинных веществ, которые накапливаются в водоемах. Разрушение их под действием ультрафиолетового излучения солнца, микроорганизмов, окисления кислородом воздуха создает постоянный фон токсичных компонентов и снижает уровень кислорода в водоеме [2, 4, 5]. Поэтому определение содержания олиго- и полимерных лигнинных веществ является актуальным с точки зрения как оптимизации технологии, так и экологического мониторинга [6]. Одно из перспективных направлений – использование биосенсоров, основанных на ферментах, позволяет повысить экспрессность, увеличить чувствительность и селективность анализа [17].

Классические растительные пероксидазы, в частности пероксидаза из корней хрена (HRP), обладают высокой стабильностью, более высоким рН-оптимумом и возможностью окисления фенольных соединений непосредственно, без медиаторов или вторых субстратов [11, 15]. Фермент пероксидаза (КФ 1.1.11.7) широко применяется в иммуноферментном анализе [12, 21], при конструировании ферментных электродов [13, 16, 20], создании биомаркеров [14]. Нативная пероксидаза хрена катализирует окисление пероксидом водорода широкого круга фенольных субстратов [3, 19]. Для окисления малорастворимых в воде высокомолекулярных фенольных соединений перспективно использование водно-органических смешанных растворителей. Одним из хорошо известных растворителей для лигнинов является ДМСО [8]. В работах [1, 9, 18] показана возможность окисления фенольных соединений пероксидазой хрена в водно-органических средах.

Цель данной работы – изучить процесс окисления лигнина в бинарном растворителе вода–ДМСО в присутствии пероксидазы хрена и возможность применения данного фермента для создания новых методик определения лигнина. В качестве объекта исследования была выбрана пероксидаза HRP (КФ 1.1.11.7) – гем-содержащий фермент, относящийся к классу пероксидаз растений.

В работе использовали коммерческий препарат С2 пероксидазы хрена (ВВИ «Enzymes») со спектральным показателем чистоты $R_z = 2,30$. Активность фермента определяли по скорости реакции окисления гваякола пероксидом водорода [10].

Концентрацию пероксида водорода контролировали спектрофотометрическим методом с использованием 2-лучевого УФ спектрофотометра Specord250Plus («Analytik Jena») по полосе поглощения 230 нм (молярный коэффициент поглощения $72,7 \text{ M}^{-1}\cdot\text{см}^{-1}$). В качестве субстрата применяли гваякол производства «Sigma-Aldrich». Реактивы соответствовали квалификации «ос.ч.».

Параметры проведения ферментативной реакции соответствовали определенным ранее [7]. Реакцию пероксидазного окисления лигнина (концентрация $(5 \dots 500) \cdot 10^{-3} \text{ г/л}$) пероксидом водорода ($0,1 \cdot 10^{-3} \text{ М}$) проводили при температуре $25 \text{ }^\circ\text{C}$ в среде фталатного буферного раствора ($0,1 \text{ М}$) при concentra-

ции ДМСО 30 % масс. Процесс инициировали введением пероксидазы хрена (0,015 мг/мл) при объеме реакционной смеси 3 мл. Запись спектров и кинетических кривых окисления гваякола производили на Specord250Plus. За ходом реакции следили по поглощению в области характеристической полосы продукта ферментативного окисления гваякола. Начальную скорость реакции рассчитывали по результатам измерений тангенса угла наклона начального линейного участка кинетической кривой.

Молекулярно-массовое распределение анализировали методом эксклюзионной хроматографии* с использованием ВЭЖХ системы LC-20 («Shimadzu», Япония), оснащенной насосом LC-20 ADsp, автосамплером SIL-20A, термостатом колонок СТО-20А, спектрофотометрическим детектором SPD-20А. Разделение проводили на колонке Styragel (300×4,6 мм), заполненной стиролди-винилбензолным гелем с диаметром частиц 5 мкм («Waters», США) при температуре 50° С. В качестве элюента использовали диметилформамид с добавкой бромид лития (0,05 М) для подавления полиэлектролитных эффектов. Объем вводимой пробы – 10 мкл, концентрация – 1 мг/мл. Система отградуирована с использованием монодисперсных стандартов полистирола в диапазоне молекулярных масс от 100 до 100 тыс. Да. Детектирование осуществляли при длине волны 280 нм. Данные собирали и обрабатывали с использованием программного обеспечения WinGPC (PSS, Германия).

В качестве модельных субстратов фермента использовали образцы диоксанлигнина, сульфатного лигнина, лигносульфоната, выделенных из ели, и натронного лигнина пшеничной соломы. Готовили растворы препаратов лигнина в ДМСО с концентрацией 10 г/л, которые добавляли в реакционную смесь до получения требуемой концентрации лигнина. Раствор

лигнина в присутствии пероксида водорода без добавления фермента оставался стабильным в течение 3 ч. При добавлении в реакционную смесь пероксидазы хрена наблюдалось увеличение оптической плотности в области 400...600 нм (рис. 1). В процессе ферментативного окисления в спектрах

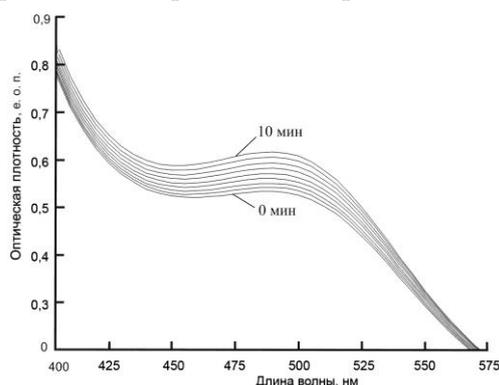


Рис. 1. Электронные спектры поглощения продуктов ферментативного окисления диоксанлигнина в 30 %-м водном растворе ДМСО (продолжительность реакции варьировали от 0 до 10 мин)

* Авторы выражают благодарность м.н.с. ЦКП НО «Арктика» Н. В. Ульянову за анализ проб методом эксклюзионной ВЭЖХ.

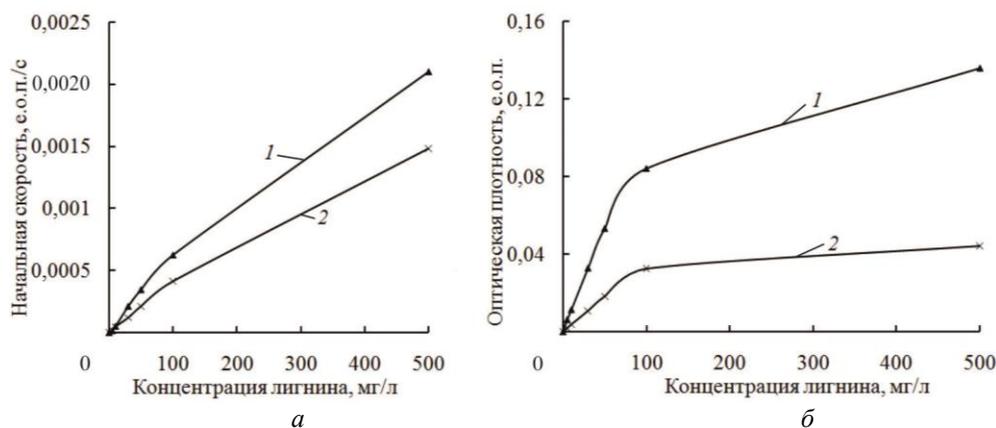


Рис. 2. Зависимость начальной скорости реакции (а) и максимальной оптической плотности реакционной смеси (б) от концентрации сульфатного лигнина (1) и диоксанлигнина (2)

проявлялся максимум при 490 нм, отсутствующий в исходных спектрах и использованный в дальнейшем для определения скорости реакции.

В диапазоне концентраций препаратов лигнина 5...500 мг/л была определена скорость протекания реакции, построены зависимости начальной скорости реакции и максимальной оптической плотности реакционной смеси от концентрации лигнина (рис. 2).

В ходе реакции для образцов диоксанлигнина и сульфатного лигнина было обнаружено увеличение оптической плотности, для образцов лигносульфоната и натронного лигнина признаков протекания реакции не обнаружено. Это можно объяснить ионной формой фенольных ОН-групп в оптимальном для фермента диапазоне рН. В диапазоне концентраций лигнина от 5 до 100 мг/л полученные зависимости начальной скорости (V_0) и максимальной оптической плотности (D_{max}) от концентрации лигнина (рис. 2) являются линейными, выходящими из центра координат, и описываются уравнениями вида

$$V_0 = ax \text{ и } D_{max} = bx.$$

Угловые коэффициенты a и b приведены в табл. 1. Отклонение экспериментальных точек от линейной зависимости при высоких концентрациях

Таблица 1
Параметры зависимостей начальной скорости и максимальной оптической плотности от концентрации лигнина

Коэффициент	Диоксанлигнин	Сульфатный лигнин
a	$4,16 \cdot 10^{-6}$	$6,42 \cdot 10^{-6}$
b	$3,63 \cdot 10^{-4}$	$1,06 \cdot 10^{-3}$

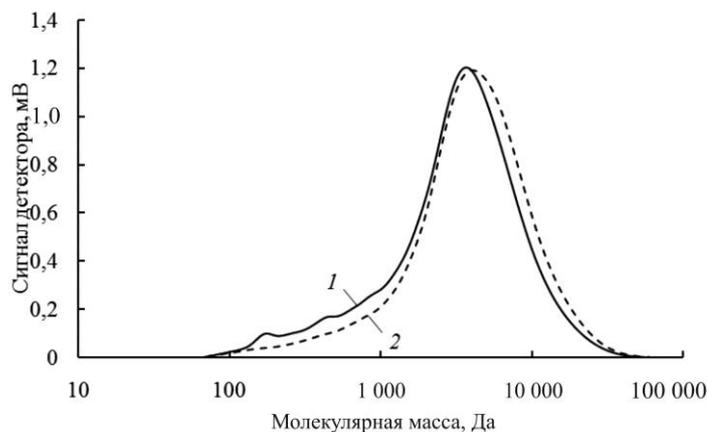


Рис. 3. Молекулярно-массовое распределение препарата диоксанлигнина до реакции (1) и через 60 мин после начала реакции (2)

лигнина обусловлено насыщением субстрат-связывающих сайтов фермента. Полученные данные создают предпосылки для разработки метода определения содержания лигнинных веществ после перевода их в раствор в системе вода–ДМСО.

Для препарата диоксанлигнина дополнительно методом эксклюзионной хроматографии было изучено изменение молекулярно-массового распределения в ходе реакции. Полученные результаты свидетельствуют об уменьшении доли низкомолекулярных фракций и некотором возрастании молекулярной массы препарата лигнина при снижении степени его полидисперсности (рис. 3, табл. 2), что свидетельствует о совместном протекании процессов окисления и полимеризации лигнина под действием фермента, а также о вступлении в реакцию не только низко-, но и высокомолекулярных фрагментов лигнина.

Таблица 2

Молекулярно-массовые характеристики препарата диоксанлигнина

Показатель	Значение показателя	
	до окисления	после окисления
Молекулярная масса, Да:		
M_n	1 540	2 030
M_w	4 660	5 480
M_z	9 040	10 100
Полидисперсность	3,0	2,7

Выводы

Показано, что фермент (пероксидаза хрена) проявляет активность в реакциях окисления лигнинных веществ при значительном содержании ДМСО в растворе (до 30 %).

Установлено, что ферментативному каталитическому окислению могут быть подвержены как мономерные фенолы, так и олиго- и полимерные препараты, находящиеся в исследуемом растворе.

Полученные результаты свидетельствуют о перспективности разработок ферментативных биосенсоров для определения лигнина в водно-органических средах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Веселова И.А., Кирейко А.В., Шеховцова Т.Н.* Повышение каталитической активности и стабильности пероксидазы хрена за счет включения ее в полиэлектролитный комплекс с хитозаном // Прикладная биохимия и микробиология. 2009. Т. 45, № 2. С. 143–148.
2. *Грушко Я.М.* Сброс лигнина в водоемы с промышленными сточными водами // Влияние фенольных соединений на гидробионтов. Иркутск, 1981. С. 109–116.
3. Использование пероксидаз различного происхождения для определения фенолов / Т.Н. Шеховцова [и др.] // Журн. аналит. химии. 1994. Т. 49, № 12. С. 1317–1323.
4. *Калинкина Н.М.* Эколого-токсикологическая оценка опасности сульфатного лигнина для гидробионтов: автореф. дис. ... канд. хим. наук. М., 1993. 22 с.
5. *Криульков В.А., Каплин В.Т., Ганин Г.И.* Механизм превращения лигнина и его производных в природной среде // Химия и использование лигнина. Рига.: Зинатне, 1974. С. 397–408.
6. Оптимизация нормирования сброса стоков предприятий ЦБП в водотоки / Т.Ф. Личутина, И.В. Мискевич, О.С. Бровко, М.А. Гусакова. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. 212 с.
7. *Покрышкин С.А., Боголицын К.Г., Аксенов А.С.* Кинетические закономерности ферментативного окисления гваякола в водной и водно-органической средах // Лесн. журн. 2012. №3. С.100–106. (Изв. высш. учеб. заведений).
8. Физическая химия лигнина / К.Г. Боголицын [и др.]. М.: Академкнига, 2010. 492 с.
9. *Яблоцкий К.В.* Новые аспекты применения нативной и иммобилизованной пероксидазы хрена для определения ее ингибиторов и субстратов: Автореф. дис. ... канд. хим. наук. М., 2010. 28 с.
10. *Bergmeyer H.U.* Methods of enzymatic analysis 2nd Edition. New York: Academic Press, 1974. P. 495.
11. *Dominic W.S. Wong.* Structure and action mechanism of ligninolytic Enzymes // Appl. Biochem. Biotechnol. 2009. N 157. P. 174–209.
12. Horseradish peroxidase-functionalized Pt hollow nanospheres and multiple redox probes as trace labels for a sensitive simultaneous multianalyte electrochemical immunoassay / Song Z [etc.] // Chem. Commun. (Camb). 2010. N 46. P. 6750–6752.

13. *Korkut S., Keskinler B., Erhan E.* An amperometric biosensor based on multi-walled carbon nanotube-poly(pyrrole)-horseradish peroxidase nanobiocomposite film for determination of phenol derivatives // *Talanta*. 2008. N 76. P. 1147–1152.

14. Membrane targeted horseradish peroxidase as a marker for correlative fluorescence and electron microscopy studies / J. Li, Y. Wang, S.L. Chiu, H.T. Cline // *Front Neural Circuits*. 2010. N 4. P. 6.

15. *Nigel C. Veitch.* Horseradish peroxidase: a modern view of a classic enzyme // *Phytochemistry*. 2004. N 65. P. 249–259.

16. Reagentless biosensor for hydrogen peroxide based on self-assembled films of horseradish peroxidase/laponite/chitosan and the primary investigation on the inhibitory effect by sulfide / Shan D. [ect.] // *Biosens. Bioelectron.* 2010. N 26. P. 536–541.

17. *Sadana A., Sadana N.* Handbook of Biosensors and Biosensor Kinetics. Elsevier, the Netherlands, 2011.

18. Stability of free and immobilized peroxidase in aqueous-organic solvent mixtures / Azevedo Anna M. [etc.] // *J. of Molecular Catalysis B.: Enzymatic*. 2001. N 15. P. 147–153.

19. *Torres E., Ayala M.* Biocatalysis Based on Heme Peroxidases. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg. 2010. 358 s.

20. *Yao H., Hu N.* pH-switchable bioelectrocatalysis of hydrogen peroxide on layer-by-layer films assembled by concanavalin A and horseradish peroxidase with electroactive mediator in solution // *J. Phys. Chem. B*. 2010 N 114. P. 3380–3386.

21. *Zhang S. Zou J. Yu F.* Investigation of voltammetric enzyme-linked immunoassay based on a new system of HAP-H₂O₂-HRP // *Talanta*. 2008. N 76. P.122–127.

Поступила 30.04.13

S.A. Pokryshkin¹, K.G. Bogolytsin^{1,2}, Yu.G. Khabarov¹

¹ Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

² Institute of Ecological Problems of the North, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Oxidation of Lignin with Hydrogen Peroxide in Water/DMSO Binary Solvent in the Presence of Horseradish Peroxidase

Peroxidase remained active in the presence of up to 30% DMSO in the solution for lignin oxidation. The possibility of enzymatic oxidation of oligomeric and polymeric phenolic compounds is substantiated.

Keywords: enzyme, peroxidase, lignin, dimethyl sulfoxide.

УДК 676.017

Я.В. Казаков¹, Т.В. Воробьева¹, Р.Г. Хромцова²

¹Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

²ЗАО «Нордавиа»

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 170 научных работ в области деформативности и прочности целлюлозно-бумажных материалов.

E-mail: j.kazakov@narfu.ru



Воробьева Татьяна Валентиновна окончила в 1995 г. Поморский международный педагогический университет имени М.В. Ломоносова, соискатель кафедры технологии целлюлозно-бумажного производства Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет 4 научные работы в области технологии и свойств целлюлозно-бумажных материалов.

E-mail: tvnaz1@rambler.ru



Хромцова Раиса Геннадьевна окончила в 2008 г. Архангельский государственный технический университет по специальности химическая технология целлюлозно-бумажного производства, зам. руководителя Центра управления полетами ЗАО «Нордавиа».

E-mail: r.hromtsova@nordavia.ru



ФОРМИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВЯЗКОУПРУГОСТИ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПРОЦЕССЕ СУШКИ

Дана количественная характеристика деформационного поведения при растяжении образцов целлюлозно-бумажных материалов с различной композицией по волокну и при различной влажности, характерной для состояния материала в сушильной части БДМ. Показано, что снижение влажности материала приводит к росту по экспоненциальному закону не только прочности, но и жесткости, и вязкоупругости образцов.

Ключевые слова: сульфатная целлюлоза, сушка бумаги, вязкоупругость, прочность, деформативность, межволоконные связи, прочность волокна.

В настоящее время развитие технологии целлюлозно-бумажного производства направлено на повышение качества продукции при увеличении производительности бумагоделательных машин (БДМ) главным образом за счет повышения скорости. Одним из важнейших условий для обеспечения воз-

возможности повышения скорости БДМ является достижение необходимого уровня не только прочности, но и жесткости бумажного полотна во влажном состоянии. Становится все более очевидным, что именно вязкоупругие свойства определяют выбор режимов технологических операций и, самое главное, качество изготавливаемых целлюлозных материалов. Установление количественных закономерностей между влажностью бумаги с заданной композицией и проявлением ее вязкоупругих свойств в процессе сушки – необходимое условие оптимизации процесса.

Повышение внимания к вязкоупругим свойствам волокнистых материалов связано также с тем, что, в отличие от ранних работ, в которых исследователи стремились описать взаимозависимость главных физико-механических показателей, в настоящее время объектами изучения становятся процессы формирования свойств в ходе изготовления волокнистого целлюлозного материала [5]. Более глубокое исследование деформационных свойств волокнистых материалов на разных стадиях производственных процессов с использованием методов исследований, оценивающих кинетику деформирования образца, позволяет установить максимально допустимый уровень натяжения бумажного полотна в каждой сушильной группе при его свободном ходе между сушильными цилиндрами и определить оптимальные условия транспортировки бумажного полотна в сушильной части БДМ [6].

Формирование прочности бумаги в процессе сушки связывают главным образом с образованием межволоконных водородных связей [2, 5]. Современные представления о механизме образования в бумаге межволоконных связей при сушке были сформированы в конце XX в. [1–3, 5, 6] и предусматривали несколько стадий этого процесса. В первой стадии сушки волокно покрыто пленкой жидкости, и до сухости около 55 % сцепление между волокнами в бумаге обусловлено в основном силами трения; во второй стадии, при сухости бумажного полотна выше 60 %, свободная влага с поверхности волокон исчезает, но еще остается во внутренних капиллярах, начинается формирование водородных связей между волокнами; в третьей стадии удаления связанной влаги, оставшейся в стенках волокон и в микрокапиллярах, т.е. ниже точки насыщения волокна (абс. влажность ~ 30 %), начинается усадка самих волокон, а следовательно, и бумаги, в ней заканчивается формирование межволоконных связей, и она приобретает прочность.

Таким образом, результаты исследований прошлых лет [1, 2, 5] показали решающий вклад межволоконных связей в формирование прочности структуры целлюлозно-бумажного материала.

Среди факторов, определяющих прочность готовой бумаги, важнейшая роль принадлежит межволоконным связям, прочности волокна, плотности структуры и длине волокна [3, 5]. Рассмотрение формирования этих факторов в процессе сушки и их влияния на деформационное поведение и вязкоупругость материала позволит получить новую информацию для понимания и объяснения происходящих явлений.

Для количественной оценки формирования деформационных, вязкоупругих и прочностных свойств целлюлозно-бумажных материалов в процессе сушки нами был проведен лабораторный эксперимент, в котором использованы 4 вида производственной сульфатной целлюлозы: небеленая хвойная (НС-1), беленая хвойная (ХБ-1), беленая лиственная (ЛС-1), небеленая лиственная, высушенные в лабораторных условиях.

Образцы с различной влажностью получены за счет варьирования продолжительности сушки отливок в сушильной камере листоотливного аппарата ЛА-3. Масса высушенных отливок составляла 100 г/м^2 , степень помола 30°ШР . Ориентировочный контроль влажности осуществляли по изменению массы отливок. Отливки с различной влажностью (от 5 до 60 %) выдерживали в герметично закрытом полиэтиленовом пакете для выравнивания влажности, через сутки у них определяли влажность и выполняли испытания.

При оценке вязкоупругих свойств материала были проведены испытания на растяжение на лабораторном испытательном комплексе, включающем разрывную машину Тестсистема-101 и ПЭВМ. Для образцов размерами $50 \times 40 \text{ мм}$, у которых предварительно была измерена толщина, выполнены испытания на растяжение с постоянной скоростью 10 мм/мин с получением и математической обработкой графиков зависимости нагрузка–удлинение ($F-\Delta l$) и напряжение–деформация ($\sigma-\epsilon$) [4]. В результате получен спектр характеристик, оценивающих свойства материала в упругой зоне, зоне замедленной упругости и зоне предразрушения. Кроме того, для учета вклада в поведение листа прочности волокон и межволоконных сил связи проведены испытания на растяжение при нулевом расстоянии между зажимами образцов шириной 15 мм , которые позволили оценить собственную прочность волокон, а также определены межволоконные силы связи по Иванову ($F_{св}$) на 2-слойных образцах шириной 25 мм .

Полученные зависимости напряжение–деформация представлены на рис. 1. При увеличении влажности не только снижается прочность и жесткость образцов, что закономерно, но и уменьшается упругая зона деформирования и увеличивается зона предразрушения. Способность к растяжению, характеризуемая деформацией разрушения, имеет свое максимальное значение в диапазоне влажности $18 \dots 24 \%$. Данные закономерности наблюдаются как у беленых образцов, так и у небеленых. За счет того, что толщина образцов при уменьшении влажности также снижается, зависимости напряжение–деформация и нагрузка–удлинение имеют похожий характер, т.е. влияние толщины в данном случае не имеет решающего влияния на форму кривой.

Из-за того, что при изменении влажности характеристики прочности резко отличаются друг от друга в одном ряду для каждого вида материала, для более точной оценки изменения формы кривых были рассчитаны и построены зависимости $\sigma-\epsilon$ в процентах от максимального (рис. 2).

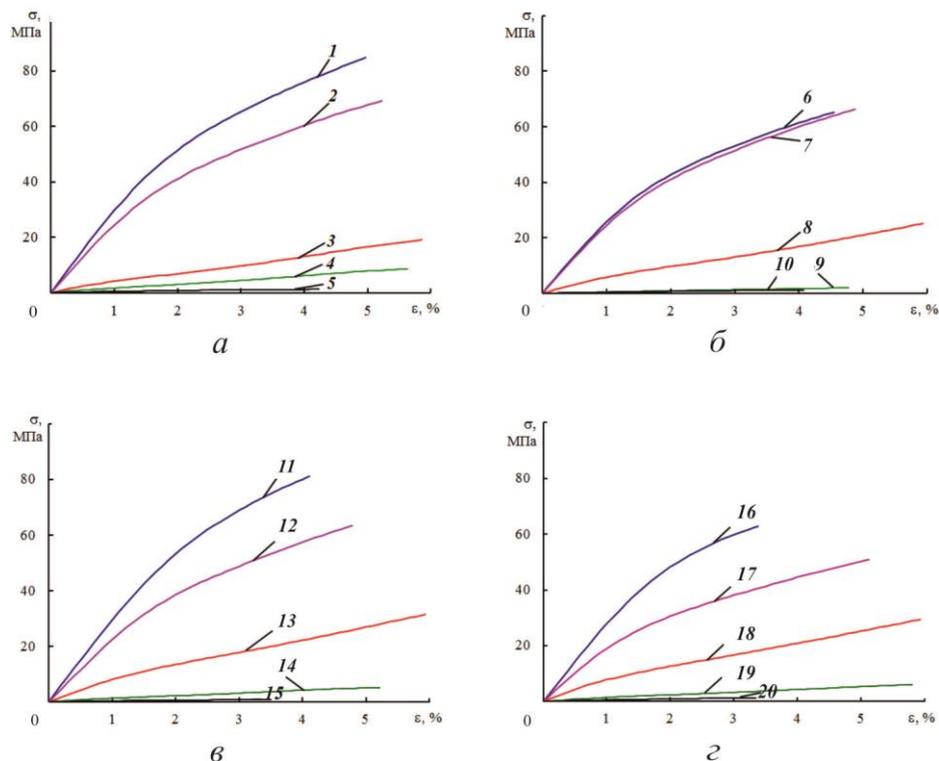


Рис. 1. Графические зависимости напряжение–деформация (σ – ϵ) образцов целлюлозы лабораторного изготовления с различной влажностью w : *а* – хвойная небеленая; *б* – хвойная беленая; *в* – лиственная небеленая; *г* – лиственная беленая; 1, 7, 11 – $w = 6,5$ %; 2 – 7,1; 3 – 24,0; 4 – 27,0; 5 – 61,0; 6 – 5,0; 8 – 19,0; 9 – 51,0; 10 – 54,0; 12 – 11,0; 13 – 23,0; 14 – 38,0; 15 – 52,0; 16 – 5,5; 17 – 10,0; 18 – 18,0; 19 – 28,0; 20 – 48,0 %

У всех образцов целлюлозы с влажностью 20...40 % (кривые 3 и 4) кривые деформирования отличаются по форме: в зоне предразрушения четко наблюдаются участки упрочнения структуры, что выражается в увеличении угла наклона кривой в процессе растяжения, т. е. при данной влажности, в условиях слабо сформированных межволоконных связей, происходит повышение жесткости материала за счет сопротивления трения при вытаскивании волокон (имеется в виду – в процессе разрушения испытуемого образца при воздействии на него нагрузка). Это отличается от поведения сухих образцов, у которых зона упрочнения отсутствует. Участки с упрочнением наблюдается независимо от вида целлюлозы.

Для образцов с большой влажностью размер зоны предразрушения, в которой кривая практически прямолинейна, существенно выше, т. е. при вытаскивании волокон из влажной структуры жесткость материала остается примерно постоянной в отличие от сухого материала, где жесткость непрерывно уменьшается за счет разрыва связей. При этом сохраняется целостность влажного материала при больших деформациях.

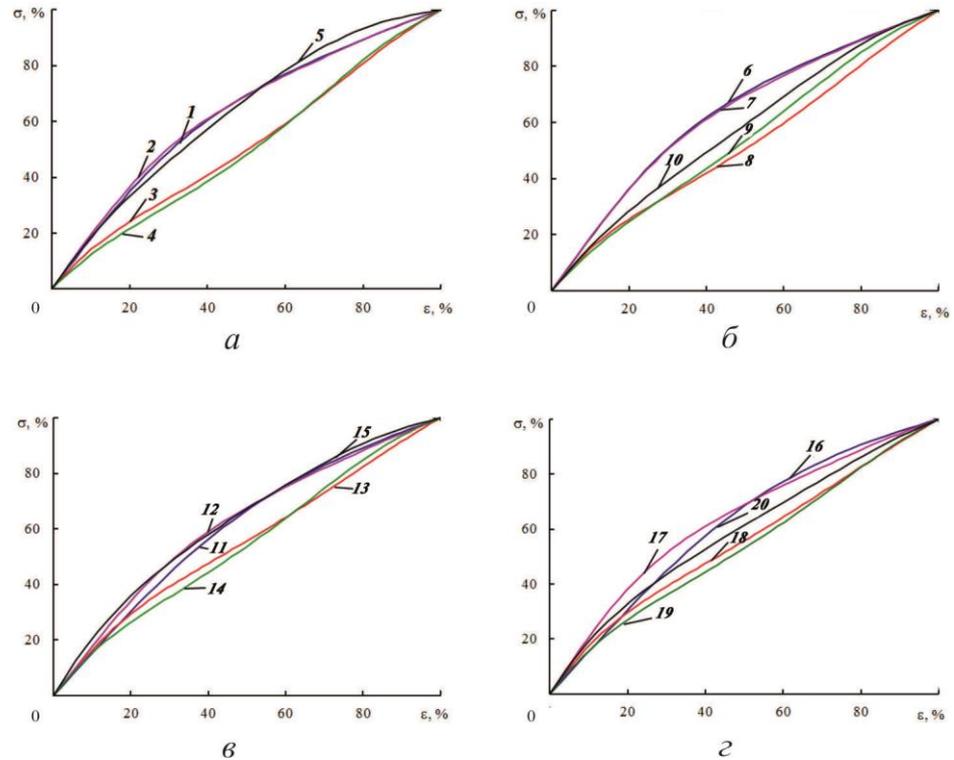


Рис. 2. Изменение в процессе сушки формы зависимости σ – ε (в процентах от максимального) для образцов целлюлозы лабораторного изготовления (см. обозначения на рис. 1)

Влияние длины волокна на деформационное поведение при растяжении зависит от влажности. Если для сухих материалов из лиственных волокон при влажности 5...6% характерны более низкая прочность и меньшая растяжимость по сравнению с хвойными, то при влажности 20...25% различия в растяжимости и прочности лиственных и хвойных образцов минимальны. При влажности 50...60% (как после прессовой части) длина волокон влияет в большей степени на растяжимость, в меньшей – на прочность.

Сравнивая поведение небеленых и беленых образцов, необходимо отметить, что отбелка сказывается в большей степени на прочности и в меньшей степени на растяжимости недосушенных образцов. Это связано с тем, что прочность влажных образцов определяется в основном силами механического трения сцепления волокон, а влияние межволоконных сил связи проявляется при достижении сухости более 80%, т.е. с точки зрения сопротивления растаскиванию поведение беленых и небеленых волокон отличается мало, различия проявляются при формировании межволоконных сил связей, которые зависят от химического состава материала.

В результате математической обработки кривых σ - ε были рассчитаны характеристики деформативности и прочности и построены их зависимости от сухости образцов (рис. 3). Для выяснения причинно-следственных закономерностей графики дополнены данными для межволоконных сил связи образцов по методу Иванова ($F_{св}$) и нулевой разрывной длины (L_0).

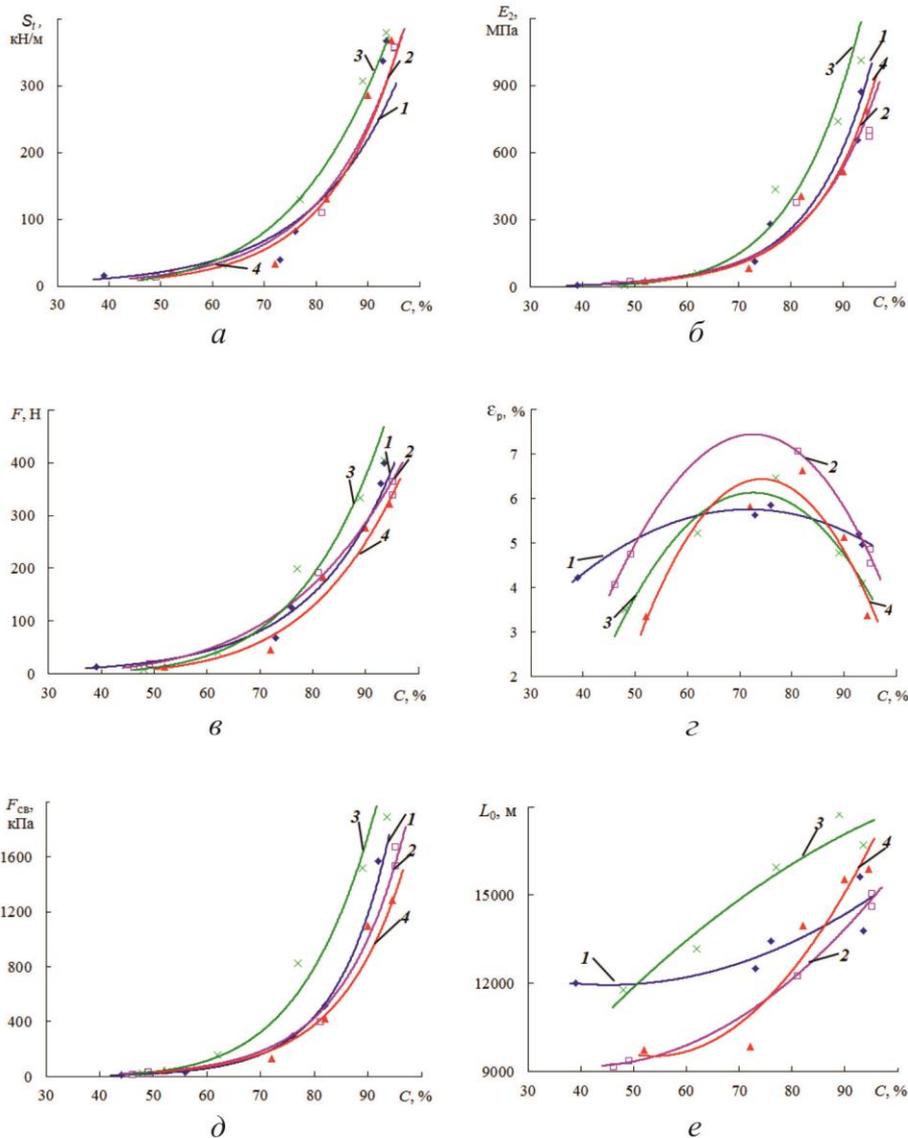


Рис. 3. Формирование прочностных характеристик лабораторных образцов целлюлозы в процессе сушки: 1 – хвойная небеленая; 2 – хвойная беленая; 3 – лиственная небеленая; 4 – лиственная беленая; а – жесткость при растяжении S_1 ; б – модуль упругости в области предразрушения E_2 ; в – разрушающее усилие F ; г – деформация разрушения ε_p ; д – межволоконные силы связи $F_{св}$; е – нулевая разрывная длина L_0

Для большинства характеристик (рис. 3, *a–в,д*) зависимость имеет экспоненциальный характер и практически полностью соответствует зависимости для межволоконных сил связи (рис. 3, *д*).

Увеличение собственной прочности волокон (рис. 3, *е*) при росте сухости происходит в гораздо меньшей степени. У влажных образцов прочность волокна снижается за счет разрушения молекулами воды водородных связей между гидрофильными гемицеллюлозными компонентами, а целлюлоза с повышенной кристаллическостью не теряет своей прочности. В сухом состоянии прочность волокон в значительной степени определяется прочностью связей между целлюлозными и нецеллюлозными компонентами клеточной стенки. Существующие дефекты в стенке волокна могут быть «замазаны» или «скреплены» гемицеллюлозными комплексами, которые в сухом состоянии связаны прочно, а во влажном их прочность резко снижается. По соотношению «сухой» и «влажной» нулевой разрывной длины можно судить о степени дефектности волокон полуфабриката.

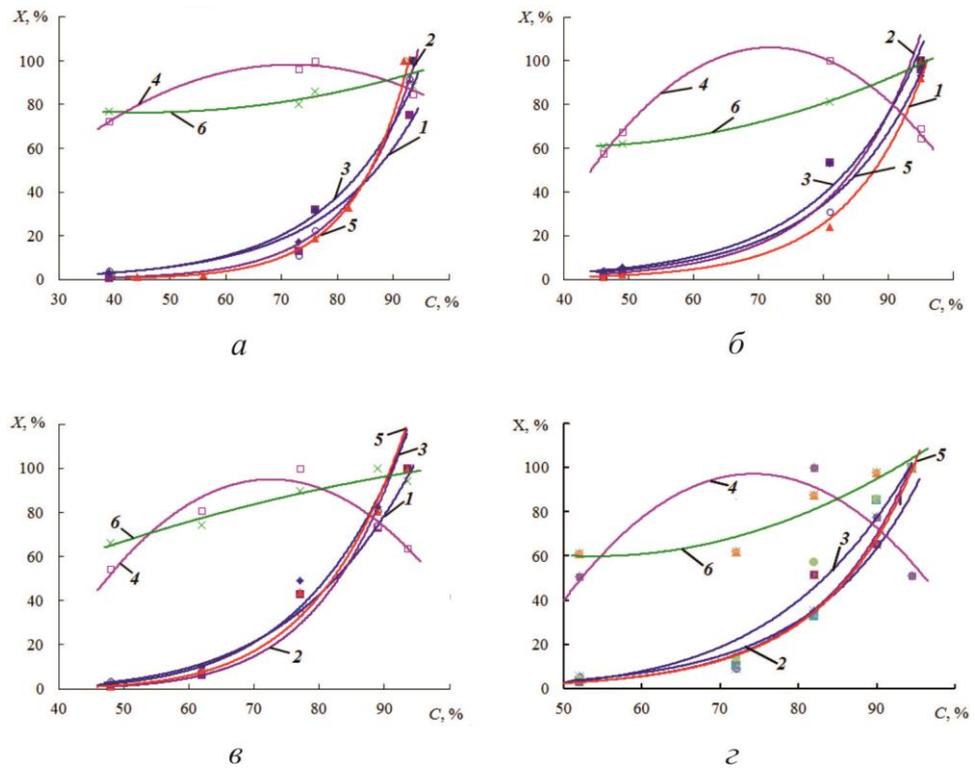


Рис. 4. Зависимость характеристик X (в процентах от максимального) образцов целлюлозы лабораторного изготовления от сухости отливок C : *a* – хвойная небеленая; *б* – хвойная беленая; *в* – лиственная небеленая; *г* – лиственная беленая; 1 – жесткость при растяжении S ; 2 – модуль упругости в области предразрушения E_2 ; 3 – разрушающее усилие F ; 4 – деформация разрушения ϵ_p ; 5 – межволоконные силы связи $F_{св}$; 6 – нулевая разрывная длина L_0

Особый полиномиальный характер имеют кривые изменения деформации разрушения при увеличении сухости образцов, которые проходят через максимум в интервале сухости 70...75 %. До этой сухости при разрушении растянутых образцов происходит вытаскивание волокон из структуры листа без повреждения самих волокон. При увеличении сухости материала начинают разрушаться не только межволоконные связи, но и некоторые волокна, что снижает деформацию разрушения.

Поскольку абсолютные значения у разных характеристик различаются в одной серии и для разных образцов весьма существенно, то для обеспечения возможности сравнения были рассчитаны относительные величины в процентах от максимального в серии. На рис. 4 представлены зависимости для разных характеристик одного материала.

Увеличение большинства характеристик деформативности и прочности в процессе сушки для всех материалов происходит похожим образом (изменение составляет больше чем на порядок) – по экспоненте, аналогично изменению межволоконных сил связи. При этом нулевая разрывная длина, оценивающая прочность волокна, для влажных образцов хвойной небеленой целлюлозы составляет 75...80 %, для остальных – 60...65 %.

Выводы

В результате проведенного эксперимента дана количественная характеристика деформационного поведения при растяжении с получением и математической обработкой кривых зависимости напряжение–деформация для образцов целлюлозно-бумажных материалов с различной композицией по волокну и при различной влажности, характерной для состояния материала в сушильной части БДМ. Установлено, что уменьшение влажности материала приводит к росту не только прочности образцов, но и характеристик жесткости и вязкоупругости, а также изменяет вид кривой деформирования и соотношение упругой и пластической составляющих деформации.

Показано, что рост большинства характеристик деформативности, прочности и вязкоупругости при уменьшении влажности образцов носит экспоненциальный характер, аналогичный изменению межволоконных сил связи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Апсит С.О., Клипенко А.В.* Бумагообразующие свойства волокнистых полуфабрикатов. М.: Лесн. пром-сть, 1972. 88 с.
2. *Иванов С.Н.* Технология бумаги. М.: Лесн. пром-сть, 1970. 696 с.
3. *Кларк Дж.* Технология целлюлозы (Наука о целлюлозной массе и бумаге, подготовка массы, переработка ее в бумагу, методы испытаний) / Пер. с англ. А.В. Оболенской, Г.А. Пазухиной. М.: Лесн. пром-сть, 1983. 456 с.
4. *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.

5. *Фляте Д.М.* Технология бумаги: учеб. для вузов. М.: Лесн. пром-сть, 1988. 440 с.

6. *Markku Karlsson.* Papermaking science and technology. Papermaking Part 2, Drying. Book 9, Drying Fapet Oy, Finland, 2000. Vol. 9. 496 p.

Поступила 11.01.13

Ya.V. Kazakov¹, T.V. Vorobyeva¹, R.G. Khromtsova²

¹ Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

² Nordavia Ltd

**Formation of Viscoelastic Properties of Pulp-and-Paper Material
in the Process of Drying**

The paper presents quantitative characteristics of deformation behaviour at stretching for pulp-and-paper samples with different fiber composition at various ranges of humidity similar to the state of the material in the drying part of paper machine. It is established that lower moisture content of the material, in addition to increasing durability of samples, also improves rigidity and viscoelasticity.

Keywords: kraft pulp, paper drying, viscoelasticity, strength, deformability, interfiber bonding, fiber strength.

УДК [668.486:66.061.51:634*892.6] :51.001.57

Е.Н. Коптелова, Л.Н. Кузнецова, Н.А. Кутакова, С.И. Третьяков

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

Коптелова Елена Николаевна окончила в 2004 г. Поморский государственный университет имени М.В. Ломоносова, аспирант кафедры лесохимических производств Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет 15 печатных трудов в области изучения экстрактивных веществ.
E-mail: elen-koptelova@yandex.ru



Кузнецова Лидия Николаевна окончила в 1975 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры лесохимических производств Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет более 130 печатных трудов в области изучения пиролиза древесины и отходов ее химической и механической переработки с получением адсорбентов для очистки сточных вод и газовых выбросов, а также адсорбционных методов очистки сточных вод и переработки осадков.
E-mail: lesochim@agtu.ru



Кутакова Наталья Алексеевна окончила в 1975 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор кафедры лесохимических производств Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет около 80 научных трудов в области технологии сорбентов и экстрактивных веществ.
E-mail: lesochim@agtu.ru



Третьяков Сергей Иванович родился в 1946 г., окончил в 1971 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор кафедры лесохимических производств, зав. кафедрой стандартизации, метрологии и сертификации Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет около 70 научных трудов в области химической переработки древесины.
E-mail: lesochim@agtu.ru



ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ВЫДЕЛЕНИЯ БЕТУЛИНА ИЗ БЕРЕСТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЧ-ПОЛЯ

Рассмотрено влияние СВЧ-обработки на динамику извлечения экстрактивных веществ (ЭВ) и бетулинола. Изучено влияние основных параметров на процесс СВЧ-экстрагирования. Получено эмпирическое уравнение для математического описания процесса и определены оптимальные значения параметров выделения бетулина.

Ключевые слова: береста, экстрактивные вещества, бетулин, СВЧ-поле, СВЧ-экстракция.

© Коптелова Е.Н., Кузнецова Л.Н., Кутакова Н.А., Третьяков С.И., 2013

Береста коры березы является богатым источником тритерпеноидов, имеющих широкий спектр биологического действия. Основным компонентом практически всех экстрактов является бетулин*, содержание которого составляет 10 ... 40 % и зависит от вида березы, места и условий ее произрастания, возраста дерева и др. [1].

Один из эффективных способов экстракции растительных материалов – микроволновая обработка в сверхвысокочастотном (СВЧ) поле. За СВЧ-излучение принимают участок электромагнитного спектра с частотами колебаний от 30 МГц до 3000 ГГц, (длина волны от 10 м до 0,1 мм). Основным преимуществом СВЧ-экстракции перед традиционными способами экстрагирования является значительное сокращение времени экстракции (от нескольких секунд до нескольких минут). Например, продолжительность процесса экстракции этиловым спиртом в СВЧ-поле при получении кедрового масла из ядер кедровых орехов составляет 4...6 мин [2], тогда как из корней женьшеня сапонины извлекаются 60 %-м этанолом за 30 с [7].

Нами разработана экспериментальная установка для исследования процесса СВЧ-экстракции на базе бытовой микроволновой печи. Установка состоит из камеры с подводом электромагнитного поля СВЧ, магнетрона, экстракционной колбы, мешалки, амперметра, обратного холодильника.

На рис. 1 показана динамика извлечения экстрактивных веществ (ЭВ) и бетулинола** с помощью СВЧ-обработки и без нее. При этом 90 %-ая степень извлечения ЭВ и 70 %-ая степень извлечения бетулинола наблюдаются через 90 мин без СВЧ-обработки и через 10 мин в СВЧ-камере. Достижение степени извлечения, равной 50 %, при обычной экстракции составляет 16...20 мин, при СВЧ – менее 1 мин. Таким образом, скорость экстрагирования в СВЧ-поле повышается в 10–15 раз вследствие высокой скорости внутреннего прогрева бересты в полярном растворителе, его вскипания и интенсивного выброса образовавшегося экстракта в окружающий растворитель.

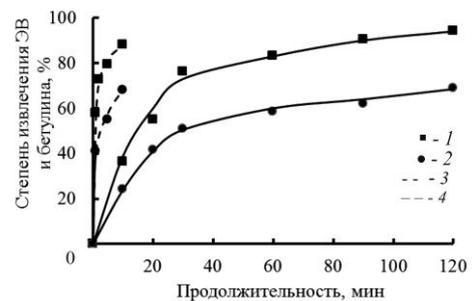


Рис. 1. Влияние СВЧ-обработки на динамику извлечения ЭВ (1) и бетулинола (2) в СВЧ-камере (3) и без СВЧ-обработки (4)

*Под этим понимают как сумму ЭВ бересты, так и тритерпеновый спирт – бетулинол. В наших исследованиях бетулинол – это содержание основного компонента в ЭВ бересты.

**Количественное содержание бетулинола в экстрактах определяли с помощью метода ВЭЖХ на хроматографе LC-20 фирмы «Shimadzu» в Центре коллективного пользования Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова.

Факторами, определяющими эффективность выделения бетулина в СВЧ-поле, являются вид растворителя, степень измельчения бересты, расход энергии, жидкостной модуль, степень перемешивания и др. (место произрастания березы, место отбора пробы по высоте ствола, влажность бересты и т. п.).

Влияние вида растворителя. Нами было исследовано влияние вида растворителя на СВЧ-экстракцию. Использовали этиловый спирт (полярный экстрагент) и гексан (неполярный растворитель). Большинство ЭВ бересты относятся к гидрофильным, поэтому этиловый спирт извлекает больше ЭВ, чем гексан (рис. 2, а).

Большое влияние на процесс экстракции оказывает диэлектрическая постоянная ϵ' растворителя. В полярных экстрагентах (с высокой диэлектрической постоянной) хорошо растворяются вещества, имеющие в своем составе полярные молекулы, а в неполярных экстрагентах – вещества с неполярными молекулами.

Так, в работе [7] приведены значения показателей диэлектрических свойств ряда растворителей. Этиловый спирт, имеющий хорошую поглощающую способность электромагнитного излучения ($\epsilon' = 24,30$) по сравнению с гексаном ($\epsilon' = 1,89$), в микроволновой камере нагревается сильнее.

Нагрев этилового спирта до 70 °С происходит за 1 мин, далее температура практически не повышается. На графиках (рис. 2, б) видно, что при воздействии СВЧ-поля процесс в этиловом спирте идет практически при температуре кипения растворителя, а в гексане намного ниже.

Нами исследовано влияние концентрации этилового спирта на степень извлечения ЭВ (рис. 3).

С уменьшением концентрации спирта снижается степень извлечения ЭВ, так как бетулин нерастворим в воде. Этиловый спирт концентрацией 86 и 95 % извлекает примерно одинаковое количество ЭВ. При разработке технологии получения бетулина можно использовать 95 %-й спирт, однако применение 86 %-го спирта упрощает регенерацию растворителя и не требует сложного и дорогого оборудования.

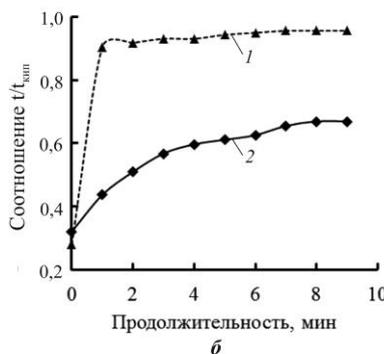
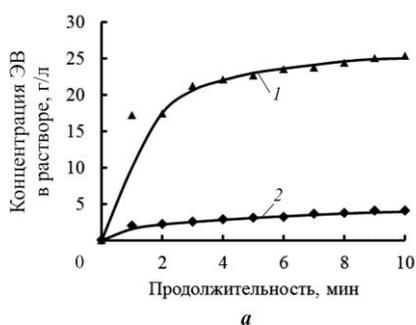
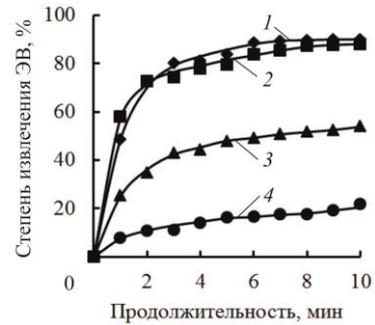


Рис. 2. Изменение концентрации ЭВ в растворе (а) и температурного симплекса* (б) в СВЧ-камере в зависимости от выбранного растворителя: 1 – этиловый спирт, 2 – гексан

* Отношение температуры кипения экстракта к температуре кипения чистого растворителя – $t/t_{кип}$.

Рис. 3. Зависимость степени извлечения ЭВ от концентрации этилового спирта: 1 – 95 %; 2 – 86; 3 – 70; 4 – 50 %



Влияние способа и степени измельчения сырья. Большое влияние на процесс экстрагирования оказывает степень и характер измельчения сырья. Измельчение бересты до опилок проведено на лабораторной дробилке размалывающего действия. Частицы с фиксированными размерами получены путем резки. Из рис. 4 и данных табл. 1 видно, что концентрация ЭВ в растворе и выход бетулина-сырца из молотой бересты выше, чем из бересты с фиксированными размерами. Это объясняется тем, что клеточная структура бересты разрушается при размалывании с образованием неровной поверхности сырья, поэтому экстракция проходит быстрее.

При проведении процесса измельчения и экстрагирования важное значение имеет и анатомическое строение сырья. Клетки осевых органов растений вытянуты вдоль оси, что обуславливает анизотропность в поперечном и осевом направлениях при экстрагировании сырья: в осевом направлении встречается меньше клеточных стенок, чем в поперечном [5]. При проникновении экстрагента внутрь сырья между раствором в сосудах и раствором в клетках возникает разность концентраций и начинается процесс диффузии веществ из клеток в сосуды.

При поперечном измельчении бересты вещества по сосудам свободно диффундируют наружу, одновременно происходит диффузия вдоль оси через сравнительно небольшое количество клеточных стенок. При продольном измельчении бересты сосуды имеют большую длину, и основное количество

Рис. 4. Изменение концентрации ЭВ в зависимости от степени и способа измельчения бересты до средних размеров частиц в поперечном, продольном и радиальном направлениях, мм: 1 – молотая; 2 – 2,5×2,6×1,5; 3 – 5,1×2,5×1,6; 4 – 7,5×2,5×1,5; 5 – 10,0×2,6×1,5; 6 – 5,1×7,5×1,6; 7 – 7,6×7,5×1,5

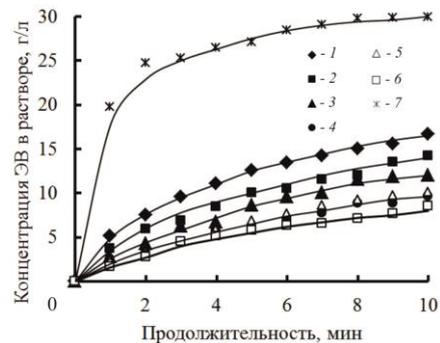


Таблица 1

Выход бетулина-сырца в зависимости от степени и способа измельчения бересты

Образец	Средние размеры частиц в поперечном, продольном и радиальном направлениях, мм	Выход бетулина-сырца, % от абс. сухой бересты
1	Молотая	21,0
2	2,5×2,6×1,5	11,3
3	5,1×2,5×1,6	8,9
4	7,5×2,5×1,5	8,0
5	10,0×2,6×1,5	6,9
6	5,1×7,5×1,6	6,4
7	7,6×7,5×1,5	3,2

вещества диффундирует через увеличенное количество клеточных стенок в поперечном к оси направлении [5]. Поэтому концентрация ЭВ в растворе и выход бетулина-сырца при использовании сырья поперечной резки выше, чем при продольной. С увеличением размеров бересты по длине (поперечная резка) и по ширине (продольное измельчение) происходит незначительное снижение скорости процесса экстракции и уменьшение степени извлечения ЭВ.

Влияние жидкостного модуля. В процессе проведения СВЧ-экстракции с вариацией модуля от 1:10 до 1:20 (по объему) в интервале продолжительности процесса от 0 до 10 мин (рис. 5) установлено, что максимальное извлечение ЭВ из бересты наблюдается через 5...6 мин независимо от модуля экстракции. Причем при модуле 1:20 извлекается на 7...8 % больше ЭВ, чем при модуле 1:10.

Для получения математического описания процесса экстракции бетулина в зависимости от выбранных переменных и определения оптимальных параметров его выделения использовали метод планированного эксперимента и ротатбельный композиционный униформ-план второго порядка [4]. Всего в процессе реализации эксперимента проведен 31 опыт, 7 – в центре плана. В качестве независимых переменных были выбраны жидкостной модуль x_1 , расход энергии x_2 , масса навески x_3 , интенсивность перемешивания, число оборотов x_4 . Условия опытов иллюстрирует табл. 2. Выходным параметром является выход бетулина-сырца Y (% от массы бересты).

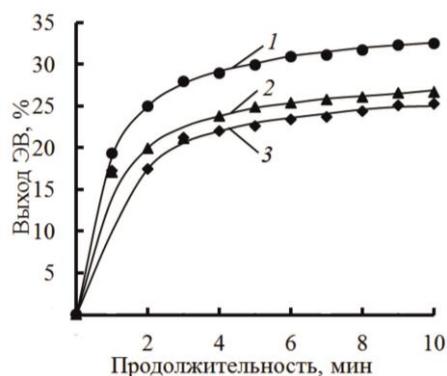


Рис. 5. Динамика экстракции ЭВ из бересты в зависимости от жидкостного модуля: 1 – 1:20; 2 – 1:15; 3 – 1:10

Таблица 2

Условия планированного эксперимента

Фактор	Кодированное значение	Δx_i	$-\alpha$	$-$	0	$+$	$+\alpha$
Жидкостной модуль	x_1	2,5	1:7,5	1:10	1:12,5	1:15	1:17,5
Расход энергии, кВт·ч	x_2	0,014	0,012	0,026	0,040	0,054	0,068
Масса навески, г	x_3	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0
Скорость перемешивания, об/мин	x_4	150	100	250	400	550	700

При выборе условий реализации плана руководствовались следующими соображениями.

1. Соотношение фаз (жидкостной модуль) – один из основных параметров, определяющих процесс извлечения ЭВ из твердых материалов. При выборе жидкостного модуля необходимо учитывать растворимость веществ в экстрагенте. В работе [3] определена растворимость бетулина-сырца, перекристаллизованного (очищенного) бетулина и ЭВ бересты в этиловом спирте при различной температуре. Показано, что очищенный бетулин при температуре кипения имеет меньшую растворимость (2,03 %) по сравнению с ЭВ (6,41 %). Поэтому минимальный модуль для процесса экстракции должен быть не менее 1:5.

2. В качестве одного из входных параметров был выбран расход электрической энергии. Это связано с тем, что интенсивность распределения энергии в камере неодинакова, существуют «горячие» и «холодные» зоны. Степень нагрева образца в разных точках камеры может существенно различаться, если образец небольших размеров. Кроме того, неравномерному распределению энергии электромагнитного поля способствует периодический режим работы магнетрона (периоды нагрева чередуются с периодами охлаждения – релаксации). Одна часть энергии поглощается образцом, другая – рассеивается в виде тепла в окружающую среду [6]. Для этого с помощью амперметра при разной мощности и фиксированном времени измеряли режим работы магнетрона в выключенном и включенном состояниях. После этого рассчитывали расход энергии.

Расчет коэффициентов уравнения регрессии второго порядка, оценка его значимости, проверка полученных моделей на адекватность опытным данным проведена методами математической статистики, принятыми в планировании эксперимента. Получено полное уравнение регрессии:

$$Y = 21,00 + 0,49 x_1 + 0,56 x_2 - 0,11 x_3 + 0,19 x_4 + 0,19 x_1 x_2 - 0,36 x_1 x_3 - 0,35 x_1 x_4 + 0,06 x_2 x_3 + 0,08 x_2 x_4 - 0,43 x_3 x_4 - 0,15 x_1^2 - 0,23 x_2^2 - 0,30 x_3^2.$$

После исключения из данного уравнения эффектов с незначимыми коэффициентами окончательное уравнение, используемое нами для оценки адекватности модели, будет выглядеть следующим образом:

$$\bar{Y} = 21,00 + 0,49 x_1 + 0,56 x_2 + 0,19 x_4 + 0,19 x_1 x_2 - 0,36 x_1 x_3 - 0,35 x_1 x_4 - 0,43 x_3 x_4 - 0,15 x_1^2 - 0,23 x_2^2 - 0,30 x_3^2.$$

Проверку полученного уравнения на адекватность проводили с помощью критерия Фишера. Полученное нами значение критерия Фишера $F = 1,12$ меньше табличного, равного 3,87, для уровня значимости 0,05 и числа степеней свободы $f_1 = 14$, $f_2 = 6$. Таким образом, можно считать, что эмпирическое уравнение достаточно верно описывает опытные данные.

Интерпретация полученной модели представлена в виде графиков поверхностей отклика на рис. 6.

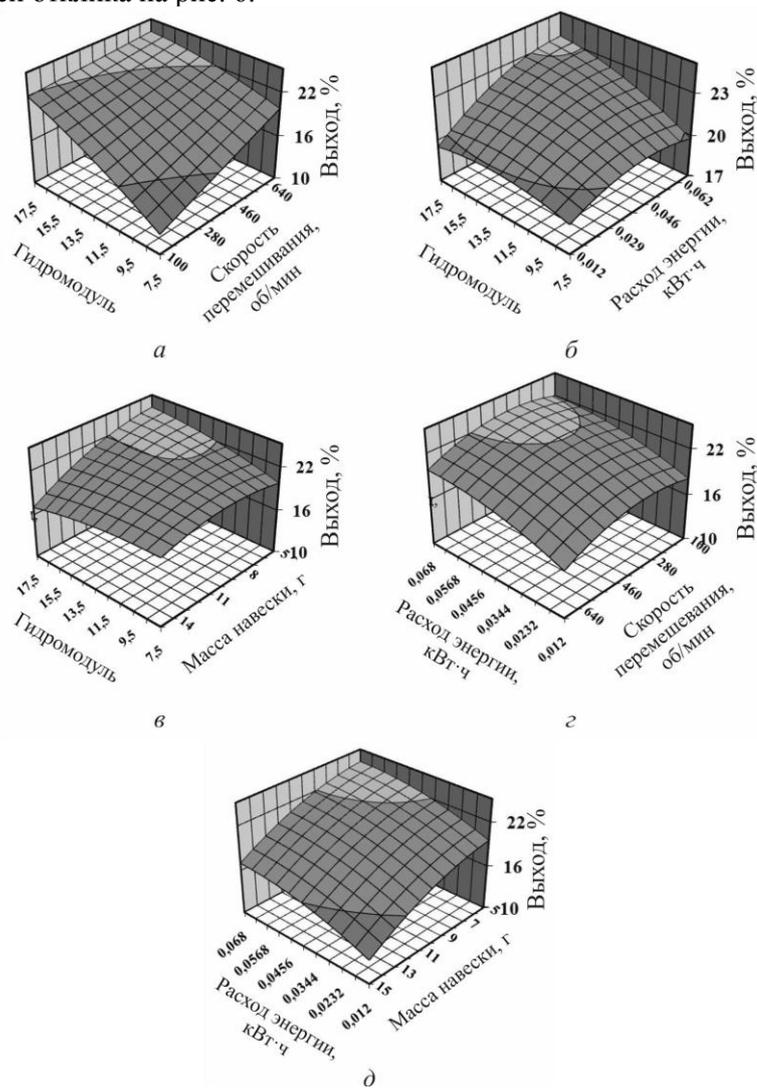


Рис. 6. Поверхности отклика выхода бетулина-сырца в зависимости от натуральных значений факторов: *а* – гидромодуль и скорость перемешивания (масса навески 5 г; расход энергии 0,068 кВт·ч); *б* – гидромодуль и расход энергии (масса навески 5 г; скорость перемешивания 700 об/мин); *в* – гидромодуль и масса навески (расход энергии 0,068 кВт·ч; скорость перемешивания 700 об/мин); *г* – расход энергии и скорость перемешивания (масса навески 5 г; гидромодуль 1,0:17,5); *д* – расход энергии и масса навески (гидромодуль 1,0:17,5; скорость перемешивания 700 об/мин); все факторы зафиксированы на одном уровне

Таблица 3

Условия «крутого восхождения»

x_1	x_2	x_3	x_4	Выход бетиулина-сырца, % от абс. сухой бересты
2	4,00	-2	2	18,95
2	3,00	-2	2	22,30
2	2,75	-2	2	21,15
2	2,00	-2	2	20,51

Как видно из рис. 6, три параметра положительно влияют на выход бетиулина-сырца. Увеличение гидромодуля приводит к положительному результату, однако слишком большой гидромодуль будет экономически нецелесообразен. Гидромодуль, оптимальный для проведения СВЧ-экстракции, составляет 1:20. Перемешивание незначительно сказывается на выходе бетиулина-сырца. С увеличением степени перемешивания резко возрастает внешняя диффузия (массоотдача с поверхности частицы бересты в окружающий экстрагент), а также происходит предотвращение выброса самого экстракта из реакционной колбы.

Для определения оптимального расхода электрической энергии использовали «метод крутого восхождения». Для этого три параметра (x_1 , x_3 , x_4) фиксировали на одном уровне, пошагово меняя расход энергии (x_2) (табл. 3).

На основании полученных результатов рассчитан оптимальный удельный расход энергии. Он составил 16 кВт·ч/кг бересты, т.е. 75 кВт·ч/кг бетиулина.

Выводы

Экстракция бересты с использованием микроволновой обработки в СВЧ-поле позволяет в 10–15 раз сократить продолжительность процесса по сравнению с традиционными методами экстракции, длительность которых доходит до несколько часов.

Показано, что для максимального извлечения бетиулина из бересты следует использовать полярный экстрагент – этиловый спирт концентрацией 86 % при продолжительности процесса 6 ... 7 мин, модуле 1:20, удельном расходе энергии 16 кВт·ч/кг бересты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Винокурова Р.И., Трошкова И.Ю. Изменчивость накопления бетиулина и суберина в бересте *Betula pendula* Roth. в зависимости от географической зональности // Лесн. журн. 2008. № 3. С. 126–129. (Изв. высш. учеб. заведений).
2. Бадмацыренов Б.В. Разработка оборудования и процесса экстракции кедрового масла в электромагнитном поле СВЧ: дис. ... канд. техн. наук. Улан-Удэ, 2004. 147 с.

3. Определение растворимости бетулина / Е.Н. Коптелова, А.В. Минина, С.И. Третьяков, Н.А. Кутакова // Химия поверхности и нанотехнология: сб. материалов Всерос. молодеж. конф. Казань, 10-11 октября, 2012. С. 118.

4. Планирование эксперимента в примерах и расчетах: учеб. пособие / Н.И. Богданович, Л.Н. Кузнецова, С.И. Третьяков, В.И. Жабин. Архангельск: Изд-во САФУ, 2010. 126 с.

5. Пономарев В.Д. Экстрагирование растительного сырья. М.: Медицина, 1976. 202 с.

6. Шавишуква С.Ю. Интенсификация химических процессов воздействием микроволнового излучения: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Уфа, 2003. 23 с.

7. Vivekananda Mandal, Yogesh Mohan, S. Hemalatha. Microwave Assisted Extraction – an Innovative and Promising Extraction Tool for Medicinal Plant Research Pharmacognosy Reviews Vol 1, Issue 1, Jan-May, 2007.

Поступила 10.04.13

E.N. Koptelova, L.N. Kuznetsova, N.A. Kutakova, S.I. Tretyakov

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

Intensification of Betulin Isolation from Birch Bark Using Microwave Field

The paper studies the influence of microwave processing on extraction dynamics of extractive substances and betulinol. The influence of key parameters on the process of microwave extraction was studied. An empirical equation for the mathematical description of this process was worked out and optimum values of betulin isolation parameters were determined.

Keywords: birch bark, extractive substances, betulin, microwave field, microwave extraction.



КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 630*228.7 + 630*422.11

П. Сигурдссон^{1,2}

¹ Государственная лесная служба Исландии

² Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

Сигурдссон Полл родился в 1984 г., окончил в 2010 г. лесохозяйственный факультет Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, сотрудник Государственной лесной службы Исландии, аспирант кафедры ландшафтной архитектуры и искусственных лесов САФУ имени М.В. Ломоносова.
E-mail: psandvikin@mail.ru



**КРИВИЗНА СТВОЛОВ ЛИСТВЕННИЦЫ
В ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ ИСЛАНДИИ**

Приведен анализ формы (кривизны) стволов лиственницы в посадках Исландии. Разработана классификация и определен средний класс качества формы ствола нескольких провениенций лиственницы по этому признаку.

Ключевые слова: лиственница, ствол дерева, кривизна, пороки формы ствола.

Ведение и развитие лесного хозяйства в Исландии тесно связано с использованием инорайонного семенного материала при создании лесных культур. К настоящему времени накоплен определенный опыт по использованию семян разного географического происхождения. Представляет интерес его обобщение, в частности, по качественным признакам формы ствола лиственницы, посадки которой на значительных площадях достигли возраста 40 лет и более.

Основная цель создания насаждений лиственницы в Исландии – производство деловой древесины. Одной из характеристик, определяющих ценность крупных сортиментов, является форма ствола, отклонение которой от правильной характеризуется наличием кривизны. Отмечено, что в насаждениях лиственницы в Исландии кривизна у стволов носит массовый характер, а встречаемость этого порока варьирует [5, 8].

Кривизна ствола лиственницы проявляется по-разному. В некоторых случаях ствол имеет явно выраженную кривизну только в нижней (прикомлевой) части и через определенное расстояние принимает более правильную форму. По нашим наблюдениям односторонняя кривизна чаще всего встречается на относительно коротких участках ствола длиной до 2 м. Иногда один короткий участок с кривизной переходит в другой.

Кривизну целесообразно представить в виде отклонения поверхности ствола от образующей правильного конуса. В настоящей работе принимается термин «качество формы ствола», как характеризующий наличие порока кривизны в стволе дерева.

Наиболее значимая причина возникновения кривизны ствола лиственниц в Исландии, как и на Европейском Севере России, – осенние заморозки, которые повреждают неодревесневшие побеги [3, 6]. Под воздействием осенних заморозков апикальный побег отмирает, и новая верхушка образуется из боковых. Впоследствии могут появляться многовершинность, двуствольность или заметное снаружи отклонение продольной оси ствола от прямой линии. Весенние заморозки не оказывают заметного влияния на искривление ствола, но при этом замедляется рост дерева из-за повреждения распутившейся хвои [6]. Провениенции*, подверженные к повреждению осенними заморозками, как правило, имеют лучший рост, чем те, которые прекращают рост до появления заморозков и остаются неповрежденными [6].

Цель нашего исследования – определить степень встречаемости кривизны стволов лиственницы в насаждениях лесной станции в Халлормсстаде, расположенной на востоке Исландии (65°50' с.ш., 14° 44' з.д.), обработать это статистически и определить зависимость формирования кривизны от географического происхождения семян.

К 1995 г. на территории лесной станции в Халлормсстаде выполнены посадки с использованием семян более 70 провениенций 9 видов лиственниц, из них 26 провениенций лиственницы Сукачева и по 17 лиственниц сибирской и европейской. Из-за недостатка посадочного материала большинство провениенций представлено отдельными рядами деревьев.

А. Сноррасон [8] исследовал на лесной станции в Халлормсстаде насаждения лиственницы 20–50-летнего возраста. Он разделил их на три категории по качеству ствола от комля до высоты 3 м:

А – прямой ствол без дефектов или с небольшой, но равномерной и односторонней кривизной;

Б – ствол с видимыми грибными повреждениями или с небольшими дефектами формы ствола в связи с отмиранием вершины, а также с небольшой разнонаправленной кривизной;

В – стволы, которые не попадают в предыдущие категории: с раздвоенным стволом, со сложной кривизной ствола и т.п.

*Термин «провениенция» используется в данной статье как понятие «географическое происхождение» [2], но в более уточненном понимании, когда название провениенции происходит от условного названия местопроисхождения семян. Например, разными считаются провениенции «Архангельская область» и «Пинежский район», хотя район и находится в пределах этой области.

Качество древостоя оценивалось по 9 классам, исходя из того, сколько предположительно останется деревьев из категории А на 1 га перед рубкой главного пользования (1-й класс – 500 шт./га, 2-й класс 400 шт./га, 3-й класс – 300 шт./га и т.д.). Таким образом, участки с провениенциями «Линдуловская роща» имели средний класс качества 1,0, Архангельская и Свердловская области – 2,5...2,6; участки более низкого качества представлены провениенциями с Алтая и Хакасии – 5,0...5,5.

В этом же направлении проведены исследования А.Б. Биргисдоттир [4]. На лесной станции в Халлормсстаде и ее окрестностях в насаждениях 10–15-летнего возраста деревья были распределены по четырем категориям: А – с прямым стволом от комля до вершины; Б – с прямым стволом до 3 м высоты; В – с прямым стволом до 2 м высоты; Г – с кривизной, с дефектами или деформированные, двухвершинные, двуствольные, поломанные снегом. До 15 % деревьев оказались в категории А, 69...100 % – в категории Г.

В работе Т. Йоханнсдоттир [7] было установлено, что на качество ствола 10-летних плантаций лиственницы Сукачева (семенной материал с лесосеменной плантации (ЛСП) Иматра (Финляндия)) в окружающем районе Халлормсстада, начальная густота не влияет. Доля бездефектных деревьев составляла до 11 % (в среднем 5 %), что даже при максимальной густоте 5000 шт./га не обеспечивает требуемых 250 прямоствольных деревьев ко времени вырубki.

Методика наших наблюдений предусматривала при обследовании каждого участка сплошным пересчетом деревьев на временных пробных площадях учитывать кривизну стволов лиственниц. К каждому дереву приставляли мерную рейку и на каждом метре длины от корня и до высоты 5 м визуально отмечали наличие кривизны.

В результате обработки и анализа результатов наблюдений нами составлена классификация деревьев по качеству формы ствола. Все деревья были сгруппированы в условные классы, исходя из того, на какой протяженности участка ствола отсутствует кривизна:

I – на всем 5-метровом участке ствола от корня;

II – на участке протяженностью 4 м;

III – на участке протяженностью 3 м;

IV – на участке протяженностью 2 м;

V – на участке протяженностью менее 2 м.

Характеристика насаждений приведена в таблице.

Анализ распределения классов качества формы ствола проведен с учетом густоты древостоя. Существующими рекомендациями по рубкам ухода предусматривается вырубka низких деревьев с большей кривизной, прямоствольные и высокие необходимо оставлять. Между качеством формы ствола дерева и его диаметром наблюдается слабая корреляция. Для участков

Провениенция	Лиственница	Воз- раст, лет	Текущая густота, шт./га	Доля деревьев по классам при остатке 300 шт./га, %					Средний класс качества формы ствола
				I	II	III	IV	V	
Насаждения с густотой 400...600 шт./га									
Шебалинский р-н (Алтайский край)	Сибирская	55	400	28	8	24	40	0	II,8
Северо-запад Архангельской обл.	Сукачева	51	500	30	6	22	42	0	II,8
Мустила ЛСП (Финляндия) ех. Линдуловская роща	«	55	500	65	31	5	0	0	I,4
Шебалинский р-н (Алтайский край)	Сибирская	53	500	29	30	41	0	0	II,1
Карпинск (Свердловская обл.)	Сукачева	53	500	15	23	54	8	0	II,5
Халлормсстад ех. Архангельск	«	50	500	18	14	37	31	0	II,8
Граубюнден (Швейцария)	Европейская	49	550	20	11	27	42	0	II,9
Аскизский р-н (Республика Хакасия)	Сибирская	53	550	26	22	16	26	9	II,7
Мустила ЛСП (Финляндия) ех. Линдуловская роща	Сукачева	56	600	85	15	0	0	0	I,2
Шебалинский р-н (Алтайский край)	Сибирская	55	600	37	20	44	0	0	II,1
Насаждения с густотой 700...900 шт./га									
Архангельская обл.	Сукачева	46	700	41	24	35	0	0	I,9
«	«	46	700	60	27	14	0	0	I,5
Аскизский р-н (Республика Хакасия)	Сибирская	51	700	30	27	44	0	0	II,1
Шенкурский р-н (Архангельская обл.)	Сукачева	49	750	18	15	67	0	0	II,5
Мустила ЛСП (Финляндия) ех. Линдуловская роща	«	46	800	66	30	3	0	0	I,4
Республика Хакасия	Сибирская	58	800	29	23	45	3	0	II,2
Архангельская обл.	Сукачева	46	850	8	8	48	35	0	III,1
Свердловская обл.	«	50	850	25	31	44	0	0	II,2
Насаждения с густотой более 1200 шт./га									
Йёнсберг ЛСП (Швеция)	Сибирская	29	1250	8	25	66	0	0	II,6
Онежский р-н (Архангельская обл.)	Сукачева	51	1400	54	46	0	0	0	I,5
г. Архангельск	«	45	1600	79	21	0	0	0	I,2
Иматра ЛСП (Финляндия)	«	25	1700	37	14	50	0	0	II,1
Архангельская обл.	«	46	1800	70	30	0	0	0	I,3
Архангельская обл.	«	45	1800	100	0	0	0	0	I,0

старше 40 лет и с густотой менее 1600 шт./га она колеблется в пределах 0,1...0,4 – слабая и умеренная [1], с тенденцией к увеличению в более старых древостоях, в более молодых и густых насаждениях в пределах –0,2...0,3. Последнее можно объяснить тем, что более тонкие деревья имеют меньшие отклонения от нормальной формы ствола, чем деревья высших ярусов, так как осенью их рост прекращается раньше (до заморозков). Это позволяет констатировать, что традиционное выполнение рубок ухода не гарантирует улучшения качества формы стволов в среднем по участку. Кроме того, в ходе наблюдений отмечено, что деревья с меньшей кривизной ствола часто произрастают в группах, что в свою очередь оказывает влияние на результат рубок ухода. Поэтому сравнить долю классов качества ствола в насаждениях разной густоты с достаточной точностью затруднительно.

После последнего прореживания в возрасте 50...70 лет, как правило, до главной рубки остается 300 шт./га. Если моделированием сокращать число деревьев до 300 шт./га, полагая, что лучшие деревья будут оставлены в ходе рубок ухода, можно получить более наглядные результаты.

Анализируя результаты проведенных исследований, можно сделать вывод о том, что у лиственницы в условиях Исландии качество формы ствола в определенной степени объясняется географическим происхождением семян. Насаждения происхождения из Линдуловской рощи и в целом с Северо-Запада России по качеству формы ствола превосходят провенции с Алтая, Урала и средней Европы. Надежной корреляционной зависимости между качеством формы ствола и диаметром ствола установить не удалось. Представленная классификация позволяет проводить обоснованный отбор деревьев при рубках ухода с учетом хозяйственно ценных признаков деревьев и конечной цели выращивания насаждения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Дворецкий М.Л.* Пособие по вариационной статистике. Изд. 3-е, переработ. и доп. М.: Лесн. пром-сть, 1971. 104 с.
2. *Милютин Л.И.* О внутривидовых таксонах древесных растений // Вест. ТГУ. 2004. № 10. Приложение. С. 57–58.
3. *Федорков А.Л.* Изменчивость хозяйственно-ценных признаков лиственницы Сукачёва в клоновом архиве // Лесн. журн. 2011. № 3. С. 20–23. (Изв. высш. учеб. заведений).
4. *Birgisdóttir A.B.* Bestandstettheter og stammeform i 10-15 år gamle plantefelt av russisk lerk (*Larix sukaczewii*) på Øst-Island. Universitetet for miljø- og biovetenskap. Institutt for naturforvaltning. Mastergradsoppgave. 2005. 52 p.
5. *Eysteinnsson Th.* Innfluttu skógartrén V: Rússalerki // Skógræktarritið. 2008. N 1. P. 20–39.
6. *Eysteinnsson Th.* Tíðni og afleiðingar kals á 1. áratug 21. aldar í lerkikvæmatilraun á Héraði // Rit Mógilsár Rannsóknastöðvar skógræktar ríkisins. 2012. N 26. P. 26.

7. *Jóhannsdóttir Th.* Áhrif upphafspéttleika lerkis á viðarvöxt og trjágæði. Landbúnaðarháskóli Íslands, Umhverfisdeild. BS-ritgerð. 55 p.

8. *Snorrason A.* Lerki á Íslandi // Ársrit Skógræktarfélags Íslands. Skógræktarfélags Íslands. Reykjavík, 1987. P. 3–22.

Поступила 11.12.12

P. Sigurdsson^{1,2}

¹ Icelandic Forest Service

² Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

Stem Crookedness in *Larix* in Plantations on Iceland

The stem form (crookedness) of *Larix* in forest plantations of Iceland is analyzed. According to this criterion, classification of stem forms and the average class of stem quality were developed for several larch provenances.

Keywords: *Larix*, stem, crookedness, stem defects.

УДК 630*6:630*83

О.О. Ференц¹, Р.Я. Киндрат¹, П.Н. Рыбицкий²

¹Национальный лесотехнический университет Украины

²Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

Ференц Оксана Олеговна окончила в 2011 г. Национальный лесотехнический университет Украины, аспирант кафедры экономики и менеджмента деревообрабатывающих предприятий НЛТУ Украины. Имеет более 5 печатных работ в области экономической эффективности комплексной переработки древесины.
E-mail:tf_nltu@ukr.net



Киндрат Ростислав Ярославович родился в 1953 г., окончил в 1975 г. Львовский лесотехнический институт, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и менеджмента деревообрабатывающих предприятий Национального лесотехнического университета Украины. Имеет более 70 публикаций в области экологии и защиты окружающей среды.
E-mail:nltn@ukr.net



Рыбицкий Петр Николаевич родился в 1952 г., окончил в 1976 г. Ленинградскую лесотехническую академию им. С.М. Кирова, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой дизайна и технологии художественной обработки материалов Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, почетный мебельщик России, почетный работник высшего профессионального образования России. Имеет более 130 научных работ в области повышения эффективности использования древесных ресурсов путем эргономических и технологических подходов к функционированию систем человек–машина.
E-mail:p.rubitsky@narfu.ru



ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ

Определены теоретические подходы к оценке эколого-экономической эффективности производства. Обоснована важность комплексной переработки сырья в деревообрабатывающем производстве и определения его эколого-экономической эффективности. Показана необходимость расчета показателей эколого-экономической эффективности.

Ключевые слова: экологическая эффективность, экономическая эффективность, комплексная переработка, древесина, кризис, экологизация.

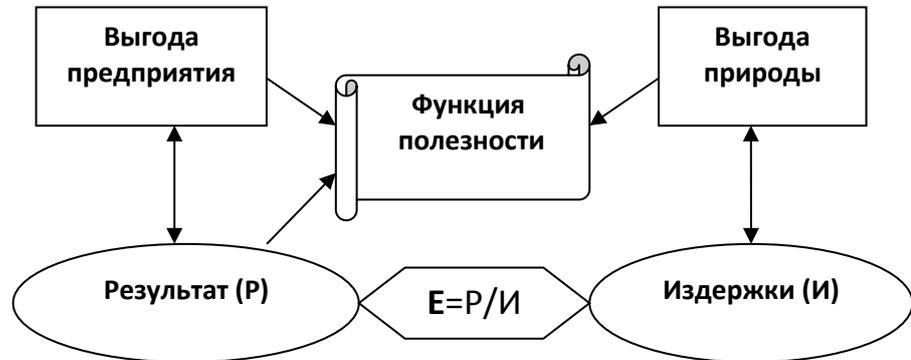
© Ференц О.О., Киндрат Р.Я., Рыбицкий П.Н., 2013

Определение реальной эколого-экономической эффективности – чрезвычайно сложная проблема. Социальные, моральные, экологические последствия вреда, причиненного хозяйственной деятельностью окружающей среде, не поддаются количественному выражению и не могут быть отображены в экономической оценке. Эколого-экономическая оценка эффективности производства характеризуется тем, что непосредственно к экономическому эффекту добавляется прогнозируемый длительный эффект, который учитывает экономические последствия от изменения окружающей среды в обозримом будущем. Перед нами стояла задача исследовать эколого-экономическую эффективность комплексной переработки древесины.

Основой исследования послужили труды отечественных и зарубежных ученых Ю.Ю. Туныца, И.М. Сынякевича, Э.В. Хлобыстова, Л.Г. Мельника, С.В. Мочерного и др., которые посвящены разработкам стратегий экономического и экологического развития (см. таблицу 1). Базой для изучения проблемы комплексного использования древесных ресурсов явились работы специалистов лесной отрасли по вопросам организации и развития деревообрабатывающих производств [1].

Основные подходы к трактовке понятия «эколого-экономическая эффективность» [1]

Автор	Содержание
Ю.Ю. Туныца	Интегральный эколого-экономический эффект природопользования или любой другой хозяйственной деятельности является алгебраической суммой двух различных по форме проявлений эффектов, которые достигаются с разным шагом и только в отдельных случаях одновременно: традиционно экономического и экологического.
Э.В. Хлобыстов	Эколого-экономическая эффективность – это философия управления, которая побуждает бизнес улучшать качество окружающей среды, получая при этом немалую выгоду.
С.В. Мочерный	Эколого-экономическая эффективность – отношение суммарных экономических и экологических издержек к интегральному эколого-экономическому эффекту, комплексная оценка в пространстве и времени взаимодействия экономической деятельности и окружающей среды.
О.В. Врублевская	Эколого-экономический уровень производства является мерой эколого-экономической эффективности.
Л.Г. Мельник	Экологическая эффективность – создание конкурентоспособных по цене товаров и услуг, которые удовлетворяют потребности людей и повышают качество жизни, одновременно сокращая воздействие на окружающую среду.
М.М. Петрушенко	Выпуск экологически чистой продукции и уменьшение негативного влияния на окружающую среду обеспечивают эколого-экономическую эффективность деятельности предприятия в среднем и долгосрочном периодах, которая включает эффективность природопользования, природоохранной деятельности, реализации инновационных процессов.



Структура компонентов эколого-экономической эффективности представлена на рисунке, из которого видно, что достижение эколого-экономической эффективности возможно только при условии объединения усилий государства и предприятия в области контроля.

Один из показателей эффективности производства – эколого-экономическая эффективность (E), которую (в денежном выражении) следует рассчитывать как разницу между общим экономическим эффектом (E_0) и суммой стоимости использованных природных ресурсов, эколого-экономического вреда (EB) и природозащитных мероприятий (C) [3–5]:

$$E = E_0 - (P + EB + C).$$

Экологизация производства позволяет сохранить и улучшить окружающую естественную среду. Конечным результатом абсолютно экологизованного производства является продукция, полученная по безотходным технологиям с обобщающим показателем экологической оценки на основе стоимостного выражения этой продукции [3].

Показателями экономической эффективности применения сырьевых ресурсов являются экономия первичного сырья в натуральном и стоимостном выражениях, экономия трудовых и финансовых ресурсов на подготовку и освоение запасов первичного естественного сырья и строительство новых мощностей, экономия земельных ресурсов за счет уменьшения потребности для складирования потенциальных вторичных ресурсов и отходов производства, а также снижение потребностей в земельных участках для освоения новых ресурсов.

Достаточно актуальной становится проблема унификации терминологии по природопользованию, которая используется в научной, учебной литературе и производственной среде. Научно-обоснованная классификация основных и вторичных ресурсов и отходов может стать основой для сбора, обработки и использования информации для разработки планов и программ,

направленных на повышение эффективности утилизации вторичных ресурсов и отходов, мероприятий для комплексного использования сырья, усовершенствования системы планирования новых мало- и безотходных производств, более широкого применения древесных ресурсов.

Продукция деревообрабатывающего производства не является безотходной, но возможно приближение к малоотходному производству. Способствовать этому может комплексная переработка древесины.

С учетом нарастающей мировой тенденции ресурсосбережения проблема рационального природопользования в Украине становится актуальной, особенно относительно естественного сырья, которым является древесина. Поиск ее заменителей – приоритетное направление во многих странах. Поэтому для Украины, которая нерационально и неэффективно использует свой ресурсный комплекс, необходимо безотлагательно решать данную проблему.

Наличие больших запасов древесных ресурсов не характеризует лесной комплекс как развитую отрасль экономики. Особенно это касается Украины, у которой общий запас древесной массы лесов 1,8 млрд м³. На сегодняшний день лесистость Украины составляет 15,7 % от территории страны при оптимальной 19,0 %. По этому показателю Украина относится к странам со средней лесистостью [1]. Одна из основных проблем в регионах с достаточной лесосырьевой базой – нерациональное использование древесных ресурсов. Отходы от переработки древесины и при заготовке леса остаются неиспользованными. Если всю массу древесины принять за 100 %, то на сегодняшний день лесная промышленность теряет 65...70 % от древесной массы, которая поступает на переработку. Это негативно отражается на состоянии экономики и экологии.

В деревообрабатывающем производстве эти явления усиливаются дефицитом сырьевых ресурсов, катастрофическим состоянием основных фондов, низкими технологическим и техническим уровнями производства, малоэффективным использованием древесного сырья. Рациональное и комплексное использование сырьевых ресурсов в целях удовлетворения внутренних национальных потребностей в древесине и продуктах ее переработки имеет большое экономическое значение [2, 5].

Теоретические исследования заключаются в развитии новых подходов к решению проблемы комплексного использования древесных ресурсов. К научным проблемам, которые нуждаются в безотлагательном решении, можно отнести критический анализ и разработку эффективных направлений управления материальными ресурсами на деревообрабатывающих предприятиях с учетом экологического состояния окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гурняк И.Г. Исследование эколого-экономической эффективности деятельности деревообрабатывающих предприятий Украины: автореф. дисс. ... канд. экон. наук. Львов, 2013. 21 с.
2. Суровцева Л.С., Старкова А.В. Эффективность производства древесных топливных гранул // Лесн. журн. 2011. № 6. С.76–80. (Изв. высш. учеб. заведений).

3. *Тарханов С.Н.* Эколого-физиологические особенности хвойных на осушаемых землях // Лесн. журн. 2013. №3. С.157–159. (Изв. высш. учеб. заведений).
4. *Туныця Ю.Ю.* Экологическая экономика и рынок. К.: Знания, 2006. 120 с.
5. *Туныця Ю.Ю.* Экономические проблемы комплексного использования и охраны природных ресурсов. Львов: Высш. шк., 1976. 215 с.

Поступила 02.04.13

O.O. Ferents¹, R.Ya. Kindrat¹, P.N. Rybitsky²

¹National Forestry University of Ukraine

²Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

Theoretical Approaches to Evaluation of Ecological and Economic Efficiency of Integrated Wood Processing

Theoretical approaches to evaluation of ecological and economic efficiency of production are determined. The importance of integrated processing of raw materials within woodworking and evaluation of its ecological and economic efficiency is substantiated. The necessity to calculate ecological and economic efficiency indexes is proved.

Keywords: ecological efficiency, economic efficiency, integrated processing, wood, crisis, ecologization.

УДК 631.53:581.52(571.64)

А.А. Смирнов

Сахалинский государственный университет

Смирнов Андрей Алексеевич родился в 1956 г, окончил в 1979 г. Дальневосточный государственный университет, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и природопользования Сахалинского государственного университета. Имеет более 30 печатных работ по проблематике растительного покрова острова Сахалин.
E-mail: asm03@yandex.ru



ИНТРОДУКЦИЯ И НАТУРАЛИЗАЦИЯ ХВОЙНЫХ НА САХАЛИНЕ

Изучены возможности интродукции и натурализации ряда древесных пород (сосна обыкновенная, кедр корейский, ель европейская, лиственница тонкочешуйная), естественно не произрастающих на острове Сахалин.

Ключевые слова: естественное возобновление, интродукция, натурализация, подрост, прирост, самосев.

Интродуцированные древесные виды хвойных успешно используются не только в практике озеленения [1] или для изучения их адаптивных возможностей в различных природно-климатических районах [2, 3, 5], но и в целях расширения ассортимента видов, применяемых для создания лесных культур. Так, в частности, на Сахалине для лесокультурных работ наиболее широко используются такие интродуцированные хвойные древесные виды, как сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), лиственница тонкочешуйная (*Larix leptolepis* (Sieb. et Zucc.) Gord.), ель европейская (*Picea abies* (L.) Karst.) и сосна кедровая корейская, или кедр корейский (*Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.).

В начале XX в. эти виды в южной части Сахалина начали высаживать японские лесоводы [6]. К настоящему времени посадки имеют возраст около 80 лет, характеризуются высокой производительностью. В 50–90-е гг. прошлого века эти породы активно культивировались и российскими специалистами лесного хозяйства. Большая часть культур уже вошла в репродуктивную стадию и активно семеносит. Некоторые искусственно созданные массивы лиственничных лесов (Долинский район) уже вовлекаются в рубку.

К концу прошлого столетия на острове было 262 тыс. га лесных культур интродуцированных древесных видов [4], что составляло 3,1% лесных земель. Наличие таких больших площадей лесных культур позволяет не только констатировать успешность интродукционных работ, но и дать оценку результатам натурализации культивируемых видов в новых природно-климатических условиях, оказавшихся в целом вполне пригодными для их произрастания, семеношения и акклиматизации. Появилась возможность изучить особенно-

сти и выявить проблемы естественного возобновления этих видов с учетом того, что только естественные процессы возобновления леса могут обеспечить в перспективе постоянное функционирование лесных экосистем.

Сосна обыкновенная. Отметим, что японские лесоводы в массовом порядке эту породу не культивировали, поскольку оказалось, что уже на первых этапах интродукции наблюдалась снеголомкость и сильное повреждение (вплоть до полного уничтожения) молодых посадок грызунами, так называемое окольцовывание. Но в советское время массовые поставки семян из Хабаровского края, высокая приживаемость саженцев и возможность быстрого перевода культур в лесопокрытую площадь сделали эту породу чрезвычайно популярной. В настоящее время посадки сосны имеются на территории всех административных районов Сахалина, включая и самый северный Охинский район. Общее состояние посадок удовлетворительное, а местами и хорошее, но в южной части острова довольно большие площади культур сосны были списаны по причине окольцовывания грызунами.

В условиях Сахалина начало семеношения сосны отмечается в возрасте 15...20 лет, но ее успешной натурализации препятствуют затрудненное раскрытие шишек по причине влажного климата (часто шишки опадают, не раскрываясь, и семена не разлетаются) и светолюбие, ограничивающее развитие всходов в условиях густого древесного полога, сахалинского высокотравья и сплошных зарослей курильского бамбука. Успешный подрост сосны отмечается только на нарушенных открытых территориях (обочины дорог, заброшенные поля, каменистые осыпи), т.е. в условиях отсутствия конкуренции со стороны древесной, кустарниковой и травянистой растительности. В табл. 1 показан характер прироста 4 деревьев сосны в высоту за 2005–2012 гг., который следует признать достаточно интенсивным.

Таблица 1

		Прирост подраста интродуцированных пород							
Возраст, лет	Высота, см	Прирост, см, по годам							
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Сосна обыкновенная									
9	120	8	11	13	17	19	18	13	15
11	115	–	–	13	12	18	16	15	21
11	130	6	8	11	15	13	16	16	12
9	116	–	14	17	16	14	17	13	14
Ель европейская									
8	140	–	6	7	12	10	8	9	20
15	290	–	–	22	20	20	36	22	35
Кедр корейский									
8	100	5	9	10	7	8	6	7	4
4	25	–	–	–	–	2	3	3	3
9	84	2	2	2	2	5	3	6	6
9	40	2	3	3	5	4	4	4	4
8	30	2	2	3	4	3	2	3	2

Лиственница тонкочешуйная. Наиболее массовая культура в японских посадках. Обладает хорошим приростом по высоте и диаметру, но в связи с этим специалисты лесного хозяйства оценивают ее древесину как достаточно рыхлую. Большая часть посадок лиственницы уже давно вступила в генеративный период, но отмечаются лишь единичные случаи появления подроста этого вида. Как и в случае с сосной, естественному возобновлению этого вида препятствуют затенение со стороны материнского древостоя, угнетение со стороны высокотравья и повреждение мышевидными грызунами. Подрост встречается только в местах, свободных от густой растительности.

Ель европейская. Искусственные лесные массивы этой породы были созданы еще японскими лесоводами. Имеются примеры хорошего роста и развития культур с запасами до 400 м³/га, но в то же время отмечаются многочисленные случаи снеголома в верхней трети ствола в характерные для Сахалина многоснежные зимы. Подобные явления можно признать массовыми. Шишки на европейской ели формируются практически ежегодно. Полнозернистость семян по результатам взрезывания может достигать 100 %, всхожесть семян также бывает очень высокой. Шишки прошлых урожаев обычно сохраняются на деревьях до следующего сезона и опадают на землю с незрелыми семенами. Это является одним из главных факторов, сдерживающих естественное возобновление ели европейской на Сахалине. При благоприятных погодных условиях разлет семян все же происходит, что подтверждается появлением жизнеспособного подроста. Густой полог древостоя также не способствует развитию подроста, хотя ель и считается теневыносливой породой. В густых посадках ели возобновление отсутствует, но при полноте древостоя менее 0,4 естественное возобновление происходит вполне успешно, и количество подроста может достигать 500...1000 экз./га. Размещение подроста чаще групповое и неравномерное. Иногда до трети подроста повреждается снеголомом. В табл. 1 приведены данные о ежегодном приросте 2 деревьев подроста ели.

Сосна кедровая корейская, или кедр корейский. Большого внимания интродукции кедра корейского на Сахалине японские лесоводы не уделяли, хотя небольшие по площади участки культур этого вида имеются на территории различных районов острова. Приоритет в расселении кедра на Сахалине принадлежит российским лесоводам. На юго-западе острова существуют даже лесосеменные участки, созданные в 60-х гг. прошлого века, которые активно семеносят и используются для заготовки семян, примером чего может служить один из них в окрестностях г. Холмска, заложенный в 1963 г. на площади 1,4 га и поставляющий семена с 20-летнего возраста. Почти ежегодно на этом участке собирают до 400...500 кг шишек. Наиболее урожайные годы повторяются через 3...4 года. Самый обильный урожай был в 2005 г., когда на этом участке было заготовлено 2,5 т чистых семян. Несмотря на ежегодные заготовки, в районе расположения участка отмечается естественный подрост кедра корейского. Однако общая численность отмеченного мелкого и

Таблица 2

Таксационные показатели искусственно выращенных сосновых и кедровых лесов

Тип леса	Состав	Число деревьев, шт./га	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Бонитет	Полнота	Запас, м ³ /га
К.р.т.	9,2К0,7Л0,1Е	1510	50	10	12	IV	0,86	90
С. р.т.	9,0С0,8К0,2Е	688	60	13	16	IV	0,58	110
К.р.т.	4,6К3,6Л1,4Е0,4Р	605	70	14	20	IV	0,54	133
С.р.т.	6,1С3,1Л0,8Е	2485	50	8	12	IV	0,58	82
С.р.т.	9,6С0,3Е0,1Р	4220	25	3	6	IV	0,30	42
С.р.т.	9,7С0,3Е	4870	25	4	6	IV	0,35	49
С.р.т.	9,4С0,2Е0,2П0,1Ол0,1Ив	785	60	12	16	IV	0,59	102
С.р.т.	9,0С0,4Б0,3П0,3Р	560	70	15	20	IV	0,62	140

Примечание. К – кедр, Л – лиственница, Е – ель, С – сосна, Р – рябина, П – пихта, Ол – ольха, Ив – ива, Б – береза; К.р.т. – кедровник разнотравный, С.р.т. – сосняк разнотравный.

среднего подроста в переводе на 1 га составляет не более 10 экз. В табл. 1 приведены данные о ежегодном приросте 5 деревьев подроста кедра разного возраста.

Около 20 % подроста повреждается грызунами, но на взрослых деревьях следы погрыза не обнаруживаются. Семена распространяются мышевидными грызунами и птицами, «забывающими» места расположения своих кладовых. В целом, можно констатировать, что интродукция и акклиматизация кедра на острове прошла успешно.

В табл. 2 приведены таксационные показатели искусственно созданных на юге Сахалина древостоев сосны обыкновенной и кедра корейского, свидетельствующие о перспективах выращивания этих видов на Сахалине.

Выводы

Лесные виды хвойных, широко используемые в лесовосстановлении на Сахалине, не только повысили лесистость острова, но и успешно натурализуются в его специфических природно-климатических условиях. При этом темпы развития зависят от биологических особенностей. Так, в естественных темнохвойных лесах и близких к ним вторичных ценозах наибольшие шансы для дальнейшего расселения имеет сосна кедровая корейская, хорошо развивающаяся в условиях затенения. Сдерживающим ее распространение фактором является зоохорный способ переноса семян и уничтожение их животными. Перспективы расселения этого вида достаточно хорошие, поэтому можно ожидать, что при увеличении масштабов лесокультурных работ через несколько поколений этот вид будет широко представлен в лесах Сахалина.

Наибольшим приростом по высоте и объему ствола в условиях острова обладает ель европейская, вполне удовлетворительно распространяющаяся во

вторичных растительных сообществах при малых полнотах древостоя. Она имеет шансы закрепиться в составе растительности, но заметно страдает от снеголома.

Светолюбивые сосна обыкновенная и лиственница тонкочешуйная, хотя и натурализуются в условиях Сахалина, особых перспектив для естественного распространения не имеют. Поскольку, несмотря на активное семеношение, не возобновляются под пологом леса и в условиях сахалинского высокотравья и образуют самосев только в условиях искусственно нарушенных территорий (откосы дорог, пашни и т.п.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Золотарева Е.В., Самошкин Е.Н. Видовой состав и состояние древесных интродуцентов в насаждениях г. Орла // Лесн. журн. 2012. № 3. С. 33–36. (Изв. высш. учеб. заведений).
2. Кищенко И.Т. Семенная продуктивность некоторых представителей семейства *Pinaceae* в условиях интродукции // Лесн. журн. 1999. № 6. С. 49–53. (Изв. высш. учеб. заведений).
3. Лазарева С.М. Краткие итоги интродукции хвойных в ботаническом саду МарГУ // Лесн. журн. 2004. № 5. С. 25–31. (Изв. высш. учеб. заведений).
4. Лесные ресурсы Дальневосточного экономического района: состояние, использование, воспроизводство (нормативно-справочные материалы) / А.С. Шейнгауз [и др.]. Хабаровск, 1989. 41 с.
5. Сарсекова Д.Н. Способность к естественному возобновлению хвойных интродуцентов на юго-востоке Казахстана // Лесн. журн., 2010. № 5. С. 57–63. (Изв. высш. учеб. заведений).
6. Чопенко В.Ф. Искусственное восстановление леса на Южном Сахалине в 1920–1944 гг. // Сб. тр. ДальНИИЛХ. 1966. Вып. 8. С. 260–270.

Поступила 13.12.12

A.A. Smirnov

Sakhalin State University

Introduction and Naturalization of Coniferous Trees on the Sakhalin Island

The paper studies the possibility of introduction and naturalization of a number of tree species (*Larix leptolepis*, *Pinus sylvestris*, *P. koraiensis*, *Picea abies*) on the Sakhalin island.

Keywords: natural regeneration, plant introduction, naturalization, undergrowth, increment, self-seeding.

УДК 674.047

П.В. Билей, П.П. Билей, А.М. Комбаров

Национальный лесотехнический университет 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. Имеет 290 печатных работ в области древесиноведения, тепловой обработки, сушки и защиты древесины, заслуженный деятель науки и техники Украины, академик Лесной АН Украины.
E-mail: p.billy@ukr.net



Билей Петр Петрович родился в 1986 г., окончил в 2012 г. Национальный лесотехнический университет Украины, магистр технологии деревообработки, аспирант НЛТУ. Имеет 4 печатные работы в области древесиноведения и патент Украины на полезную модель.
E-mail: tf nltu@ukr.net



Комбаров Артем Михайлович родился в 1987 г., окончил в 2010 г. Национальный лесотехнический университет Украины, магистр химической технологии переработки древесины и растительного сырья, аспирант НЛТУ. Имеет 5 печатных работ в области древесиноведения, тепловой обработки.
E-mail: tf nltu@ukr.net



ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ ЯВОРА

Проведены экспериментальные исследования физических свойств древесины явора (количество годовых колец в 1 см; начальная влажность; плотность при начальной влажности, в абсолютно сухом состоянии и условная; усушка объемная, в тангентальном и радиальном направлениях относительно волокон).

Ключевые слова: плотность, объемная масса, влажность, усушка, точка насыщения волокна, древесина, физические свойства.

Введение

Клен белый (явор) – лиственное дерево, достигающее в высоту 20...35 м, с широкой куполообразной кроной. На молодых деревьях кора гладкая и серая, с возрастом она грубеет и отслаивается чешуйками, показывая внутренние слои коры от бледно-коричневого до розоватого цвета [3]. Произрастает в западной части Украины, Северном Крыму, характерен для Центральной Европы и Юго-Западной Азии, от Франции на восток до Польши и на юг до гор на севере Испании и Турции, Кавказа.

© Билей П.В., Билей П.П., Комбаров А.М., 2013

Белый клен выращивается ради белой с шелковистым блеском и износостойчивой древесины, используемой для изготовления музыкальных инструментов, мебели, фурнитуры, полов, в том числе паркета. Иногда встречается древесина с волнистой текстурой, что повышает ее ценность для декоративной облицовки (фанеровки). Это традиционный материал для изготовления нижней деки, шейки и завитка грифа скрипки.

Клен отличается своей стойкостью к ветру, городским загрязнениям и солям, что делает его популярным для выращивания в городах, вдоль дорог, посыпаемых солью зимой, и на морском побережье. Интродуцирован и широко распространяется в культуре севернее своего естественного ареала в Северной Европе, особенно на Британских островах и в Скандинавии, на север до Тромсё в Норвегии (семена могут созревать на севере до Вестеролена), в Рейкьявике (Исландия) и в Торсхавне на Фарерских островах [2].

Для Северной Америки одичавшие (происходящие от культурных посадок) белые клены обычны в Новой Англии, Нью-Йорке и на северо-западе, по берегу Тихого океана.

Выращивается во многих частях южного полушария с умеренным климатом, очень часто в Новой Зеландии и на Фолклендских островах. Он рассматривается как нежелательный агрессивный сорный вид в некоторых частях Австралии (Yarra Ranges, Виктория) [2].

Популярный культурный сорт *Acer pseudoplatanus* “Brilliantissimum” отличается ярко оранжево-розовой окраской молодой листвы.

Методика исследования

Для эксперимента образцы древесины (4 партии по 32 образца) были отобраны на территории Малого Полесья (Украина). Образцы имели стандартные размеры заготовок в виде прямоугольной призмы с основанием 20×20 мм и высотой вдоль волокон 30 мм, используемых в исследованиях усушки и разбухания древесины. Углы наклона годичных слоев по отношению к двум противоположным боковым граням были более 10° [1].

Образцы взвешивали на электронных весах с точностью до 0,01 г, определяли их начальную массу (m_w) и размеры электронным штангенциркулем с точностью до 0,01 мм в тангентальном (a_t) и радиальном (a_r) направлениях и вдоль волокон ($a_{||}$), что позволило определить их первоначальный объем (V_w), т. е. объем образца с начальной влажностью (W_0) [3].

Образцы вымачивали в дистиллированной воде при температуре $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ до прекращения изменения размеров. Изменение размеров проверяли повторными измерениями 2-3 контрольных образцов в соответствующих направлениях через каждые сутки. Вымачивание прекращали, когда разница между последовательными измерениями составляла не более 0,02 мм. Таким образом определено максимальное разбухание (δ) образцов древесины для радиального и тангентального направлений и по объему.

Все экспериментальные образцы сначала высушивали до средней влажности (20...25 %) атмосферным способом с принудительной циркуляцией воздуха, затем их досушивали до постоянных размеров в сушильном шкафу при темпера-

туре (103 ± 2) °С, не допуская образования трещин. Изменение размеров 2-3 контрольных образцов проверяли повторным измерением в соответствующих направлениях каждый день от начала высушивания. Сушку прекращали, когда разница между двумя последовательными измерениями не превышала 0,02 мм. Образцы охлаждали до температуры окружающей среды в эксикаторах с гигроскопическим веществом [2].

Для определения начальной влажности находили массу образцов в абс. сухом состоянии (m_0 , г), а также их размеры (a , см) и объем (V_0 , см³). Это дало возможность определить плотность древесины явора во влажном (ρ_w , г/см³) [3] и в абс. сухом (ρ_0 , г/см³) состояниях и базовую (условную) плотность (ρ_y , г/см³), а также полную усушку: объемную (β_v , %), в тангентальном (β_t , %) и радиальном (β_r , %) направлениях относительно волокон [3].

Обработка и результаты экспериментального исследования

Экспериментальные данные можно разделить на две группы. Первая группа включала: число образцов в каждой партии, среднюю массу каждой партии образцов во влажном (\bar{m}_w) и абс. сухом состояниях (\bar{V}_0), а также максимальное разбухание для радиального (δ_r) и тангентального (δ_t) направлений и по объему (δ) [1].

Вторая группа включала: число образцов в каждой партии, среднюю начальную влажность каждой партии образцов (W_0), полное усыхание в тангентальном (β_t) и радиальном (β_r) направлениях относительно волокон и объемную усушку (β_v) [1], среднюю массу каждой партии образцов во влажном (\bar{m}_w) и абс. сухом состояниях (\bar{V}_0), плотность в абс. сухом состоянии (ρ_0) и при данной начальной влажности (ρ_w), а также условную плотность (ρ_y) [2].

Разбухание (δ , %) вычисляли по следующим формулам:
для радиального направления

$$\delta_r = \frac{a_1 - a_0}{a_0} 100; \quad (1)$$

для тангентального направления

$$\delta_t = \frac{a_1 - a_0}{a_0} 100; \quad (2)$$

по объему

$$\delta_v = \frac{a_1 - a_0}{a_0} 100, \quad (3)$$

где a_1 – размеры образца при влажности, равной или выше предела насыщения клеточных стенок соответственно в радиальном и тангентальном направлениях и вдоль волокон;

a_0 – соответствующие размеры образца в абс. сухом состоянии соответственно в радиальном и тангентальном направлениях и вдоль волокон.

Во второй части эксперимента по результатам соответствующих замеров определяли среднюю (\bar{W}) и начальную влажность (W_n) отдельно для обеих экспериментальных партий образцов:

$$\bar{W} = \frac{1}{n} \sum W_i, \quad (4)$$

где n – число образцов в партии, шт.;

W_i – влажность отдельного взятого образца,

$$W_i = \frac{m_n - m_0}{m_0} 100, \quad (5)$$

где m_n – начальная масса образца;

m_0 – масса образца в абс. сухом состоянии.

Среднюю массу партий образцов во влажном и абс. сухом состояниях определяли по следующим формулам:

$$\bar{m}_w = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n m_{wi}; \quad (6)$$

$$\bar{m}_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n m_{0i}. \quad (7)$$

Средний объем образцов во влажном и абс. сухом состояниях находили по следующим формулам:

$$\bar{V}_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_{wi}; \quad (8)$$

$$\bar{V}_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_{0i}. \quad (9)$$

Для определения усушки в тангентальном направлении использовали формулу

$$\beta_t = \frac{\bar{a}_t - \bar{a}'_t}{\bar{a}_t} 100, \quad (10)$$

где \bar{a}_t и \bar{a}'_t – средние размеры образца во влажном и абс. сухом состояниях.

Усушку в радиальном направлении определяли по формуле

$$\beta_r = \frac{\bar{a}_r - \bar{a}'_r}{\bar{a}_r} 100, \quad (11)$$

где \bar{a}_r и \bar{a}'_r – средние размеры образца во влажном и в абс. сухом состояниях.

Объемную усушку находили как

$$\beta_v = \frac{\bar{V}_n - \bar{V}_0}{\bar{V}_n} 100, \quad (12)$$

где \bar{V}_n и \bar{V}_0 – средние объемы образца во влажном и в абс. сухом состояниях.

Плотность древесины для начальной влажности (выше точки насыщения волокон) рассчитывали по формуле

$$\rho_w = \frac{\bar{m}_n}{V_n}, \quad (13)$$

где \bar{m}_n – средняя начальная масса образца;

V_n – средний начальный объем образца.

Плотность древесины в абс. сухом состоянии

$$\rho_0 = \frac{\bar{m}_0}{V_0}, \quad (14)$$

где \bar{m}_0 – средняя масса образца в абс. сухом состоянии;

V_0 – средний объем образца в абс. сухом состоянии.

Условную (базисную) плотность определяли по следующей формуле:

$$\rho_y = \frac{\bar{m}_0}{V_n}. \quad (15)$$

Выводы

1. Разбухание в тангентальном и радиальном направлениях соответственно $\beta_t = 7,07\%$ и $\beta_r = 2,57\%$, объемное – $\beta_V = 9,48\%$; плотность при начальной влажности $W_0 = 98\%$ и в абс. сухом состоянии соответственно $\rho_0 = 0,579 \text{ г/см}^3$ и $\rho_w = 0,999 \text{ г/см}^3$, условная (базисная) – $\rho_y = 0,500 \text{ г/см}^3$.

2. Полученные данные могут быть использованы для прикладных расчетов и составления физико-математических моделей теплообмена.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Винтонів І.С., Сопушинський І.М., Тайшингер А. ДЕРЕВИНОЗНАВСТВО. Львів: Априорі, 2007. 312 с.
2. Тепломасообмінні процеси деревообробки: підручник / Білей П.В., Петришак І.В., Соколовський І.А., Сорока Л.Я. Львів: ЗУКЦ, 2013. 376 с.
3. Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения. М.: Лесн. пром-сть, 1986. 368 с.

Поступила 22.04.13

P.V. Biley, P.P. Biley, A.M. Kombarov

National Forestry University of Ukraine

The Study of Physical Properties of Maple Wood

The paper presents an experimental study of the following physical properties of maple wood: number of annual rings per cm; initial moisture content in the wood; wood density at initial moisture content, in oven-dry state, and nominal density; value of wood shrinkage (volumetric, in tangential and radial direction with respect to the grains).

Keywords: density, volume weight, moisture, shrinkage, fiber saturation point, wood, physical properties.