

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СЕВЕРНЫЙ (АРКТИЧЕСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

Научный журнал

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

2 (320)

**МАТЕРИАЛЫ, ПОСВЯЩЕННЫЕ 80-ЛЕТИЮ
БРЯНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ
ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ АКАДЕМИИ**

2011

ИЗДАТЕЛЬ – СЕВЕРНЫЙ (АРКТИЧЕСКИЙ)
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

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

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

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

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

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 2

Подписной индекс 70368

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

Сдан в набор 14.03.2011. Подписан в печать 20.04.2011. Заказ № 99
Форм. бум. 70×108 1/16. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 14,589. Усл. кр.-отт. 14,589.
Уч.-изд. л. 19,709. Тираж 1000 экз. В розничную продажу не поступает.
Северный (Арктический) федеральный университет

Адрес редакции: 163002, г. Архангельск, наб. Сев. Двины, 17,
тел./факс: 8 (818-2) 28-76-18, тел. 21-89-01
e-mail: forest@agtu.ru http://www.lesnoizhurnal.ru

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-42283 от 11.10.2010.

Издательство Северного (Арктического) федерального университета
163002, г. Архангельск, наб. Сев. Двины, 17

СОДЕРЖАНИЕ

ЕГОРУШКИН В.А. Лесохозяйственный факультет Брянской государственной инженерно-технологической академии: история, современность, перспективы....	7	ШОШИН В.И., ПЛОТНИКОВА Г.П. Исследование влияния альбита на приживаемость и рост культур сосны обыкновенной.....	71
ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО		САМОШКИН Е.Н. , АДАМОВИЧ И.Ю. Особенности строения и соотношение подтипов микориз <i>Picea abies</i> L. в условиях хронического загрязнения радионуклидами в Брянской области.....	75
ИВАНОВ Ю.В., САВОЧКИН Ю.В., МАРЧЕНКО С.И., ИВАНОВ В.П. Анализ ростовых процессов <i>Pinus sylvestris</i> L. на ранних стадиях онтогенеза в условиях хронического действия цинка.....	12	ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ	
УСТИНОВ М.В., УСТИНОВ М.М. Моделирование объемов стволов, выбираемых при рубках ухода в древостоях лесных культур ели Брянской области.....	19	ПАМФИЛОВ Е.А., ЗАЙКИН А.Н., КРИВЧЕНКОВА Г.Н., ПИЛЮШИНА Г.А. Основные закономерности нагружения деталей пильных аппаратов лесозаготовительной техники.....	82
ШЕЛУХО В.П. Состояние спелых и перестойных ельников в районе техногенеза...	23	ЧАЙКА О.Р. Методика оценки доступности деревьев для захвата при моделировании работы харвестера.....	89
НЕРУШ М.Н. Изменение соотношений текущего и среднего приростов в порослевых дубравах.....	30	ЗАЙКИН А.Н., ЕВЕЛЬСОН Л.И., ИЗЮМОВА Е.Г. Постановка задачи оптимизации объемов запасов и режимов работы лесосечных машин.....	92
ШОШИН В.И., БИРЖОВ А.В., СМЕРНОВА М.Ю. Рост и биологическая продуктивность культур сосны обыкновенной в фазе чащи района хвойно-широколиственных (смешанных) лесов....	34	СЕНИЦЫН С.С. Энергетическая оценка процесса качения пневматического колеса по деформируемому грунту.....	100
ПЕРЕПЕЧИНА Ю.И. Хозяйственно-лесорастительное районирование лесов лесостепи Южного Зауралья (на примере Курганской области).....	40	КАПУСТИН Р.П. К определению тонкости очистки комбинированным центробежным очистителем.....	105
СМИРНОВ С.И. Биотуристические ресурсы лесных и других экосистем и перспективы их освоения на территории европейской части России.....	46	МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ	
МАРКИНА З.Н., МИЛЕШИНА А.В. Использование песчаных почв при выращивании семян сосны обыкновенной.....	49	МЕРКЕЛОВ В.М., ЧАСОВА Н.А. Определение объема слоев древесины, имеющих различные уровни загрязнения радионуклидами.....	109
КИШЕНКОВ Ф.В., ШАПОВАЛОВ Н.Ю. Опыт изучения рубок ухода в учебно-опытном лесхозе БГИТА.....	54	ЛУКАШ А.А. Методика создания новых видов клееных древесных материалов.....	113
МИХАЙЛОВ Н.А. Особенности строения корневых систем порослевого дуба от тонких пней в Брянском лесном массиве.	60	КОНЯШКИН В.И. Предельные характеристики инструментальных материалов..	116
ПЕРЕПЕЧИНА Ю.И. Послепожарное состояние лесов в хозяйственно-лесорастительных районах Курганской области.....	66	ЛУКАШ А.А. Деформации древесины при склеивании рельефной фанеры.....	119

ТОРОПОВ А.С., МЕРКЕЛОВ В.М.,
КРАСНОВА В.Ф. Математическая мо-
дель определения объемного выхода пи-
лопродукции при раскросе хлыстов, за-
грязненных радионуклидами.....

124

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

КУЗОВЛЕВА И.А., СИЛКИНА Т.Я.
Имущественный фактор формирования
конкурентных преимуществ предприятий
лесопромышленного комплекса.....

129

ЛУКАШ А.А. Определение цены на
новые виды фанерной продукции.....

134

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

РЕШЕТНИКОВ А.П., МЕРКЕЛОВ В.М.,
РЕШИН А.П. Теплогенератор многоцеле-
вого назначения.....

138

ЕРОХИН А.В. Отбор деревьев при ком-
плексных рубках в сосновых насаждениях
с ярусом ели.....

141

ВАРФОЛОМЕЕВ Ю.А., И.В. КЛЕПИКОВ,
РЫЛЬЩИКОВ В.В. Высокотехнологич-
ное геодезическое обследование аэро-
дромов на Севере.....

145

CONTENTS

EGORUSHKIN V.A. Forestry Faculty of Bryansk State Academy of Engineering and Technology: History, Modern Times, Prospects.....	7	PEREPECHINA YU.I. Post-fire Forests State in Economic and Forest-growing Zones of the Kurgan Area.....	66
FORESTRY		SHOSHIN V.I., PLOTNIKOVA G.P. Study of Albite Effect on Survival Rate and Growth of Common Pine.....	71
IVANOV YU.V., SAVOCHKIN YU.V., MARCHENKO S.I., IVANOV V.P. Analysis of Growth Processes of Scots Pine at Early Ontogeny Stages in Conditions of Chronic Zinc Effect.....	12	<u>§AMOSHKIN E.N.</u> , ADAMOVICH I.YU. Specific Features of Structure and Correlation of <i>Picea abies</i> L. Mycorrhizae Subtypes under Chronic Pollution by Radionuclides.....	75
USTINOV M.V., USTINOV M.M. Simulation of Stem Volume Harvested under Thinning in Spruce Stands of the Bryansk Area.....	19	WOODEXPLOITATION	
SHELUKHO V.P. State of Mature and Overmature Spruce Stands in Anthropogenesis Region.....	23	E.A. PAMFILOV, A.N. ZAIKIN, G.N. KRIVCHENKOVA, G.A. PILYUSHINA Basic Regularities for Loading Details of Sawing Devices of Logging Machinery...	82
NERUSH M.N. Ratio Change of Current and Medium Increment in Second-growth Oak Forests.....	30	CHAIKA O.R. Technique of Tree Availability Assessment for Gripping at Harvester Operation Simulation.....	89
SHOSHIN V.I., BIRZHOV A.V., SMIRNOVA M.YU. Growth and Biological Productivity of Common Pine in Thicket Stage of Coniferous-Broad-leaved (Mixed) Forests.....	34	ZAIKIN A.N., EVELSON L.I., IZYUMOVA E.G. Setting Optimization Task for Resources Volume and Logging Machines Operation Modes.....	92
PEREPECHINA YU.I. Economic and Forest-growing Zoning of Forests of Southern Trans-Ural Forest-steppe (by Example of Kurgan Area).....	40	SINITSYN S.S. Energy Assessment of Pneumatic Wheel Rolling Process along Deformed Soil.....	100
SMIRNOV S.I. Biotourist Resources of Forest and Other Ecosystems and Prospects of their Development in the European Part of the Russian Federation.....	46	KAPUSTIN R.P. To Determination of Filtration Degree by Combined Centrifugal Purifier.....	105
MARKINA Z.N., MILESHINA A.V. Use of Sandy Soils when Growing Seedlings of Common Pine.....	49	MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOODSCIENCE	
KISHENKOV F.V., SHAPOVALOV N.YU. Studying Thinning in Training-Experimental Forestry Enterprise of BSAET.....	54	MERKELOV V.M., CHASOVA N.A. Determination of Wood Layers Volume Characterized by Different Levels of Radionuclide Pollution.....	109
MIKHAILOV N.A. Root Structure Peculiarities of Coppice Oak from Thin Stumps in the Bryansk Forest.....	60	LUKASH A.A. Creation Technique for New Types of Glued Wood Materials.....	113
		KONYSHKIN V.I. Limiting Characteristics of Instrumental Materials.....	116
		LUKASH A.A. Wood Deformations at Glueing Relief Plywood.....	119

TOROPOV A.S., MERKELOV V.M.,
 KRASNOVA V.F. Mathematical Model
 for Determination of Three-dimensional
 Output of Sawn Products in Cutting of
 Tree-length Timber Polluted by Radio-
 nuclides..... 124

ECONOMICS AND MANAGEMENT

KUZOVLEVA I.A., SILKINA T.YA.
 Property Factor of Competitive Advantages
 Formation for Forest Industry Enterprises... 129
 LUKASH A.A. Price Determination on
 New Types of Plywood Products..... 134

SUMMARIES AND EXCHANGE OF TEACHING

RESHETNIKOV A.P., MERKELOV V.M.,
 RESHIN A.P. Multipurpose Heat-generator.. 138
 EROCHIN A.V. Selection of Trees in
 Complex Cuttings of Pine Stands with
 Spruce Story..... 141
 VARFOLOMEEV YU.A., KLEPIKOV I.V.,
 RYLSHCHIKOV V.V. High-technology
 Geodetic Equipment of Airdromes in the
 North..... 145

УДК 378:630*

В.А. Егорушкин

Брянская государственная инженерно-технологическая академия

Егорушкин Валерий Алексеевич родился в 1977 г., окончил в 1999 г. Брянскую государственную инженерно-технологическую академию, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства, лесных культур и почвоведения, декан лесохозяйственного факультета БГИТА. Имеет свыше 30 научных работ по проблемам искусственного лесовосстановления на почвенно-типологической основе.

E-mail: wegor@list.ru

**ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ФАКУЛЬТЕТ БРЯНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ АКАДЕМИИ: ИСТОРИЯ, СОВРЕМЕННОСТЬ, ПЕРСПЕКТИВЫ**

Отражены основные этапы исторического становления брянской высшей школы лесоводов и ее достижения в области подготовки специалистов лесного хозяйства и научно-исследовательской деятельности по решению актуальных проблем леса, лесопользования и охраны окружающей среды.

Ключевые слова: лесоводство, брянская школа, история.

Лес для жителей Брянского края – самый значимый природный ресурс, на который обращали внимание государственные чины с момента зарождения лесопользования. Так, указом от 6 апреля 1722 г. для надзора за лесами была организована специальная служба вальдмейстеров. В указе говорилось: «...Быть одному главному вальдмейстеру, да по местам вальдмейстерам, а именно: в Петербурге, в Москве, в Казани, на Воронеже, на Рязани, во Брянску, в Новгороде, в Смоленске, в Муроме, и где еще надобно будет...»

27 мая 1804 г. Лесной департамент России в г. Козельске (на северной границе Брянского лесного массива) открыл первый в России лесной институт. В 1902 г. в пос. Орловские дворики начала функционировать школа лесных кондукторов, выпускавшая объездчиков, мастеров леса, младших техников. В 1905 г. она была преобразована в лесную школу, в 1921 г. – в Карачижско-Крыловский лесной техникум.

В 1906 г. по инициативе и при непосредственном участии профессоров М.М. Орлова и Г.Ф. Морозова учреждено Брянское опытное лесниче-

ство. Первые шаги его деятельности связаны с именами крупных специалистов и ученых: М.В. Агафонова, П.З. Виноградова-Никитина, А.В. Тюрина, В.Н. Сукачева, В.П. Тимофеева, Н.А. Коновалова и др.

Г.Ф. Морозов отмечал: «Открытие первого опытного лесничества в пределах лесной области должно собою ознаменовать поворотный пункт в лесохозяйственной деятельности, оно должно выражать собою замену пассивного отношения к вырубкам активной заботой о них».

Лесничий А.В. Тюрин, обследовав в 1911–1919 гг. сосновые насаждения, подготовил капитальный труд «Основы хозяйства в сосновых лесах». Он предложил рассматривать брянские леса как огромную пробную площадь в Восточном Полесье, примыкающем на западе к Припятскому Полесью.

В 1930 г. решением Президиума ВСНХ РСФСР от 3 июля 1930 г. (протокол № 111) был открыт Брянский лесотехнический институт (БЛТИ). Учебный корпус разместился в недавно выстроенном в центре города доме банков и промышленности, где по сей день располагается лесохозяйственный факультет.

На работу в институт перешли педагоги Карачижско-Крыловского лесного техникума (Н.К. Старк, В.Н. Старк, С.А. Ковригин, С.К. Флеров и др.) и научные кадры Брянского опытного лесничества (В.П. Разумов, М.Г. Кожевников, Г.М. Козленко и др.). В 1930 г. были открыты кафедры ботаники, дендрологии, лесоводства, почвоведения, в 1932 г. – лесной таксации, лесозащиты, экономики. Возглавили работу кафедр проф. А.В. Жуковский, С.К. Флеров, Б.Д. Жилкин, П.С. Погребняк, Н.П. Ремезов, Н.Н. Чикилевский, В.И. Переход и др. При институте работали вечерний рабфак и курсы повышения квалификации кадров.

Первый прием 120 студентов состоялся в декабре 1930 г., первый выпуск 58 ученых-лесоводов – в 1936 г. За 10 предвоенных лет подготовлено 424 ученых-лесоводов, 25 % выпускников получили дипломы с отличием.

В 1932 г. в ведение БЛТИ передано Брянское опытное лесничество, которое обеспечивало проведение учебной и производственной практик, стало базой для научно-исследовательских и опытных работ.

В мае 1933 г. Брянский лесотехнический институт был подчинен Наркомзему РСФСР и стал называться Брянским лесным институтом (БЛИ). С 1937 г. начала функционировать аспирантура, ее первыми аспирантами были М.Я. Оскретков, В.В. Памфилов, В.Г. Митин.

16 января 1940 г. Брянский лесной институт был переименован в Брянский лесохозяйственный институт (БЛХИ). В 1940 г. в нем работали 11 профессоров, 10 доцентов, 22 старших преподавателя, 10 ассистентов, обучались 464 студента, 21 аспирант.

В 1941 г. многие преподаватели и студенты старших курсов добровольцами ушли на фронт (В.К. Шапошников, В.П. Корнев, Я.С. Оглоб-

лин, А.А. Луцевич, В.Г. Митин и др.). Вуз же не прекращал своей деятельности, находясь в эвакуации в г. Советске Кировской области в расположении Суводского лесного техникума.

В 1944 г. БЛХИ вернулся в родной Брянск и приступил к восстановлению разрушенной учебно-лабораторной базы, строительству жилья, организации полномасштабного учебного процесса. До 1945 г. учебный процесс по специальностям института курировал заместитель директора по учебной и научной работе. В 1945 г. лесохозяйственный факультет возглавил первый декан Ф.М. Гуров, тогда же на факультет поступило 240 студентов.

В 1947 г. в состав Учебно-опытного лесхоза вошла территория Карачижско-Крыловского лесничества общей площадью 7 тыс. га, относившаяся к лесотехникуму. Лесной фонд за годы войны оказался сильно расстроенным бессистемными рубками, утрачены плано-картографические материалы. В 1947–1948 гг. силами аспирантов и студентов под руководством доц. Г.М. Козленко проведено лесоустройство, составлен проект организации и развития лесхоза.

К 1950 г. факультет был полностью укомплектован кадрами, заново обустроена учебно-лабораторная база, в Учебно-опытном лесхозе восстановлены учебно-опытные объекты. Прием на первый курс в 1950 г. достиг 250 человек. Возникли новые кафедры: дендрологии и селекции, лесной фитопатологии и древесиноведения. Кадровый состав пополнили молодые профессора: Б.В. Гроздов, Н.В. Лобанов. Возобновила работу аспирантура, в которой начали учиться фронтовики А.А. Луцевич, В.Г. Нечистик, В.П. Корнев, М.Т. Лавров, В.Н. Никончук, Г.М. Орловский, И.Н. Лигачев, Н.З. Харитоновна, И.И. Хуторцов, А.И. Котов и другие выпускники.

До 1956 г. ежегодный набор составлял 175 студентов, но из-за возможного перевода в Уссурийск (тогда Ворошилов) резко сократился. Усилиями проф. В.М. Обновленского, Б.В. Гроздова, Н.В. Лобанова, В.П. Разумова, П.В. Воропанова при поддержке областных партийных органов лесохозяйственный институт и факультет в Брянске удалось сохранить.

В 1960 г. на базе БЛХИ был создан Брянский технологический институт (БТИ), который возглавил В.В. Памфилов. Возникли новые строительный и механический факультеты. Основой многопрофильного вуза также был ЛХФ. Прием составил 150 человек. В течение 30 лет набор оставался стабильным. Подготовка специалистов шла по двум специализациям – инженер лесного хозяйства и до 1977 г. – инженер-мелиоратор. В 1978 г. была открыта специализация – озеленение, позже переросшая в отдельную специальность «Садово-парковое и ландшафтное строительство».

В 1976 г. Брянский технологический институт и кафедру лесоустройства возглавил Е.С. Мурахтанов – известный ученый-лесоустроитель, талантливый организатор, приложивший много сил для процветания вуза. В период его руководства Указом Президиума Верховного Совета СССР от 5 августа 1980 г. за заслуги в подготовке квалифицированных специалистов для народного хозяйства и развитие науки Брянский технологический институт был награжден орденом Трудового Красного Знамени. Немаловажную роль в этом сыграла многогранная научная и практическая деятельность профессорско-преподавательского состава факультета.

После 1986 г. факультет вместе с институтом вступил в непростой «перестроечный» период существова-

ния, но, несмотря на трудности, коллектив не претерпел качественных изменений.

В 1995 г. Брянский технологический институт был преобразован в Брянскую государственную инженерно-технологическую академию (БГИТА). Новый статус вуза обязывает коллектив ЛХФ совершенствовать свою дальнейшую деятельность.

Лесохозяйственный факультет стоял у истоков всесоюзного движения, именовавшегося с 1949 г. «Лесной патруль», а с 1964 г. «Школьное лесничество». С тех пор ученые ЛХФ являются незаменимыми консультантами и помощниками школьников, связывающих свой жизненный путь с лесом. В 1980–1990-е гг. при ЛХФ функционировала Малая лесная академия. Многие тысячи школьников прошли специальную подготовку перед поступлением в институты и позднее стали прекрасными специалистами лесного дела.

В 1999–2007 гг. ЛХФ являлся базовым центром по проведению региональных туров Всероссийской студенческой олимпиады по специальности «Лесное хозяйство», в которых принимали участие многие лесные вузы России. Параллельно проходил конкурс выпускных квалификационных работ. В 2002–2008 гг. на базе Крапивинского лесхоза-техникума функционировало представительство БГИТА, целью работы которого была подготовка инженеров лесного хозяйства и ландшафтного строительства. С 2004 г. лесохозяйственный факультет является крупным центром подготовки специалистов лесного хозяйства соседнего государства – Республики Беларусь. С этого времени в Брянск приезжают выпускники лесных техникумов Беларуси. Прием на заочную сокращенную форму обучения превышает 200 человек.

В 2002 и 2008 гг. деятельность факультета успешно, практически без замечаний, прошла внешнюю экспертизу при государственной аккредитации академии.

Первое десятилетие XXI в. оказалось крайне не простым для факультета по набору студентов очного обучения на специальность «Лесное хозяйство». Выпускникам районных и сельских школ, традиционно составлявших основную часть студентов, стало очень трудно конкурировать с абитуриентами из областного центра, многие из которых получали высшее образование без учета специфики специальности и не стремились работать в отрасли.

В 2006 г. принятие нового Лесного кодекса не могло не отразиться на жизни факультета. 2007–2008 гг. оказались наиболее сложными в плане набора на первый курс. Деканатом был разработан четкий план мероприятий по совместной работе с областными управлениями лесами по обеспечению набора, а также усилению взаимодействия с сетью школьных лесничеств Брянской и соседних областей. Результатами проведенной работы стало увеличение конкурса по заявлениям на специальность «Лесное хозяйство» в 2009 г. до 3,0 (против 1,15 в 2008 г.). Резко изменилась география набора. Если в 2005–2008 гг. доля жителей областного центра, поступивших на первый курс, составляла около 50 %, то в 2009 г. этот показатель уменьшился до 15 %, доля жителей районов области увеличилась до 73 %, соседних областей – до 13 %. Специальность «Садово-парковое и ландшафтное строительство», довольно популярная у молодежи, не ощутила таких трудностей.

Стабильная работа лесохозяйственного факультета – результат плодотворной деятельности его руководителей, которыми были: В.М. Дронжев-

ский (1949–1955 гг.), доц. Ф.М. Гуров (1956–1961 гг.), доц. А.А. Луцевич (1961–1971 гг.), доц. Е.Н. Самошкин (1972–1973, 1979–1980 гг.), проф. Н.З. Харитоновна (1974–1979 гг.), проф. Ф.В. Кишенков (1980–1988, 1990–2006 гг.), доц. В.И. Шошин (1988–1989 гг.), доц. В.А. Егорушкин (с 2006 г. по настоящее время).

Сегодня, несмотря на все трудности, ЛХФ продолжает успешно функционировать в составе инженерно-технологической академии. В его структуре три укрупненные выпускающие кафедры: лесоустройства, лесозащиты и охотоведения; лесоводства, лесных культур и почвоведения; садово-паркового и ландшафтного строительства, на которых работают 10 докторов и 39 кандидатов наук. Как и прежде, штат профессорско-преподавательского состава – самый остепененный (100 %). В числе преподавателей факультета пять заслуженных лесоводов РФ (профессора В.П. Тарасенко, Ф.В. Кишенков, С.И. Смирнов, доценты В.И. Шошин, М.Н. Неруш), заслуженный деятель науки РФ, проф. А.С. Тихонов.

Для коллектива весьма характерна преемственность поколений. На всех кафедрах представлены опытные педагоги, среднее звено преподавателей и молодежь. Практически все являются выпускниками ЛХФ.

За 80 лет на факультете по очной и заочной формам обучения подготовлено более 13 тыс. специалистов, в том числе около 11 тыс. по дневной. Среди выпускников более 60 докторов и 500 кандидатов наук. Ведется подготовка инженеров по двум специальностям: «Лесное хозяйство» и «Садово-парковое и ландшафтное строительство», действуют магистратура, аспирантура и докторантура. Председателями ГАК являются высококвалифицированные специалисты, причем по спе-

циальности «Садово-парковое и ландшафтное строительство» – руководители служб озеленения и благоустройства муниципальных районов Москвы и С.-Петербурга.

ЛХФ БГИТА – региональный центр лесной науки, в котором успешно функционируют сложившиеся научные школы и направления:

спонтанная и индуцированная различными экологическими факторами изменчивость лесных и декоративных растений для отбора ценных форм (профессора Е.Н. Самошкин и А.Н. Ткаченко, доценты И.Н. Глазун и С.Н. Шлапакова);

разработка методов искусственного лесовосстановления с обоснованием целевого состава насаждений на почвенно-типологической основе (профессора В.П. Тарасенко и З.Н. Маркина, доценты В.И. Шошин, М.Ю. Смирнова и В.А. Егорушкин);

совершенствование региональной методологии учета лесного фонда, организации хозяйства в лесах и нормативной базы в условиях рыночных отношений (проф. Ф.В. Кишенков, доценты М.Н. Неруш, Ю.И. Перепечина и М.В. Устинов);

научное обоснование управления и мониторинга биоресурсов на популяционно-ландшафтной основе (профессора С.И. Смирнов и В.П. Шелуха);

проблемы повышения продуктивности лесов Брянского лесного массива в современных условиях рыночных отношений (профессора А.С. Тихонов и В.П. Иванов, доц. Д.И. Нартов).

Катастрофа на Чернобыльской АЭС, оставившая свой отпечаток на территории Брянской области, продиктовала необходимость изучения ее последствий и реабилитации загрязненных территорий. Под руководством проф. Е.Н. Самошкина начались исследования фенотипической и генотипической изменчивости древесных лесных растений в условиях хронического загрязнения.

С 1998 г. на лесохозяйственном факультете функционирует проблемная лаборатория «Биоразнообразие и экологический мониторинг природных экосистем» под руководством проф. В.П. Иванова, которой разработано более 30 проектов по вопросам лесного хозяйства и экологии.

С 2009 г., под руководством проф. В.П. Тарасенко совместно с учеными Белоруссии и Украины и при поддержке РФФИ ведется научно-исследовательская работа, посвященная искусственному лесовосстановлению на радиоактивно загрязненных территориях.

С 1966 г. по настоящее время при ЛХФ с некоторыми перерывами работает диссертационный совет по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора сельскохозяйственных наук.

Старейший лесохозяйственный факультет, никогда не менявший своего названия, верен традициям, сложившимся за 80-летний период. Сегодня перед ним стоит множество задач: переход на двухуровневую систему образования, продолжение начатой в 2009 г. профориентационной работы, повышение уровня научных исследований, более интенсивный выход на международный уровень. Большой потенциал профессорско-преподавательского состава факультета позволяет надеяться, что все эти задачи будут успешно решены.

V.A. Egorushkin

Bryansk State Academy of Engineering and Technology

Forestry Faculty of Bryansk State Academy of Engineering and Technology: History, Modern Times, Prospects

Main stages of the historical development of Bryansk Higher Forestry School are reflected as well as its achievements in training forestry specialists and scientific-research activity aimed at solving topical problems of a forest, forest management and environmental protection.

Keywords: forestry, Bryansk School, history.



УДК 630*174.754:504.054:669.5

Ю.В. Иванов¹, Ю.В. Савочкин¹, С.И. Марченко², В.П. Иванов²¹Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН²Брянская государственная инженерно-технологическая академия

Иванов Юрий Валерьевич родился в 1983 г., окончил в 2005 г. Брянскую государственную инженерно-технологическую академию, кандидат биологических наук, научный сотрудник Института физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН. Имеет 48 печатных работ в области физиологии растений.

E-mail: ivanovinfo@mail.ru



Савочкин Юрий Валерьевич родился в 1986 г., окончил в 2008 г. Брянскую государственную инженерно-технологическую академию, аспирант Института физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН. Имеет 3 печатные работы в области лесной таксации и физиологии древесных растений.

E-mail: savochkin@mail.ru



Марченко Сергей Иванович родился в 1961 г., окончил в 1983 г. Брянский технологический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства, лесных культур и почвоведения Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет более 50 печатных работ в области лесовосстановления, лесного почвоведения, оценки окружающей природной среды методами дендроиндикации.

E-mail: mars_bryansk@mail.ru



Иванов Валерий Павлович родился в 1947 г., окончил в 1971 г. Брянский технологический институт, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой лесоводства, лесных культур и почвоведения Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет более 100 печатных работ в области лесного хозяйства и экологии.

E-mail: ivpinfo@mail.ru



АНАЛИЗ РОСТОВЫХ ПРОЦЕССОВ *Pinus sylvestris* L. НА РАННИХ СТАДИЯХ ОНТОГЕНЕЗА В УСЛОВИЯХ ХРОНИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ЦИНКА

Изучено влияние $ZnSO_4$ на рост и развитие всходов сосны обыкновенной в условиях водной культуры. Выявлен предел летальных и сублетальных концентраций препарата. Показано ингибирование роста органов всходов, в особенности корневой системы. Обоснована возможность использования сосны обыкновенной в качестве биоиндикатора токсического действия тяжелых металлов.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, тяжелые металлы, токсический эффект, ингибирование роста.

В последние десятилетия лесные системы испытывают возрастающее техногенное воздействие промышленных предприятий и автотранспорта в виде загрязнений атмосферы, почвы и воды. Особую группу негативных факторов составляют тяжелые металлы, так как они не подвержены биодеструкции,

аккумулируются в почвах до токсических концентраций, вызывая деградации и необратимые сукцессии фитоценозов. В этой группе уникальная роль принадлежит цинку, который входит в состав всех классов ферментов (оксидоредуктазы, трансферазы, гидролазы, лиазы, изомеразы, лигазы) [11].

В промышленных объемах цинк начали добывать с конца XVIII в., а к 2011 г. уровень мировой добычи достиг 11,1 млн т в год, что обусловлено его использованием в производстве стали и сплавов, резины, красок, пластиков и пестицидов [15]. В результате возросли объемы выбросов предприятиями и концентрация цинка в почве, атмосфере и водных бассейнах [3]. Высокое содержание цинка в почвах вблизи добывающих предприятий отмечено в Нидерландах – 1020, Австрии – 8900, Греции – 10 457 мг/кг [12]. На сельскохозяйственных землях содержание цинка увеличивается в результате применения удобрений (преимущественно суперфосфатов). Рост автомобильного парка приводит к повышению загрязнения придорожных полос от выбросов двигателей внутреннего сгорания, износа шин, где содержится 1,3...2,0 % оксида цинка [7]. Цинк интенсивно поглощается растительностью (до 5160 тыс. т в год), что делает его одним из основных и опасных загрязнителей биоты [3].

Основным критерием степени нарушения лесных экосистем является дисбаланс химического состава растений, что проявляется в антагонизме эссенциальных элементов и накоплении токсичных веществ. Так, в хвое сосны в районах горнодобывающего производства отмечены очень высокие валовые концентрации Zn, Al, S, Pb [3]. Популяции, устойчивые к высокому содержанию тяжелых металлов, впервые выявлены в биогеохимических провинциях с природным обогащением Cu, Zn, Co, Ni, Cr [21]. Действие цинка на растения начали изучать сравнительно недавно, в основном на сельхозкультурах: рисе, пшенице [21], хлопке [17], сахарном тростнике [11], томате [16]. Многие исследования выполнены на дикорас-

тущих травянистых растениях: смолевке приморской [21], полевице тонкой, овсянице красной, щетиннике зеленым [20], очитке [1]. Существенный вклад в понимание механизмов действия тяжелых металлов внесло изучение модельных объектов: резуховидки Талля (*Arabidopsis thaliana* L.) [21] и хрустальной травки (*Mesembryanthemum crystallinum* L.) [4].

Сведения о действии цинка на древесно-кустарниковую растительность малочисленны [3]. Исследуются, как правило, листовые породы: осина (*Populus tremula* L.), тополь белый (*Populus alba* L.) [14, 22], ива корзиночная (*Salix viminalis* L.) [14], акация (*Acacia holosericea* L.). Известны исследования влияния цинка на сеянцы сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), инокулированной различными микоризообразователями [8, 9, 13].

Актуальной научной проблемой является изучение воздействия цинка в различных концентрациях на рост, развитие сеянцев хвойных и проявление токсического эффекта. Цель нашей работы заключается в выявлении особенностей токсического действия сульфата цинка на всхожесть семян и формирование органов сеянцев на ранних этапах онтогенеза сосны обыкновенной, обширный ареал которой охватывает геохимические аномалии с повышенным содержанием тяжелых металлов.

Семена сосны обыкновенной получены в Брянской лесосеменной станции ФГУ «Рослесозащита» в 2009 г. После предпосевной стерилизации их проращивали в условиях водной культуры с содержанием $ZnSO_4$ 1,26 (контроль), 100, 250, 500, 800, 1100 и 1500 мкМ (мкмоль/л). После разветывания семядолей всходы выращивали в камере фитотрона при 12-часовом световом периоде на модифицированной питательной

среде Кнопа [2] с соответствующей концентрацией $ZnSO_4$. Растворы заменяли через 5 дн. По достижении сеянцами возраста 6 нед. (сформированы корневая система и первичная хвоя) их вынимали, подсушивали на фильтровальной бумаге, взвешивали с точностью 0,1 мг и сканировали с разрешением 800 dpi. Измерения проводили в программе MapInfo Professional v. 9.5 с точностью 0,01 мм.

Анализ показал, что в испытанных концентрациях $ZnSO_4$ вызывал увеличение всхожести семян в среднем на 13,2 %. Наибольший эффект наблюдался при концентрациях 250, 500 и 800 мкМ, превышение над контролем составило 22,5; 24,2 и 21,6 % соответственно. При наименьшей концентрации (100 мкМ) увеличение всхожести не отмечено, при высоких (1100 и 1500 мкМ) зафиксировано ингибирующее действие. Увеличение всхожести семян в диапазоне концентраций 50...800 мкМ и ингибирование прорастания при более высоких их значениях показано на растениях *Mesembryanthemum crystallinum* L. [4] и смолевке приморской (*Silene maritima* With.) [21]. Однако в опытах с щетинником зеленым (*Setaria viridis* L.) в диапазоне концентраций до 1000 мкМ влияние цинка на прорастание семян не установлено [20].

Цинк при всех испытанных концентрациях вызвал увеличение энергии прорастания семян сосны. В контроле массовое прорастание отмечалось на 9–11-й, а при действии цинка – на 5–7-й день. При концентрациях 250, 500 и 800 мкМ энергия прорастания семян была высокой, при 1100 и 1500 мкМ значительно ниже. Возможным механизмом, объясняющим наблюдаемое явление, на наш взгляд, является активация цинком фермента целлюлазы, играющего важную роль при прорастании семян [5].

В высоких концентрациях (1100, 1500 мкМ) цинк вызывал увеличение числа ненормально проросших семян в 2,25 и в 2,50 раза, при средних концентрациях существенных отклонений не выявлено. Наблюдаемые эффекты можно объяснить генотоксичным действием цинка, проявляющимся в разбалансировке окислительных реакций с образованием свободных радикалов и повышении частоты хромосомных aberrаций [21].

Под влиянием цинка снизилось количество загнивающих при прорастании семян в 2,3–11,6 раза по сравнению с контролем, что объясняется его асептическими свойствами и ингибированием развития патогенной микрофлоры. Наиболее заметные эффекты воздействия цинка проявляются после разрушения семенной кожуры и выхода корня.

На 30-й день эксперимента цинк вызвал увеличение количества погибших всходов при всех исследованных концентрациях. При 100 мкМ гибель всходов превышала контрольный уровень в 4,7 раза, при 500, 800, 1100 и 1500 мкМ соответственно в 7,6; 9,0; 14,6 и 22,0 раза. Последующий мониторинг в течение 20 дн. выявил рост гибели всходов при средних и низких концентрациях вследствие хронического токсического действия цинка. Примечательно, что в контрольной группе погибшие всходы еще не развились до стадии сброса семенной кожуры. Под действием $ZnSO_4$ количество погибших всходов в семенной кожуре было меньше, чем сбросивших ее.

К окончанию эксперимента количество погибших всходов по сравнению с контролем кардинально отличалось от наблюдаемого на 30-й день: при действии 100 мкМ цинка – в 2 раза, при 1100 и 1500 мкМ – в 4,9–5,2 раза, что объясняется проявлением дозового эффекта.

Цинк в высоких концентрациях вызывает острый токсический эффект, приводящий к гибели растений за короткие промежутки времени, а в низких и средних, характеризующих хронический эффект, – за более длительные периоды.

Сравнение устойчивости разных видов растений по данному показателю представляет сложность в связи с большой вариабельностью признака. Например, в экспериментах с 6 видами морских водорослей показана их гибель в течение 21 дн. при концентрации цинка 76 мкМ [21]. Для древесных видов – эвкалипта камальдульского (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.), акации (*Acacia holosericea* L.), кайюпутового дерева (*Melaleuca leucadendra* L.) – в течение 10 нед. критическим оказалось действие 20, 12 и 1,5 мкМ соответственно [19]. При концентрациях свыше 1000 мкМ отмечена гибель хрустальной травки в течение 3-4 дн., а при содержании в среде 800 мкМ $ZnSO_4$ растения завершают онтогенез и формируют жизнеспособные семена [4]. Культивируемый в условиях *in vitro* тополь белый частично устойчив к цинку в концентрациях 500...3000 мкМ [22]. Клетки помидора в условиях *in vitro* выдерживают действие 5000 мкМ цинка [16].

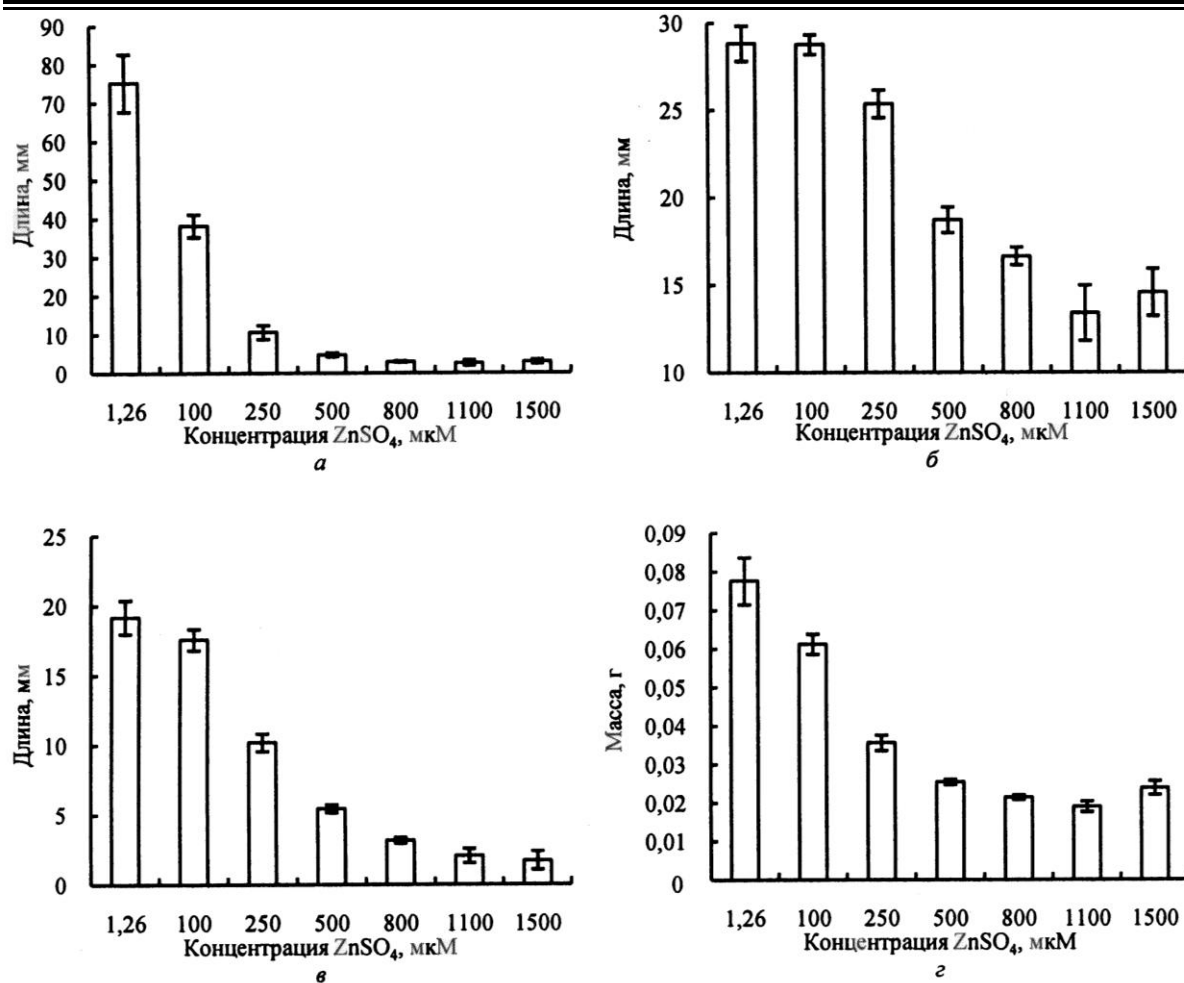
Влияние любого стрессора сопровождается ингибированием роста органов растений. Как правило, тормозится удлинение корня [2, 10, 18]. Токсическое действие цинка на рост корневой системы обнаружено во всех вариантах испытанных концентраций. При 100 мкМ ингибирование роста корня составляет 49,3 %. Более высокие концентрации приводят к практически полному подавлению роста корня, при 250, 500...1500 мкМ соответственно на 86 и 93,8...96,9 % (рис. а). При этом сопоставимой редукции размеров стволиков и семядолей не про-

исходило (рис. б). Уменьшение размеров стволиков отмечено от концентрации 250 мкМ включительно, где оно составляло 12,1%. Цинк в более высоких концентрациях вызвал большее снижение длины стволика – на 35,1 % при 500 мкМ и на 53,6 % при 1100 мкМ.

Слабое действие цинк оказывал на рост семядолей всходов. Минимальные размеры (на 22,4% меньше контроля) отмечены при концентрациях более 800 мкМ. Превышение барьера 10 %-го ингибирования наблюдалось при концентрациях 250 и 500 мкМ. Таким образом, в условиях токсического действия цинка семядоли всходов развивались более стабильно.

Сопоставимое влияние цинк оказал на рост первичной хвои (рис. в). Значительный ингибирующий эффект действия $ZnSO_4$ отмечен при концентрации более 250 мкМ (46,8 %). Динамика уменьшения прироста хвои при высоких концентрациях сопоставима с уменьшением длины корней. Действие $ZnSO_4$ в концентрациях 1100 и 1500 мкМ приводило к практически 90 %-му ингибированию роста хвои. Следствием уменьшения размеров сеянцев явилось и снижение их общей биомассы (рис. г). При концентрации 100 мкМ масса снизилась на 21,1 % от контроля, при 250 мкМ – на 54,1 %, еще больше при более высоких концентрациях.

В экспериментах с сеянцами сосны обыкновенной, инокулированными эктомикоризным грибом *Suillus bovinus* (L. Fr.) Roussel, видимые симптомы подавления роста не проявлялись в течение 7 нед. при 0,1...150 мкМ (Zn^{2+}). Но длительное (в течение 9 мес) выращивание выявило повышенную чувствительность корней по сравнению с надземной частью [6, 13].



Влияние цинка на ростовые процессы сосны на ранней стадии онтогенеза: а – длина корня; б – длина стволика; в – длина первичной хвои; г – масса всхода

Установлено, что обработка цинком семян сосны обыкновенной приводит к снижению общей длины корней, однако не происходит существенного уменьшения биомассы корней и надземной части [9]. У однолетних семян сосны, инокулированных эктомикоризными грибами, при выращивании на твердом субстрате с обработкой 7000 и 14 000 мкМ ZnSO₄ не выявлено влияния на пророст и биомассу надземной части [8].

Один из симптомов токсического действия цинка, который не удалось обнаружить в наших экспериментах, – развитие хлороза хвои, что подтверждается исследованиями других авторов, выполненными на сосне обыкновенной. У большинства видов растений действие цинка, помимо ингибирования роста, приводит к развитию различных типов хлорозов [10, 17].

Проявление их симптомов при избытке цинка связывают с развитием дефицита необходимых микроэлементов (марганец, магний и железо) [10, 21]. В результате цинк замещает марганец в мембранах тилакоидов и, как следствие, ингибирует фотосистему II [17]. Происходит редукция фотосинтетического транспорта электронов и эффективности фотосинтеза [13]. Отсутствие симптомов хлороза в наших экспериментах можно объяснить достаточной обеспеченностью растений микроэлементами (в хорошо доступной форме) и частой заменой питательного раствора.

Выводы

1. Цинк в оптимальных дозах оказывает положительное влияние на прорастание семян, подавляя развитие патогенной микрофлоры.

2. Сеянцы сосны обыкновенной на ранних этапах онтогенеза характеризуются высокой чувствительностью к цинку, что проявляется в ингибировании их роста и развития, особенно корневой системы и первичной хвои.

3. Превышение содержания цинка в почвенном растворе до 250 мкМ приводит к гибели сеянцев, ввиду острой токсичности для корневой системы.

4. Развитие семядолей и рост стволиков всходов сосны обыкновенной характеризуется высокой стабильностью на фоне негативного воздействия цинка, что обусловлено генотипом вида.

5. Высокая чувствительность сосны обыкновенной к действию цинка на ранних этапах онтогенеза делает ее значимым индикатором токсического действия тяжелых металлов в природных экосистемах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антиоксидантная система в корнях двух контрастных экотипов *Sedum alfredii* при повышенных концентрациях цинка / Т.К. Ли [и др.] // Физиология растений. 2008. Т. 55, № 6. С. 886–894.
2. Иванов Ю.В., Карташов А.В., Савочкин Ю.В. Устойчивость всходов *Pinus sylvestris* и *Picea abies* к солевому стрессу // Лесн. вестн. 2010. № 3 (72). С. 119–123.
3. Рассеянные элементы в бореальных лесах / В.В. Никонов [и др.]; отв. ред. А.С. Исаев. М.: Наука, 2004. 616 с.
4. Холодова В.П., Волков К.С., Кузнецов В.В. Адаптация к высоким концентрациям солей меди и цинка растений хрустальной травки и возможность их использования в целях фиторемедиации // Физиология растений. 2005. Т. 52, № 6. С. 848–858.
5. Abushama F.T., Kambal M.A. The role of zinc in the activation of the enzyme cellulose in termites // Cellular and Molecular Life Sciences. 1976. Vol. 32, N 1. P. 19–20.
6. Adriaensen K., Vangronsveld J., Colpaert J.V. Zinc-tolerant *Suillus bovinus* improves growth of Zn-exposed *Pinus sylvestris* seedlings // Mycorrhiza. 2006. Vol. 16. P. 553–558.
7. Altaf W.J. Botanical environmental monitors for zinc pollution resulting from vehicular traffic // Journ. of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. 2007. Vol. 271, N 3. P. 665–670.
8. Colpaert J.V., Van Assche J.A. Zinc toxicity in ectomycorrhizal *Pinus sylvestris* // Plant and Soil. 1992. Vol. 143. P. 201–211.
9. Hartley-Whitaker J., Cairney J.W.G., Meharg A.A. Sensitivity to Cd or Zn of host and symbiont of ectomycorrhizal *Pinus sylvestris* L. (Scots pine) seedlings // Plant and Soil. 2000. Vol. 218. P. 31–42.
10. Hell R., Mendel R.-R. Cell biology of metals and nutrients // Springer, 2010. 285 p.
11. Impact of excess zinc on growth parameters, cell division, nutrient accumulation, photosynthetic pigments and oxidative stress of sugarcane (*Saccharum* spp.) / R. Jain [a.o.] // Acta Physiol. Plant. 2010. Vol. 32. P. 979–986.
12. Kabata-Pendias A., Mukherjee A.B. Trace elements from soil to human // Springer, 2007. 576 p.
13. Krupa P., Kozdroj J. Ectomycorrhizal fungi and associated bacteria provide protection against heavy metals in inoculated pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings // Water, Air, and Soil Pollution. 2007. Vol. 182. P. 83–90.
14. Leaf responsiveness of *Populus tremula* and *Salix viminalis* to soil contaminated with heavy metals and acidic rainwater / S. Hermle [a.o.] // Tree Physiology. 2007. Vol. 27. P. 1517–1531.
15. Mineral commodity summaries // U.S. Geological Survey, 2010. 193 p.
16. Muschitz A., Faugeron C., Morvan H. Response of cultured tomato cells subjected to excess zinc: role of cell wall in zinc compartmentation // Acta Physiol. Plant. 2009. Vol. 31. P. 1197–1204.
17. Physiology of cotton / J. McD. Stewart [a.o.] // Springer, 2010. 564 p.
18. Response of antioxidant enzymes in *Nicotiana tabacum* clones during phytoextraction of heavy metals / L. Lyubenova [a.o.] // Environ. Sci. Pollut. Res. 2009. Vol. 16. P. 573–581.
19. Seedling responses of three Australian tree species to toxic concentrations of zinc in solution culture / S.M. Reichman [a.o.] // Plant and Soil. 2001. Vol. 235. P. 151–158.
20. *Setaria viridis* tolerance of high zinc concentrations / N.M. Kaznina [a.o.] // Biology Bulletin. 2009. Vol. 36, N 6. P. 575–581.

21. Sustainable agriculture / E. Lichtfouse [a.o.] // Springer, 2009. 919 p.

22. Zinc and cadmium effects on growth and ion distribution in *Populus tremula*×*Populus alba* / T.C. Durand [a.o.] // *Biologia Plantarum*. 2010. Vol. 54(1). P. 191–194.

*Yu.V. Ivanov*¹, *Yu.V. Savochkin*¹, *S.I. Marchenko*², *V.P. Ivanov*²

¹ K.A. Timiryazev Institute of Plant Physiology, Russian Academy of Science

² Bryansk State Academy of Engineering and Technology

Analysis of Growth Processes of Scots Pine at Early Ontogeny Stages in Conditions of Chronic Zinc Effect

The influence of zinc sulphate on Scots pine sprouts growth and development in water culture conditions is investigated. The limit of lethal and sublethal zinc sulphate concentrations is revealed. The inhibition of sprouts body growth, especially the root system, is demonstrated. The possibility of using Scots pine as bioindicator of heavy metals toxic effect is justified.

Keywords: Scots pine, heavy metals, zinc sulphate, toxic effect, growth inhibition.



УДК 630*53:630*245

М.В. Устинов, М.М. Устинов

Брянская государственная инженерно-технологическая академия

Устинов Михаил Васильевич родился в 1956 г., окончил Брянский технологический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет свыше 50 печатных работ в области таксации, лесоустройства и информационных технологий.
E-mail: max32br@rambler.ru



Устинов Максим Михайлович родился в 1984 г., окончил в 2006 г. Брянскую государственную инженерно-технологическую академию, аспирант БГИТА. Имеет 11 печатных работ по исследованиям товарной структуры выбираемой при рубках ухода части древостоев.
E-mail: max32br@rambler.ru



МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕМОВ СТВОЛОВ, ВЫБИРАЕМЫХ ПРИ РУБКАХ УХОДА В ДРЕВОСТОЯХ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР ЕЛИ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

Представлено моделирование форм и объемов стволов ели, выбираемых при рубках ухода за лесом.

Ключевые слова: ель, рубки ухода, объем ствола, видовое число, коэффициент формы, разряд высот.

В современных условиях перед лесной отраслью стоят задачи перехода на новые технологии инвентаризации лесов, совершенствования методической и нормативной лесотаксационной базы. Применение существующих нормативов не удовлетворяет современную лесохозяйственную практику, особенно при таксации части древостоев, выбираемой рубками ухода и характеризующейся иными размерно-качественными показателями.

Объектом исследований являются ельники Брянской области, которые занимают 95 377 га, что на 1,4 % больше, чем 10 лет назад. Из них 67,9 % – ельники искусственного происхождения. Созданию культур ели или с ее участием способствовало, начиная с 1970-х гг., массовое уничтожение культур сосны лосем. Повреждение ели короедом-типографом привело к снижению темпа расширения площадей, занятых этой породой. Большая часть культур была создана в последние 40 лет. Тенденции указывают на

возможность значительного увеличения ельников к середине XXI в.

Цель нашей работы заключается в изучении закономерностей роста выбираемой части древостоев лесных культур ели и разработке нормативов для определения объемов стволов.

Исследованиями установлена тесная (на уровне $r = 0,80...0,95$) корреляция высоты выбираемых деревьев с таксационным диаметром, объемом ствола как в коре, так и без коры, а также приростами по объему. Высоты имеют тесную связь и с совокупностью показателей: произведением возраста дерева на его высоту ($r = 0,82$), видовой высотой, произведением высоты на диаметр ствола ($r = 0,92$), высоты на второй коэффициент формы ствола ($r = 0,95$). Сильная связь ($r = 0,6...0,8$) имеется с коэффициентом формы ствола и текущим приростом по объему. С другими показателями корреляция слабая или практически отсутствует. Высота деревьев практически не зависит от класса бонитета

насаждения ($r = -0,23$), а также ТЛУ ($r = -0,10$ по влажности почв, $r = 0,14$ по их богатству).

Для моделирования высоты нами взят таксационный диаметр ствола как показатель, наиболее доступный для прямых измерений. Для классификации деревьев по разрядам высот построена математическая модель зависимости от диаметра:

$$h = \left(\frac{5,566338}{2,53616d + 5,646402} + 5,646402 \times \sqrt{2,608333 + 1,10937d - 9,15879} K^{w-t} \right)$$

где h – моделируемая высота ствола, м;

d – фактический таксационный диаметр ствола, см;

K – коэффициент различия разрядов высот;

w – номер моделируемого разряда высот;

t – номер центрального разряда высот.

Так как модель построена по всей совокупности модельных деревьев (413 шт.), то она описывает только центральный (базовый) разряд высот (т. е. $t = 4$). Конкретные модели образуются при изменении коэффициента w в соответствии с номером разряда высот. С учетом граничных значений ступеней толщины, обусловленных экспериментальным материалом (начальная ступень 4, конечная 30 см) образуется девять разрядов высот. Построенная модель характеризуется высокой точностью определения средней высоты ($P = 1,3$ %). Она использована при составлении нормативов для нахождения разряда высот и моделировании объемов стволов.

Большое значение при определении объема стволов имеет его форма. Коэффициент формы (q_2) стволов деревьев, выбираемых при рубках ухода за лесом, имеет такую же связь с видовым числом ($r = 0,93$) и другими таксационными показателями ствола и

насаждения, как в древостое в целом. Он не зависит от лесорастительных условий (класс бонитета, полнота, тип леса, ТЛУ), теснота связи по модулю не превышает $r = 0,11$.

Так как высота и таксационный диаметр являются объемобразующими показателями и применяются одновременно при моделировании q_2 , что позволяют сделать современные информационные технологии, нами для его моделирования проверено восемь типов функций, из которых оптимальна следующая:

$$q_2 = -0,11033d \left(0,042027 - \frac{0,32203}{h} \right) + 0,758321,$$

где h – фактическая высота ствола, м.

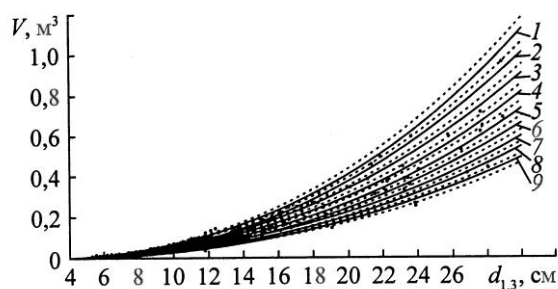
С помощью этого уравнения можно определить среднее значение q_2 с точностью опыта 0,46 %, изменчивость не превышает 9,4 %, основное отклонение 0,018. Показатели получены на уровне достоверности $P = 99,9$ %.

Для стволов, выбираемых при рубках ухода за лесом, средние значения коэффициентов формы, получаемые по модели, с увеличением ступени толщины уменьшаются, т. е. сохраняется закономерность их изменения, как и для древостоя в целом.

Построена также модель видовых чисел (f) стволов ели, которые тесно коррелируют с коэффициентами формы q_1 ($r = 0,80$), q_2 ($r = 0,93$), q_3 ($r = 0,88$). С другими показателями ствола корреляция слабая. Для моделирования видового числа проверено четыре типа уравнений. Приводим одну из лучших модель, сохраняющую биологические закономерности изменения видового числа:

$$f = -0,0769 + \frac{0,020127}{d} + \frac{0,412279}{h} + 0,798419q_2.$$

Модель позволяет определить средние значения с ошибкой $\pm 0,53$ %. Основные оценочные показатели получены на высоком уровне достоверности



Закономерность изменения объемов стволов ели, выбираемых при рубках ухода:
1–9 – разряды высот

Объемы стволов ели по разрядам высот

D, см	Разряд высот								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	8,8 0,0064	7,8 0,0057	6,9 0,0052	6,2 0,0047	5,5 0,0042	4,9 0,0039	4,4 0,0035	3,9 0,0032	3,5 0,0029
6	11,8 0,0186	10,5 0,0167	9,3 0,0151	8,3 0,0136	7,4 0,0123	6,6 0,0111	5,8 0,0101	5,2 0,0091	4,6 0,0083
8	14,5 0,0396	12,9 0,0356	11,5 0,0321	10,2 0,0289	9,1 0,0261	8,1 0,0236	7,2 0,0213	6,4 0,0193	5,7 0,0176
10	16,9 0,0710	15,1 0,0638	13,4 0,0574	11,9 0,0517	10,6 0,0466	9,4 0,0421	8,4 0,0380	7,5 0,0345	6,7 0,0313
12	19,2 0,1139	17,1 0,1023	15,2 0,0920	13,5 0,0828	12,0 0,0747	10,7 0,0674	9,5 0,0609	8,5 0,0551	7,6 0,0500
14	21,3 0,1693	19,0 0,1521	16,9 0,1367	15,0 0,1231	13,4 0,1109	11,9 0,1001	10,6 0,0904	9,4 0,0819	8,4 0,0742
16	23,3 0,2380	20,8 0,2138	18,5 0,1922	16,4 0,1730	14,6 0,1558	13,0 0,1406	11,6 0,1271	10,3 0,1150	9,2 0,1043
18	25,2 0,3207	22,4 0,2880	20,0 0,2589	17,8 0,2330	15,8 0,2099	14,1 0,1894	12,5 0,1712	11,2 0,1549	9,9 0,1405
20	27,0 0,4176	24,1 0,3751	21,4 0,3372	19,1 0,3035	17,0 0,2735	15,1 0,2468	13,4 0,2230	12,0 0,2019	10,6 0,1831
22	28,8 0,5293	25,6 0,4754	22,8 0,4275	20,3 0,3848	18,0 0,3468	16,1 0,3130	14,3 0,2829	12,7 0,2561	11,3 0,2323
24	30,4 0,6560	27,1 0,5893	24,1 0,5299	21,5 0,4770	19,1 0,4300	17,0 0,3881	15,1 0,3509	13,5 0,3177	12,0 0,2882
26	32,0 0,7977	28,5 0,7167	25,4 0,6446	22,6 0,5804	20,1 0,5232	17,9 0,4724	15,9 0,4272	14,2 0,3869	12,6 0,3510
28	33,6 0,9546	29,9 0,8577	26,6 0,7715	23,7 0,6948	21,1 0,6266	18,8 0,5658	16,7 0,5118	14,9 0,4636	13,2 0,4208
30	35,1 1,1265	31,2 1,0124	27,8 0,9108	24,7 0,8205	22,0 0,7400	19,6 0,6685	17,4 0,6047	15,5 0,5480	13,8 0,4976

Примечание. В числителе – H , м; в знаменателе – V , м³.

$R = 99,9$ %, коэффициент детерминации $R^2 = 0,894$. Для стволов ели, выбираемых при рубках ухода за лесом, закономерность изменения видовых чисел сохраняется, как и для древостоя в целом.

В результате обработки и анализа экспериментального материала на основании изучения форм стволов деревьев были разработаны таблицы объемов стволов ели, выбираемых при

рубках ухода за лесом. Они построены на решении функции

$$V = ghf,$$

где g – площадь сечения ствола дерева на высоте 1,3 м, м².

Эта модель дает возможность определять объем стволов ели, выбираемых при рубках ухода за лесом, с ошибкой не более 5,8 % и достоверностью $P = 99,9$ %. Изменчивость объемов составляет 118,5 %, что объясняется шириной работы принятой модели в пределах таксационного диаметра 4...30 см. Коэффициент детерминации Пирсона составляет $R^2 = 0,931$.

Наглядно распределение объемов стволов в зависимости от диаметра представлено на рисунке.

На основе установленных математических моделей высот и форм стволов получены средние значения объемов стволов ели, выбираемых при рубках ухода за лесом, по разрядам

высот (см. таблицу). При построении объемных таблиц использовано варьирование высот в пределах $\pm 3\sigma$ по каждой ступени толщины.

Разработанные таблицы позволяют установить объемы хлыстов и выполняют роль нормативного документа для стволов ели, выбираемых при рубках ухода за лесом. Помимо этого, они служат звеном для составления других нормативных документов, в частности сортиментных таблиц.

M.V. Ustinov, M.M. Ustinov

Bryansk State Academy of Engineering and Technology

Simulation of Stem Volume Harvested under Thinning in Spruce Stands of the Bryansk Area

Simulation of spruce stems shape and volume harvested under thinning is presented.

Keywords: spruce, thinning, stem volume, form factor, shape coefficient, height order.

УДК 504.054: 630*174.755

В.П. Шелухо

Брянская государственная инженерно-технологическая академия

Шелухо Василий Павлович родился в 1956 г., окончил в 1979 г. Брянский технологический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесоустройства, лесозащиты и охотоведения Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет более 120 печатных работ в области влияния на лесонасаждения экологических факторов преимущественно антропогенной природы; лесной энтомологии, лесопатологии.

E-mail: sheluhoVP@rambler.ru



СОСТОЯНИЕ СПЕЛЫХ И ПЕРЕСТОЙНЫХ ЕЛЬНИКОВ В РАЙОНЕ ТЕХНОГЕНЕЗА

Проанализировано состояние еловых насаждений при различной степени воздействия аэрополлютантов цементного производства в связи с возрастом и лесоводственно-таксационными показателями. Обоснованы рекомендации в целях управления состоянием и жизнеспособностью лесонасаждений.

Ключевые слова: промышленные загрязнения, еловые насаждения, состояние, режим ведения лесного хозяйства.

В условиях европейской части России антропогенное влияние на растительность является мощным фактором, негативно сказывающимся на устойчивости древесных растений [2, 3]. Так как продуценты являются основой круговорота веществ, то состояние природной среды определяется именно по их реакциям [2, 4, 9]. Растительность, испытывающая стресс от техногенеза, становится более чувствительной к действию климатических факторов, насекомых и заболеваний [2, 10].

Ель, относящаяся к числу природно-прогрессивных эдификаторов, в последние десятилетия является наиболее проблемной древесной породой. Из-за поверхностной корневой системы и тонкой коры она подвержена негативному воздействию климатических факторов. Проявились также последствия практики создания однопорядковых и разновозрастных ельников, не отличающихся устойчивостью.

Длительные периоды засух привели к снижению уровня грунтовых вод и ослабили защитные механизмы древесных пород, что вызвало разви-

тие насекомых-ксилофагов, ускорило темпы их размножения [3, 8]. Ослабленные еловые насаждения становятся ареной для размножения короедов, среди которых доминантом является короед-типограф, сильно ускоряющий процесс усыхания древостоев. После засух вспышки его размножения длятся 4...5 лет, а при их повторении могут продолжаться до 10 лет и более.

Массовое ослабление ельников и образование очагов короедов фиксировали в России на протяжении всей ее истории. Усыхание носит циклический характер, связанный с солнечной активностью. Именно к периодам высокой активности солнца приурочено значительное ослабление насаждений и увеличение численности популяций короедов [3, 4]. В связи с общим потеплением климата вспышки короедов в ельниках как показатель снижения их устойчивости стали реализовываться чаще [12]. В 2000 г. началась новая волна размножения типографа, длившаяся до 2004 г. Причиной послужили крайне неблагоприятные погодные условия предыдущих лет [13]. Как правило, наибольшее ослабление ельников

и вспышки размножения короеда начинаются на 2–4-й год после засух. В 2009 г. в Брянской области зафиксировано увеличение площадей усыхания ели, в 2010 г. процесс значительно ускорился, особенно в спелых и перестойных лесах. В силу биоэкологических требований ксилофагов именно их размножение является индикатором падения устойчивости лесонасаждений.

Таким образом, периодическое ослабление ельников и вспышки размножения типографа являются естественным элементом динамики лесов с высоким участием ели. Их ослабление интенсифицируется при синергическом воздействии нескольких ослабляющих факторов.

В Брянской области на лесные экосистемы ложится основная нагрузка по трансформации и инкорпорации загрязнений в результате антропогенной деятельности. Важнейшим из стационарных источников загрязнения воздуха является крупнейшее в Европе цементное производство – АО «Мальцовский портландцемент» с ежегодным выбросом загрязняющих веществ 68,0...73,2 тыс. т.

Основной тип ослабления лесных экосистем в районе техногенеза – хронический. Реакция растений на загрязнение воздуха зависит от химической формы примеси, метеофакторов, времени экспозиции. Ослабление и отмирание еловых насаждений носит чаще очаговый характер [9, 13].

При атмосферном загрязнении, по сравнению с фоновой зоной, в отпад в большей степени вовлекаются средние, согосподствующие и господствующие деревья. Скорость их отмирания снижается по мере удаления от источника эмиссий [9].

С возрастом меняется интенсивность физиологических процессов и, как следствие, степень устойчивости к воздействию различных стрессоров.

Наиболее устойчивы к воздействию промышленных аэрополлютантов хвойные молодняки и средневозрастные насаждения, в приспевающих начинают проявляться морфоструктурные изменения крон деревьев, интенсифицируется процесс ослабления.

Объекты и методика работ. Исследования проводили в лесах Учлесхоза БГИТА, находящихся под хроническим действием поллютантов цементного предприятия. Основной лесобразующей породой является сосна, ельники занимают 5,8 % лесопокрытой площади. Все леса отнесены к категории «зеленые зоны».

Последние 10 лет среднегодовая температура воздуха устойчиво превышает средний многолетний уровень, что приводит к возрастанию сухости местообитаний, усилению транспирации влаги растениями, увеличению суточного времени раскрытия устьиц и предопределяет синергическое воздействие загрязнений воздуха.

Обследовали хвойные леса с преобладанием ели в составе. Большая часть работ проведена в древостоях 80...170 лет, полнотой 0,5...0,8, I–IIa классов бонитета, произрастающих в зеленомошной и сложной группах типов леса в типах условий местопроизрастания В₂, С₂, С₃, расположенных в зонах сильного и умеренного воздействия загрязнений [10].

Состояние древостоев оценивали согласно нормативным документам [5–7, 11] с распределением элементов по категориям состояния, заселенности. Определяли долю деревьев без признаков повреждения, суммарную долю ослабленных и сильно ослабленных, относительный диаметр отпада, которые наиболее точно отражают состояние древостоя при хроническом ослаблении [10], выявляли роль ксилофагов в ослаблении и усыхании ельников.

Обследовано более 300 га еловых лесов, учтено состояние елового элемента на 17 пробных площадях, а также популяционных параметров типографа на 9 модельных деревьях.

Анализ результатов. При хроническом воздействии щелочных пылевых загрязнений наименее устойчивой хвойной древесной породой является ель европейская, что подтверждается индексами санитарного состояния (ель – 2,04; сосна – 1,50) и коэффициентами жизнеспособности древостоя (соответственно 75,2 и 85,7).

Ель ослабевает и усыхает куртинами, участками, особенно при синергическом воздействии нескольких стрессовых факторов, например промышленных загрязнений и засух. Прежде всего это отмечается на возвышенных элементах рельефа.

Состояние насаждений напрямую зависит от степени загрязнения: в ранее выделенных зонах [10] при сильном воздействии выбросов индекс санитарного состояния ели – 2,65, сосны – 1,90; при умеренном – 1,93 и 1,46.

При хроническом влиянии стрессора происходит ослабление деревьев и начинается их заселение наиболее активными видами ксилофагов, для ели европейской это типограф, гравер обыкновенный и короед-двойник, которые вызывают быстрое отмирание деревьев.

Состояние деревьев и процесс их ослабления стрессором зависят от многих факторов: возраста, лесоводственно-таксационных показателей насаждения, погодно-климатических условий, индивидуальной изменчивости.

Анализ трендов изменения санитарного состояния и жизнеспособности древостоев хвойных пород показал, что в пределах зон воздействия аэрополлютантов состояние элементов леса ухудшается с приближением к источнику загрязнения и увеличением возраста в рассмотренном диапазоне.

Возраст древостоя в достаточно богатых условиях оказывает влияние на состояние элемента леса, однако не решающее, ибо естественная продолжительность жизни ели превосходит исследованные периоды жизни деревьев. Гораздо более значимое влияние оказывает полнота насаждения. С ее увеличением состояние деревьев ели основного полога ухудшается от ослабленного до сильно ослабленного, снижается жизнеспособность деревьев, что связано с большим воздействием загрязненных воздушных потоков и длительным застоем дымовых газов и пыли в высокополотных насаждениях в периоды штелей. Кроны деревьев ели в них высоко приподняты, основной объем ассимиляционных органов находится в верхней четверти ствола.

Изменение состояния ели с разной долей участия в составе насаждения нами прослежено в однородных условиях липнякового типа леса, возраст древостоя 130...170 лет. Состояние елового элемента леса незначимо ($F_{\text{факт}} < F_{\text{табл}}$) улучшается от сильно ослабленного до ослабленного с увеличением доли участия не более 8 единиц и образованием однородного насаждения с плотным пологом крон.

Нами сделана попытка определить влияние почвенно-влажностных характеристик условий произрастания на устойчивость спелых и перестойных ельников в зонах промышленного воздействия. Исследованные участки представлены преимущественно насаждениями липнякового типа леса с небольшим участием лещиново-копытеневого типа. Средние данные, отражающие состояние ели при умеренном техногенезе, приведены в табл. 1.

Состояние еловых древостоев в липняковом типе леса ($E_{\text{лип}}$) несколько лучше, нежели в лещиново-копытеновом ($E_{\text{лщкп}}$), оставаясь в категории «ослабленные», что можно объяснить лучшей

адаптацией деревьев более бедных и менее увлажненных местообитаний к засухам и снижению уровня грунтовых вод. При возрастании засухоустойчивости повышается и газоустойчивость древесных растений.

Таблица 1

**Санитарное состояние
слового элемента леса**

Тип леса / лесорастительных условий	СКС	ЖСД
Е _{липп} /С ₂₋₃	1,89	79,2
Е _{лишкл} /D ₂₋₃	2,10	70,6

Примечание. СКС – средневзвешенная категория санитарного состояния; ЖСД – жизненное состояние древостоя [1].

Интенсивность усыхания древостоя ели прослежена на примере очага усыхания и в прилегающей к нему части таксационного выдела в квартале 77 Карачижского отделения биоэкологии леса Учлесхоза. Состав древостоя: 4Е(130)2Е(90)4С(190)+С(90). Средние высота 31 м, диаметр 34 см. Тип леса – ельник волосисто-осоково-крупнопороотниковый, средняя полнота 0,7, класс бонитета I. Подрост 8Е2Кл+Д (5...20 лет) – до 0,7 тыс. шт./га. Подлесок равномерно распределен, густой, доминируют лещина, рябина.

Первоначально усыхание началось в 2003 г., после чего была проведена выборочная санитарная рубка. Однако в засушливые годы процесс не прекратился и к настоящему времени часть выдела представляет собой участок сухостоя 2007–2009 гг., обработанного ксилофагами. Усыхание продолжается по периферии очага.

Очаг усыхания занимает вершину возвышения, полоса до 20 м соответствует склонам, а часть пробных площадей заложена на менее возвышенной, относительно ровной части выдела. Данные обработки учетов на пробных площадях представлены в табл. 2.

С удалением от границы очага улучшается состояние древостоя ели от усыхающего до ослабленного. Текущий отпад снижается с 19,1 до 9,6 %, однако остается больше естественного в 4–5 раз, что отражает ухудшение устойчивости перестойных насаждений ели при снижении уровня грунтовых вод.

Заселенность ксилофагами снижается от очаговой до близкой к ней. В целом количество деревьев категории I возрастает с удалением от очага усыхания. По его границе большая доля здоровых деревьев приходится на ступени толщины, близкие к средней, при удалении от очага – на низкие и средние, что подчеркивает большую устойчивость более молодых деревьев. Вблизи границы растут деревья различных диаметров, что подтверждает общее ослабление насаждения от нарушения корневого питания.

На интенсивность усыхания значительно влияет популяция ксилофагов. Типограф является значимым фактором, ускоряющим ослабление деревьев, нападая на них на более ранних стадиях процесса. В связи с потеплением климата успевают развиваться и маточное, и сестринское поколения. Жуки последнего уходят на зимовку под кору в середине ствола на начальных стадиях ослабления, делая минирные ходы. Следующей весной от мест зимовки начинают развиваться повреждения. Тип заселения стволов – ствольный или комлевой, реже одновременный.

К середине лета следующего года массово отмечается «зеленый сухой» – деревья еще с зеленой хвоей, но без коры вблизи центральной части ствола и с незаселенной комлевой частью с живым лубом.

Анализ модельных деревьев в 2010 г. показал, что плотность поселения

Таблица 2

**Состояние елового элемента леса в насаждении вблизи очага усыхания ели
и размножения короедов**

Местоположе- ние пробной площади, м от границы усы- хания	Распределение деревьев, шт./%, по категориям санитарного состояния											Средневзве- шенная кате- гория сани- тарного со- стояния	Теку- щий отпад	Заселен- ность ксило- фагами %
	I	II		III		IV		V		VI				
		н/з	зас.	н/з	зас.	н/з	зас.	н/з	зас.	н/з	отр.			
0...10	$\frac{34}{15,5}$	$\frac{42}{61,0}$	$\frac{19}{27,8}$	$\frac{21}{24,0}$	$\frac{3}{10,9}$	$\frac{21}{32,0}$	$\frac{11}{14,6}$	$\frac{0}{9,0}$	$\frac{9}{4,1}$	$\frac{3}{59,0}$	$\frac{56}{26,9}$	3,45	19,1	19,1
10...20	$\frac{89}{42,0}$	$\frac{57}{57,0}$	$\frac{0}{27,5}$	$\frac{13}{16,0}$	$\frac{3}{7,7}$	$\frac{9}{16,0}$	$\frac{7}{7,7}$	$\frac{2}{8,0}$	$\frac{6}{3,9}$	$\frac{0}{21,0}$	$\frac{21}{10,1}$	2,31	9,8	7,8
Далее 20	$\frac{91}{40,8}$	$\frac{75}{78,0}$	$\frac{3}{35,0}$	$\frac{20}{22,0}$	$\frac{2}{9,9}$	$\frac{7}{11,0}$	$\frac{4}{4,9}$	$\frac{2}{13,0}$	$\frac{11}{5,8}$	$\frac{2}{8,0}$	$\frac{6}{3,6}$	2,11	9,6	7,0

Примечание. н/з – деревья незаселенные; зас. – заселенные; отр. – отработанные.

типографа является высокой и констатирует напряженные отношения короеда с кормовыми деревьями и высокий уровень численности ксилофага. Энергия размножения находится на уровне 6,1...8,8, что отражает увеличение численности и вызовет заселение деревьев на следующий год в 4–6 раз больше.

Выводы и рекомендации

Состояние ельников в районе техногенеза прямо связано с уровнем загрязнений. Оно ухудшается и особенно существенно при одновременном воздействии нескольких ослабляющих факторов (поллютанты и засуха).

Значительное влияние на санитарное состояние древостоев в зоне умеренного воздействия поллютантов оказывает полнота насаждения. С увеличением полноты оно ухудшается, как и при повышении доли участия ели в составе древостоя более 8 единиц.

При потеплении климата, возрастании засушливости и опускании уровня грунтовых вод ослабление еловых насаждений прогрессирует. Очаги усыхания в первую очередь появляются в перестойных и спелых ельниках на повышенных элементах рельефа. Все усыхающие деревья ели заселены и обработаны ксилофагами, которые ускоряют ослабление и отмирание деревьев. В засушливые годы больше всего страдают ельники, адаптированные к промывному типу водоснабжения в свежих лесорастительных условиях.

В очагах начавшегося усыхания ели, связанного с повышением засушливости климата, выборочные санитарные рубки нецелесообразны, так как процесс продолжится с высокой интенсивностью и потребует проведения сплошной санитарной рубки. Данное явление надо учитывать при отво-

де насаждений для выполнения санитарно-оздоровительных мероприятий.

Из-за накопления численности ксилофагов повышается их агрессивность, что является фактором усыхания и ослабления жизнеспособных деревьев. Необходимо методично проводить мероприятия по снижению численности еловых короедов, своевременно ликвидируя захламленность, разрабатывая очаги усыхания ели, выкладывая ловчие деревья и применяя феромонные ловушки, показавшие высокую эффективность ранее. При этом следует соблюдать оптимальные сроки работ. Изъятие сухостоя и свежезаселенных деревьев является лучшим вариантом санитарных мероприятий в еловых лесах, позволяющим удержать типографа в пределах таксационного выдела.

Требуется повысить эффективность общего надзора и лесопатологического мониторинга, проводить периодические (с повторяемостью не более 3 лет) лесопатологические обследования, в выявленных ослабленных насаждениях чаще осуществлять санитарные и лесозащитные мероприятия.

Выращивание устойчивых однопородных еловых древостоев неоправданно и проблематично. Необходимо создавать смешанные хвойно-лиственные насаждения. Рубками ухода в насаждениях с преобладанием ели рекомендуется поддерживать полноту не выше 0,7.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеев В.А.* Некоторые вопросы диагностики и классификации поврежденных загрязнением лесных экосистем // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Л.: Наука, 1990. С. 78–84.

2. *Жидков А.Н.* Диагностика состояния насаждений хвойных пород // Лесн. хоз-во. 2000. № 4. С. 20–22.

3. Кобельков М.Е. Современное санитарное состояние лесов и пути его улучшения // Там же. 2005. № 2. С. 40–42.

4. Матусевич Л.С. Лесопатологическое состояние еловых лесов на территории европейской России // Там же. 2003. № 1. С. 29–30.

5. Правила санитарной безопасности в лесах РФ. М., 2007. 16 с.

6. Руководство по планированию, организации и проведению лесопатологических обследований. М., 2007. 47 с.

7. Руководство по планированию, организации и ведению лесопатологического мониторинга. М., 2007. 114 с.

8. Состояние природной среды Беларуси: ежегодный периодический бюллетень НАН РБ. Мн., 1996–2006.

9. Шелухо В.П. Биоиндикация хронического промышленного воздействия щелочного типа на компоненты хвойных насаждений. Брянск: БГИТА, 2001. 205 с.

10. Шелухо В.П. Зонирование хвойных лесов при хроническом воздействии выбросов цементного производства // Лесн. журн. 2002. № 2. С. 31–35. (Изв. высш. учеб. заведений).

11. Шелухо В.П., Смирнов С.И. Методические рекомендации по зонированию территории, стабилизации и повышению устойчивости хвойных насаждений в районах хронического воздействия промышленных загрязнений щелочного типа. Брянск: БГИТА, 2002. 40 с.

12. <http://priroda.org>

13. <http://www.forest.ru>

V.P. Shelukho

Bryansk State Academy of Engineering and Technology

State of Mature and Overmature Spruce Stands in Anthropogenesis Region

The spruce stands state is analyzed at the different effect degree of cement production airpollutants due to the age and silvicultural and inventory factors. The recommendations are justified for forest stands state and viability management.

Keywords: industrial pollution, spruce stands, state, forest management mode.

УДК 630*56:630*176.322.6

М.Н. Неруш

Брянская государственная инженерно-технологическая академия

Неруш Михаил Никитич родился в 1946 г., окончил в 1968 г. Брянский технологический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоустройства, лесозащиты и охотоведения Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет более 100 печатных трудов в области таксации и лесоустройства.

E-mail: lhf_bryansk@mail.ru



ИЗМЕНЕНИЕ СООТНОШЕНИЙ ТЕКУЩЕГО И СРЕДНЕГО ПРИРОСТОВ В ПОРОСЛЕВЫХ ДУБРАВАХ

Изучена связь соотношения текущего и среднего приростов с возрастом и относительным диаметром. Выявлены особенности распределения деревьев по возрастным этапам роста и развития в порослевых дубравах.

Ключевые слова: дуб черешчатый, текущий и средний приросты по объему, соотношение приростов, порослевые дубравы.

Одним из основных положений в таксации леса является соотношение между текущим ($Z_V^{\text{тек}}$) и средним ($Z_V^{\text{сп}}$) приростами по объему дерева ($Z_M^{\text{тек}}$ и $Z_M^{\text{сп}}$ по запасу древостоя). С увеличением возраста (a) дерева (A – древостоя) приросты вначале увеличиваются до максимума, а затем уменьшаются. В начальные годы жизни дерева $Z_V^{\text{тек}}$ возрастает быстрее, и его траектория проходит выше кривой $Z_V^{\text{сп}}$. В момент, когда $Z_V^{\text{сп}}$ достигает максимума, они пересекаются, после чего линия изменения $Z_V^{\text{тек}}$ идет ниже $Z_V^{\text{сп}}$. Аналогично изменяются $Z_M^{\text{тек}}$ и $Z_M^{\text{сп}}$ по запасу древостоя. Соотношение $Z_M^{\text{тек}}$ и $Z_M^{\text{сп}}$ учитывается при решении многих научных и практических задач лесного хозяйства. Количественную спелость принято устанавливать по возрасту, когда кривые приростов пересекаются [3]. При рассмотрении онтогенеза у древесных растений выделяют периоды возмужания, зрелости и старения [2]. Одновременно с ростом идет непрерывный процесс развития древесных организмов, который только для отдельных периодов становится хорошо замет-

ным. Некоторые кардинальные периоды развития – возмужание, зрелость, начало старения – должны отмечаться простыми признаками, изменяющимися во времени. Высота как основная величина, характеризующая объем растения, во многом зависит от внешних условий и поэтому не является надежной сравнимой величиной. Более приемлемы для этой цели приросты по объему. По значению коэффициента K_z (отношение $Z_V^{\text{тек}}$ к $Z_V^{\text{сп}}$ или $Z_M^{\text{тек}}$ к $Z_M^{\text{сп}}$) предложено выделять периоды роста и развития: возмужание ($K_z > 2,0$), зрелость ($K_z = 2,0 \dots 1,0$), старение ($K_z \leq 1,0$) [1].

Для изучения закономерностей распределения деревьев в порослевых дубравах по росту и развитию был принят коэффициент K_z . Объектом наших исследований явились дубовые древостои порослевого происхождения II класса бонитета. Экспериментальным материалом послужили 15 пробных площадей, заложенных в 35...135-летних насаждениях с относительной полнотой 0,8 и выше. Было взято 210 модельных деревьев, у которых, кроме общепринятых таксационных показателей, определяли K_z и относительный диаметр (R_d) – отношение диаметра на

высоте 1,3 м без коры ($d_{1,3}$) к приросту по диаметру за последние 5 лет (Z_d). С учетом сложности непосредственного определения K_z у растущих деревьев устанавливали его связь с относительным диаметром. При обработке материала проведена группировка пробных площадей по возрасту.

Результаты исследований свидетельствуют, что на соотношение текущего и среднего прироста деревьев дуба влияют различные факторы: индивидуальные особенности деревьев,

возраст, происхождение, условия местопроизрастания и т. д. Совокупное влияние факторов следует оценивать на основе уравнений множественной регрессии. Для выбора независимых переменных изучали парные связи. Установлена связь K_z с R_d в древостоях различного возраста. С увеличением R_d значения K_z уменьшаются. Связь криволинейная. Пределы изменения K_z деревьев дуба по R_d до 50 лет расширяются, а затем сокращаются, при этом его значения уменьшаются (табл. 1).

Таблица 1

Изменение K_z деревьев дуба с возрастом

Возраст, лет	Значения K_z при относительном диаметре											
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
39	1,87	1,43	1,14	0,98	–	–	–	–	–	–	–	–
52	2,03	1,72	1,46	1,24	1,06	0,93	0,84	0,80	–	–	–	–
62	–	1,96	1,65	1,44	1,29	1,18	1,09	1,01	0,95	–	–	–
75	–	–	1,57	1,48	1,40	1,32	1,24	1,15	1,07	0,99	0,90	0,82

Поэтому при моделировании связи K_z с R_d нельзя ограничиваться лишь последним. Заметно влияние возраста, который необходимо учитывать наряду с относительным диаметром.

По сгруппированным данным модельных деревьев изучали тесноту

связи между K_z и R_d в различном возрасте. Результаты корреляционного анализа приведены для различных возрастов (табл. 2).

Значения коэффициента корреляции (r) и корреляционного отношения (μ) значимы. Связь характеризуется

Таблица 2

Показатели связи между K_z и R_d в древостоях дуба

Возраст, лет	Среднее значение $K_z \pm m$	$r \pm m$	$\mu \pm m$
39	1,44±0,07	-0,653 ±0,101	0,864±0,045
52	1,66±0,10	-0,743±0,083	0,876±0,043
62	1,39±0,06	-0,495±0,113	0,572±0,101
75	1,26±0,06	-0,516±0,011	0,635±0,091
111	1,06±0,05	-0,509±0,043	0,622±0,082
135	0,73±0,06	-0,503±0,031	0,614±0,085

как средняя достоверная обратная. Разность между μ^2 и r^2 больше 0,1, что указывает на криволинейную связь. K_z варьирует от 25 до 33 %, и с возрастом изменчивость уменьшается.

Регрессионный анализ влияния возраста и R_d на K_z выполнен средствами электронной таблицы Microsoft Excel. Установлена тесная связь между этими показателями. Множественный

коэффициент корреляции $R = 0,81$; коэффициент детерминации $R^2 = 0,66$, что указывает на обоснованное включение в модель названных факторов. Получено уравнение регрессии

$$K_z = 1,526 - 0,04 R_d + 0,00499A,$$

на основе которого составлена таблица, отражающая динамику K_z в зависимости от возраста и относительного диаметра деревьев (табл. 3).

Таблица 3

Значения K_z в порослевых дубравах с учетом возраста и относительного диаметра

Относительный диаметр	Значения K_z в возрасте, лет									
	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
4	1,90	2,44	–	–	–	–	–	–	–	–
6	1,50	1,94	2,10	–	–	–	–	–	–	–
8	1,17	1,50	1,67	1,68	–	–	–	–	–	–
10	0,99	1,26	1,43	1,52	1,54	–	–	–	–	–
12	0,86	1,10	1,26	1,37	1,40	1,41	–	–	–	–
14	–	0,99	1,14	1,24	1,29	1,31	1,33	–	–	–
16	–	0,92	1,04	1,14	1,19	1,23	1,25	–	–	–
18	–	0,85	0,97	1,06	1,13	1,17	1,18	1,19	–	–
20	–	–	0,92	0,99	1,06	1,11	1,13	1,15	1,17	–
22	–	–	0,87	0,95	1,00	1,05	1,09	1,11	1,13	–
24	–	–	–	0,91	0,96	1,00	1,04	1,06	1,08	1,10
26	–	–	–	0,86	0,92	0,96	0,99	1,01	1,04	1,06
28	–	–	–	–	0,88	0,92	0,95	0,97	0,99	1,02
30	–	–	–	–	–	0,88	0,92	0,94	0,96	0,98
32	–	–	–	–	–	–	0,89	0,91	0,93	0,95
34	–	–	–	–	–	–	–	0,88	0,91	0,92
36	–	–	–	–	–	–	–	–	0,87	0,89

Для проверки точности определения K_z по этой таблице сравнивали фактические значения K_z модельных деревьев с табличными данными. У 88 деревьев наблюдаются положительные отклонения, не превышающие 7,4 %, у 76 – отрицательные, менее 5 %. Среднеквадратическая ошибка составила 3,8 %. Следовательно, установленная связь может применяться для определения K_z по R_d и возрасту деревьев в порослевых дубравах.

На основе этой связи исследовано распределение деревьев по росту и развитию в древостоях, близких к возрасту рубки и старше. Для этого на

трех пробных площадях у деревьев измерены $d_{1,3}$, с помощью приростного бура взяты керны для определения Z_d и вычислены значения R_d . По табл. 3 определен K_z . В зависимости от его величины выполнено распределение деревьев по возрастным периодам роста и развития. Принято, что при $K_z = 1 \dots 2$ деревья находятся на этапе зрелости, а при $K_z \leq 1$ – старения. Результаты приведены в табл. 4.

После 75-летнего возраста увеличивается количество деревьев дуба, находящихся в периоде старения. В 135-летнем древостое это 97 % деревьев, в то время как в 75-летнем только 25 %.

Таблица 4

Распределение деревьев по коэффициенту K_z в порослевых дубравах

Показатели	Количество деревьев в возрасте, лет		
	75	110	135
Количество деревьев:			
взятых для измерений, шт.	115	131	82
находящихся на этапах, шт./%:			
зрелости	86/75	94/72	2/3
старения	29/25	37/28	80/97
K_z :			
среднее	1,24	1,14	0,70
на этапах:			
зрелости	1,61	1,28	1,10
старения	0,80	0,78	0,68

Средние значения K_z в древостоях снижаются от 1,24 в 75 лет до 0,70 в 135 лет, у деревьев, находящихся в периоде зрелости, соответственно от 1,61 до 1,10.

Выводы

1. Коэффициент соотношения текущего и среднего приростов по объему отражает рост и развитие отдельных деревьев и древостоев в целом.

2. Установлена связь K_z с относительным диаметром и возрастом. С увеличением R_d значения K_z уменьшаются. Пределы изменения K_z по R_d до 50 лет расширяются, а затем сокращаются, при этом его значения уменьшаются. Связь между K_z и R_d характеризуется как средняя достоверная обратная. Значения K_z варьируют в небольших пределах от 25 до 33 %, с возрастом изменчивость уменьшается.

3. Составленная таблица значений K_z с учетом возраста и относительного диаметра может быть использована для характеристики порослевых дубрав по росту и развитию при проведении в них сплошных и выборочных рубок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воропанов П.В. О возрастах количественной спелости леса // Лесн. хоз-во. 1970. № 12. С. 47–54.

2. Гупало П.И., Скрипчинский В.В. Физиология индивидуального развития растений. М.: Колос, 1971. 224 с.

3. Загреев В.В. К вопросу о динамике соотношения текущего и среднего приростов и их связи с типами роста // Лесн. хоз-во. 1987. № 4. С. 51–54.

M.N. Nerush

Bryansk State Academy of Engineering and Technology

Ratio Change of Current and Medium Increment in Second-growth Oak Forests

The connection between the ratio of the current and medium increment with age and relative diameter is studied. The peculiarities of trees distribution according to the age growth stage and development in the second-growth oak forests are revealed.

Keywords: English oak, current and medium increment according to volume, increment ratio, second-growth oak forests.

УДК 630*23:630*5

В.И. Шошин, А.В. Биржов, М.Ю. Смирнова

Брянская государственная инженерно-технологическая академия

Шошин Владимир Иванович родился в 1950 г., окончил в 1973 г. Брянский технологический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесоводства, лесных культур и почвоведения Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет более 100 печатных работ в области искусственного лесовосстановления, лесного хозяйства и экологии.
E-mail: mail@bgita.ru



Биржов Андрей Владимирович родился в 1984 г., окончил в 2006 г. Брянскую государственную инженерно-технологическую академию, ассистент кафедры лесоводства, лесных культур и почвоведения БГИТА. Имеет 5 печатных работ в области изучения биологической продуктивности и фитомассы насаждений.
E-mail: mail@bgita.ru



Смирнова Марина Юрьевна родилась в 1953 г., окончила в 1975 г. Брянский технологический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства, лесных культур и почвоведения Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет более 50 печатных работ в области искусственного лесовосстановления, рекультивации, интродукции.
E-mail: mail@bgita.ru



РОСТ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ КУЛЬТУР СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ФАЗЕ ЧАЩИ РАЙОНА ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ (СМЕШАННЫХ) ЛЕСОВ

Представлены результаты исследований роста, вертикальной структуры и фракционного состава фитомассы сосновых насаждений в фазе чащи. Исследован вопрос о влиянии технологии подготовки лесокультурной площади на рост и биологическую продуктивность сосны обыкновенной.

Ключевые слова: биологическая продуктивность, фитомасса, культуры сосны, фаза чащи, раскорчевка, вертикальная структура, фракционный состав.

В соответствии с приказом Министерства сельского хозяйства РФ № 37 от 04.02.2009 г. «Об утверждении перечня лесорастительных зон и лесных районов Российской Федерации» Брянская область входит в район хвойно-широколиственных (смешанных) лесов европейской части РФ. На долю сосновых культур приходится 35 % площади всех сосняков [7]. Максимальная отдача кислорода и поглощение углерода происходят в насаждениях сосны 15...25 лет [1], т. е. в фазах чащи и жердняка. Биологическая продуктивность искусственных формаций сосны в этих фазах в Брянской области не исследована.

Определение запаса фитомассы проведено по методикам В.А. Усоль-

цева [4, 5], А.И. Уткина [6], М.Г. Семечкиной [3] с некоторыми дополнениями. На каждом участке отбирали по 11-12 модельных деревьев методом пропорционально-ступенчатого представительства. В период с 15 июля по 20 августа модельные деревья спиливали на уровне корневой шейки. Учитывали фитомассу всех фракций в абс. сухом состоянии. Экспериментальный материал обрабатывали регрессионным методом с использованием аллометрической функции по рекомендациям [4]. Расчеты выполняли при помощи средств электронной таблицы Excel. Лесоводственно-таксационные и почвенные изыскания проводили по общепринятым методикам.

Таблица 1

Биометрические характеристики лесных культур (осень 2007 г.)

№ ПП	Схема посадки растений, м	Сохранность культур, %	Средние показатели				Класс бонитета
			Диаметр, см	Высота, м	Площадь сечения, м ² /га	Запас, м ³ /га	
1	2,5×0,75	42,2	8,9	8,9	14,1	76	Ia
2	2,5×0,75	52,6	10,7	9,5	25,0	137	Iб
3	2,5×0,6	50,0	8,4	8,5	18,5	96	Ia

В качестве модельных объектов были отобраны три участка культур сосны обыкновенной, созданных в 1992 г. в Карачевском лесничестве Брянской области.

На двух участках (пробные площади (ПП) № 1 и 2) подготовка лесокультурной площади включала сплошную корчевку пней трактором Т-130 в агрегате с МП-5А и складирование пней в валы шириной 10 м. Ширина раскорчеванных полос была 15 м (ПП № 2) и 20 м (ПП № 1). На третьем участке (ПП № 3) подготовка лесокультурной площади заключалась только в уборке порубочных остатков.

Почву под закладку лесных культур обрабатывали плугами ПШ-1 (ПП № 1, 2) и ПКЛ-70 (ПП № 3). Посадка культур выполнена весной 1992 г. двухлетними сеянцами сосны сажалкой СЛ-2 (ПП № 1, 2) и машиной ЛМД-81 (ПП № 3). Ширина междурядий везде была 2,5 м, шаг посадки 0,75 м (ПП № 1, 2) и 0,6 м (ПП № 3). На момент исследований чистые лесные культуры сосны достигли 15-летнего возраста, полностью сомкнулись в рядах и междурядьях и вступили в фазу чащи.

Почвенными разрезами были вскрыты почвы: слабоподзолистая песчаная на двучленных отложениях флювиогляциальных песков (ФГП) и кварцево-глауконитовых песков (КГП) с фосфоритами (ПП № 1), слабоподзолистая песчаная на двучленных отложениях ФГП и КГП с гнездами опоки

(ПП № 2), среднедерново-среднеподзолистая песчаная на двучленных отложениях ФГП и смеси КГП с меловым рухляком (ПП № 3).

Почвы всех исследуемых объектов соответствуют суборевому типу лесорастительных условий. Корчевка пней привела к обеднению гумусом верхнего 50-сантиметрового слоя почвы в 2,26 (ПП № 1) и 1,66 (ПП № 2) раза. Аналогичное явление отмечается и по запасам азота.

По мере возрастания средних диаметров объекты расположились следующим образом: лесные культуры без раскорчевки, корчевка полосами шириной 20 и 15 м (табл. 1). Относительная полнота исследуемых насаждений была в пределах 0,7...1,0, а росли они по Ia и Ib (ширина корчевки 15 м) классам бонитета.

По основным таксационным показателям и сохранности (42...52 %) можно с уверенностью утверждать, что полосная корчевка пней не привела к ухудшению роста сосны, что отмечалось в других регионах [2]. Это явление мы объясняем близким расположением к поверхности кварцево-глауконитовых песков, обеспечивающих сосну элементами питания.

Одинаковый возраст, близкие лесоводственно-таксационные характеристики и экологические условия роста насаждений позволили нам сформировать единую выборку в объеме 35 деревьев. Статистическая обработка фитомассы различных фракций

Таблица 2

Распределение фитомассы по секциям

№ ПП	Положение секции, м	Фитомасса, кг				Итого
		Ствол в коре	Крона			
			Скелет	Хвоя	Всего	
1	0...1	2,18	–	–	–	2,18
	1...2	1,80	–	–	–	1,80
	2...3	1,46	–	–	–	1,46
	3...4	1,15	0,33	0,03	0,36	1,51
	4...5	0,89	0,66	0,12	0,78	1,67
	5...6	0,65	0,84	0,20	1,04	1,69
	6...7	0,44	0,90	0,24	1,14	1,58
	7...8	0,28	0,82	0,25	1,07	1,35
	8...8,9	0,16	0,66	0,22	0,88	1,04
Итого	–	9,01	4,21	1,06	5,27	14,28
2	0...1	2,96	–	–	–	2,96
	1...2	2,48	–	–	–	2,48
	2...3	2,04	–	–	–	2,04
	3...4	1,65	–	–	–	1,65
	4...5	1,28	0,64	0,11	0,75	2,03
	5...6	0,97	0,83	0,42	1,25	2,22
	6...7	0,69	0,88	0,60	1,48	2,17
	7...8	0,45	0,80	0,64	1,44	1,89
	8...9	0,24	0,60	0,54	1,14	1,38
	9...9,5	0,16	0,45	0,44	0,89	1,05
Итого	–	12,92	4,20	2,75	6,95	19,87
3	0...1	2,06	–	–	–	2,06
	1...2	1,68	–	–	–	1,68
	2...3	1,34	0,07	0,05	0,12	1,46
	3...4	1,04	0,26	0,23	0,49	1,53
	4...5	0,78	0,43	0,45	0,88	1,66
	5...6	0,56	0,49	0,56	1,05	1,61
	6...7	0,37	0,49	0,58	1,07	1,44
	7...8	0,22	0,41	0,50	0,91	1,13
	8...8,5	0,16	0,34	0,42	0,76	0,92
Итого	–	8,21	2,49	2,79	5,28	13,49

дерева показала, что наименьшую вариабельность имеют фракции ствол (74,1 %), древесина ствола (74,7 %), кора ствола (80,0 %), наибольшую хвоя 3-го года (122,1 %) и скелет кроны (114,3 %). Отдельные фракции фитомассы на уровне дерева варьируют в 1,9–3,0 раза больше, чем деревья по диаметру.

В процентном отношении древесина ствола от общей массы дерева составляла 59, кора ствола – 6, скелет кроны – 22, хвоя – 13 %.

Регрессионный анализ связей отдельных фракций фитомассы дерева

с диаметром на высоте 1,3 м показал, что для всех трех исследуемых насаждений коэффициент детерминации (R^2) равен 0,82...0,98, стандартная ошибка (SE) 0,1...3,8 кг. Более высокие показатели R^2 и SE характерны для фитомассы всего дерева и тех фракций, на которые приходится основная часть его массы.

Распределение основных фракций фитомассы сосны по расчетным слоям полога для среднего дерева приведено в табл. 2.

Материалы таблицы свидетельствуют о том, что в лесных культурах

Таблица 3

**Независимые коэффициенты уравнений регрессии
и коэффициенты детерминации (R^2) интегральных кривых накопления фитомассы**

№ ПП	Фракция фитомассы	Коэффициенты			
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	R^2
1	Ствол	-1,311	22,284	4,355	0,999
	Скелет кроны	0,142	17,447	- 65,505	0,999
	Хвоя	1,468	1,399	- 27,508	0,998
	Все дерево	-0,141	12,262	3,123	0,999
2	Ствол	-1,178	21,152	4,049	0,999
	Скелет кроны	-0,634	27,914	- 108,820	0,999
	Хвоя	1,050	6,072	- 53,355	0,998
	Все дерево	-0,118	11,215	4,309	0,999
3	Ствол	-1,380	22,756	4,764	0,999
	Скелет кроны	0,858	7,994	- 30,489	0,998
	Хвоя	1,262	3,561	- 21,991	0,998
	Все дерево	-0,134	12,543	2,705	0,999

началось интенсивное отмирание сучьев в нижней части кроны, причем наиболее активно в лесных культурах, которые закладывались с корчевкой пней. Если на контрольном варианте у среднего дерева скелет живой кроны начинается с 2 м, то в двух других случаях с 3...4 м. Максимальное развитие скелета кроны приходится на

высоту 6...7 м (участки с раскорчевкой) и 5...7 м (ПП № 3), хвои – соответственно 7...8 м (ПП № 1, 2) и 6...7 м (вариант без раскорчевки). Сумма фитомассы фракций ствола, скелета кроны и хвои по вертикальному профилю имеет максимальные значения на пробной площади № 2 (ширина раскорчевки 15 м).

Таблица 4

Запас фитомассы древесного яруса сосновых культур, т/га

Фракция фитомассы	Продуцирующая площадь			Вся занимаемая площадь		
	ПП № 1	ПП № 2	ПП № 3	ПП № 1	ПП № 2	ПП № 3
Древесина ствола	18,04	32,86	24,05	12,03	19,72	24,05
Кора ствола	2,19	2,09	2,46	1,46	1,26	2,46
Скелет кроны	7,94	9,63	5,96	5,30	5,77	5,96
Хвоя 1-го года	1,57	3,89	5,07	1,05	2,33	5,07
« 2-го «	0,97	2,50	1,96	0,64	1,50	1,96
« 3-го «	0,26	0,50	0,11	0,17	0,30	0,11
Всего хвои	2,80	6,89	7,14	1,86	4,13	7,14
Итого	30,97	51,47	39,61	20,65	30,88	39,61

Распределение фитомассы по высоте дерева хорошо описывается уравнением полинома 2-го порядка (табл. 3) вида $y = ax^2 + bx + c$ (см. рисунок).

Учитывая, что при полосной раскорчевке часть площади приходится на валы складирования пней, фито-

массу культур рассчитывали отдельно по продуцирующей и общей лесокультурной площади насаждений (табл. 4).

По продуцирующей площади запасы фитомассы культур сосны отличаются в 1,3 (ПП № 2, корчевка полосой 15 м) и 0,78 раза (ПП № 1,



Формирование фитомассы фракций среднего дерева в вертикальной плоскости: а – хвоя; б – скелет кроны; в – ствол; г – все дерево; 1, 2, 3 – соответственно ПП № 1, 2, 3

корчевка полосой 20 м), а с учетом наличия валов соответственно в 0,78 и 0,52 раза. Наибольший запас фитомассы на продуцирующей площади составил 51,5 т/га (ПП № 2), а по общей площади насаждения – 39,6 т/га (ПП № 3). В запасе общей фитомассы на ствол приходится 13,5...26,5, скелет кроны 5,3...6,0, хвою 1,9...7,1 т/га.

Выводы

1. Подготовка лесокультурной площади корчевкой пней полосами 15...20 м на свежих вырубках в суборевых ТЛУ при близком залегании кварцево-глауконитовых песков не приводит к значительному изменению почвенно-экологических условий роста сосны. Различия по высоте и диаметру не превышают 10 %.

2. Запас древесной фитомассы лесных культур на продуцирующей лесокультурной площади достигает 51, на всей технологической площади – 40 т/га. В результате уменьшения доли продуцирующей площади корчевка пней полосами 15...20 м к фазе чащи приводит к снижению запаса общей фитомассы на 22...48 %.

3. Очищение стволов от сучьев наиболее интенсивно идет на участках лесных культур сосны с корчевкой пней. В фазе чащи на первые 3 м от поверхности почвы приходится 60 % фитомассы стволовой части дерева. Основная фитомасса скелета кроны при средней высоте деревьев 8,5...9,5 м сосредоточена на отрезке 4...7 м с долей хвои 41...67 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Леса России: информ. бюл. / Федер. агентство лесн. хоз-ва. 2008. № 3. С. 6.
2. Проказин Н.Е. Эколого-лесоводственная оценка почвенного покрова вырубок // Лесохозяйств. информ. 2008. № 6-7. С. 18-21.
3. Семечкина М.Г. Структура фитомассы сосняков. Новосибирск: Наука, 1978. 165 с.
4. Усольцев В.А., Залесов С.В. Методы определения биологической продуктивности насаждений: моногр. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2005. 147 с.
5. Усольцев В.А. Моделирование структуры и динамики фитомассы древостоев. Красноярск: Изд-во Красноярск. ун-та, 1985. 192 с.
6. Уткин А.И., Ермолова Л.С. Биологическая продуктивность культур сосны обыкновенной в Ульяновском Поволжье // Лесоведение. 1979. № 3. С. 3-15.

7. Шматов В.А. Динамика породного состава лесов и созданных лесных культур Брянской области (1860-2002 гг.) // Лесн. хоз-во. 2005. № 1. С. 28–29.

V.I. Shoshin, A.V. Birzhov, M.Yu. Smirnova
Bryansk State Academy of Engineering and Technology

Growth and Biological Productivity of Common Pine in Thicket Stage of Coniferous-Broad-leaved (Mixed) Forests

The investigation results are presented related to growth, vertical structure and fractional phytomass composition of pine stands in the thicket stage. The effect of the site preparation technology on the growth and biological productivity of the common pine is studied.

Keywords: biological productivity, phytomass, common pine, thicket stage, stubbing, vertical structure, fractional composition.

УДК 630*524.61(571,11)

Ю.И. Перепечина

Брянская государственная инженерно-технологическая академия

Перепечина Юлия Ивановна родилась в 1953 г., окончила в 1974 г. Брянский технологический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоустройства, лесозащиты и охотоведения Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет более 60 печатных трудов в области организации специализированных лесосеменных хозяйств, лесной таксации и лесоустройства, экологии, изучения состояния лесов Курганской области.
E-mail: lhf_bryansk@mail.ru



ХОЗЯЙСТВЕННО-ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ЛЕСОВ ЛЕСОСТЕПИ ЮЖНОГО ЗАУРАЛЬЯ (НА ПРИМЕРЕ КУРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ)

На территории Курганской области предложено выделить пять хозяйственно-лесорастительных районов: смешанные леса, березовые колковые леса, сосновые боры, сосново-березовые леса, пойменная растительность. Дан ряд количественных и качественных показателей, которые являются основой их выделения.

Ключевые слова: хозяйственно-лесорастительные районы, лесистость, тип леса, условия произрастания, таксационная характеристика.

Территория района исследований (Курганская область) расположена в юго-западной части Западно-Сибирской низменности, которая характеризуется ровной, почти плоской поверхностью со слабым наклоном к северо-востоку. Высота местности колеблется в пределах 137...199 м над уровнем моря. Современный рельеф Зауральской лесостепи сформировался в основном в неогеновый и четвертичный периоды. В целом он сглаженный, лишь на узких приречных участках несколько усложняется под действием эрозии.

Обширные равнинные пространства, близкое к поверхности горизонтальное залегание водоупорных слоев обуславливают наличие большого количества блюдцевидных западин, особенно в восточных районах. Почвы приурочены к рельефу местности, преимущественно распространены выщелоченные черноземы. На характер растительного покрова в условиях резко континентального климата существен-

но влияют водно-солевой режим почв, их механический состав и характер материнских пород [2].

В практике лесного хозяйства широкое применение находит лесорастительное районирование С.В. Курнаева [4], согласно которому исследуемые леса расположены в округах лесостепи подзоны разнотравно-злаковых степей Западно-Сибирской равнины и Северного Казахстана. Леса чередуются со степными и луговыми пространствами.

И.А. Фрейберг, С.В. Залесов, Н.А. Луганский с учетом специфики лесорастительных условий и лесного покрова выделяют пять лесорастительных районов Зауральской лесостепи: Шадринско-Куртамышский, Просветско-Баринский, Альменевобродокалмакско-Чашинский, Марайский, Петухово-Варгашинский [6].

По Ю.М. Алесенкову [1], основными единицами лесорастительного районирования Курганской области являются лесорастительная область,

зона и округ (район). Территория входит в состав Западно-Сибирской лесной области, где выделяется подзона предлесостепных березовых и сосновых лесов (с осиной); лесостепная зона березовых колков и островных сосновых боров (с подзонами северной, средней и южной лесостепи); степная зона в виде отдельных участков, где лесная растительность носит интразональный характер.

В соответствии с перечнем лесорастительных зон и лесных районов РФ [5] исследуемые леса отнесены к лесостепной зоне, Западно-Сибирскому подтаежно-лесостепному району.

При лесоустройстве применяются типологии П.С. Погребняка и В.Н. Сукачева. М.Д. Серебрякова ввела тип лесорастительных условий солоды: свежие на солодях (E_2), влажные на солодях (E_3), сырые с ивовым подлеском (E_4), мокрые и заболоченные солоды (E_5).

В современных условиях интенсивное воздействие негативных факто-

ров, рубка леса различными способами на больших территориях, периодическое переувлажнение участков леса приводят к изменению состояния, структуры и биоразнообразия лесных насаждений, а также влияют на рост, товарную структуру древостоев, пожарную опасность, использование лесов и лесовосстановление.

Цель наших исследований заключается в изучении состояния лесов и факторов, его определяющих, анализе особенностей их комплексного воздействия, научном обосновании системы организации хозяйства в зависимости от состояния лесов. Для достижения поставленных целей территория Курганской области была разделена на пять районов, которые мы назвали хозяйственно-лесорастительными: смешанные леса, березовые колковые леса, сосновые боры, сосново-березовые леса, пойменная растительность (см. рисунок).

Основой выделения районов являются различия в лесистости, почвах, орографических и лесорастительных

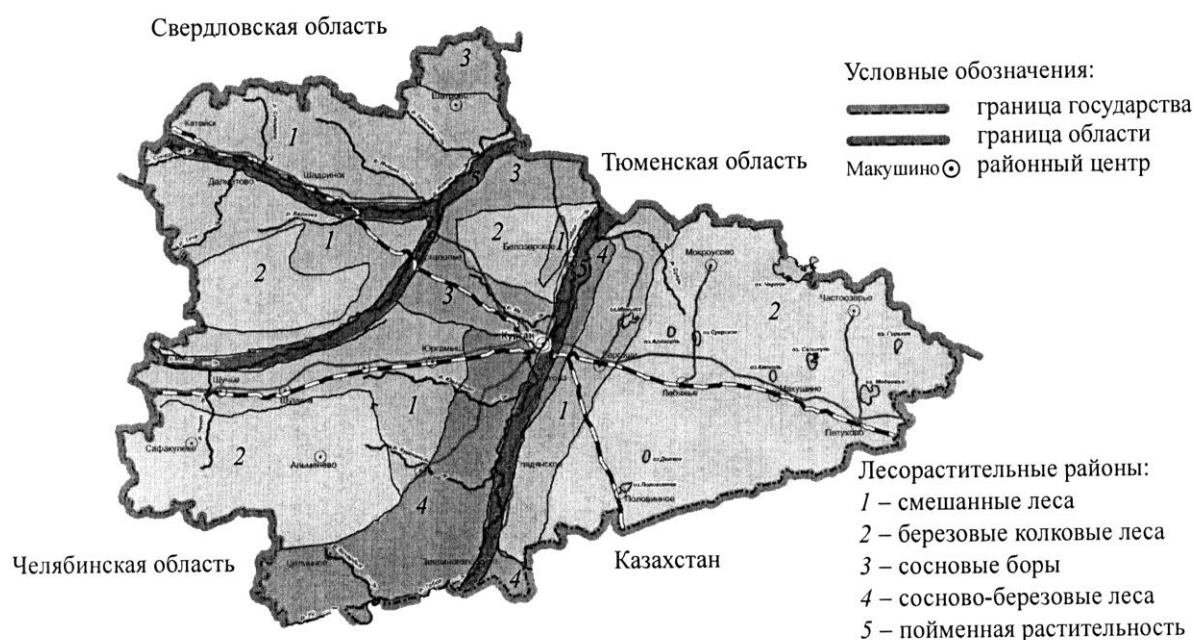


Схема хозяйственно-лесорастительного районирования Курганской области

условиях, типах леса, характеристике насаждений, подроста, подлеска и напочвенного покрова, лесохозяйственных мероприятиях. Основным признаком являются почвы [2]. При близких таксационных характеристиках древостоя лесистость района может различаться в два раза и более, что влияет на повреждение леса негативными факторами, распространение лесных пожаров.

В районе смешанных лесов (площадь 779,0 тыс. га) насаждения произрастают на вершинах дюнных всхолмлений или грив, пологих склонах увалов и равнинных дренированных участках между ними. Для этих мест характерны сочетания серых лесных осолоделых почв с солодями, а также солодей с лугово-болотными почвами. Имеются участки с черноземно-солонцеватыми комплексами и пятнистостью выщелоченных черноземов. Основными группами типов леса являются разнотравная и сложнотравная (70 %), осоковая (15 %), березовая на солодях (15 %). Наиболее распространенные типы лесорастительных условий D₃, C₂, C₃, E₂ – E₄. Лесистость района невысокая (23,6 %), преобладают березовые, березово-осиновые и осиново-березовые леса (средний состав 6,8B1,6Oc1,6C+Л, E, Ив, Т, Яб). Распределение насаждений по классам возраста неравномерное. В березняках преобладают древостои V (40 %) и VI (25 %) классов возраста, молодняков всего 6 %, осинники V и VI классов возраста составляют 29 и 27 %, молодняки – 17 %. В хвойных насаждениях доминируют молодняки (45 %). Средний класс бонитета II,1. Высокобонитетные насаждения (Ia–I) занимают 9, среднебонитетные (II–III классы) – 82 % площади покрытых лесом земель. Средняя полнота 0,69. Основную площадь (около 70 %) занимают среднеполнотные насаждения.

Подрост отсутствует или редкий групповой из березы и сосны, подлесок средний: черемуха обыкновенная, рябина мучнистая, вишня кустарниковая, смородина щетинистая, бересклет бородавчатый, ива сизая. В травяном покрове господствуют мятлик болотный, вейник наземный, вереск обыкновенный, осока низкая, овсяница полевая и др.

Район березовых колковых лесов (площадь 516,0 тыс. га) представлен пониженными, периодически подтапливаемыми участками и слегка повышенными равнинами. Преобладают солонцеватые комплексы, солоды, а также их сочетание. Солоды имеют тенденцию к олуговению и частому заболачиванию. Последние 15...20 лет заметно прогрессирует заболачивание и вымокание участков мягколиственных лесов. Негативными факторами для растительности являются повышенное увлажнение, полное рассоление почвенного профиля, кислая реакция верхних горизонтов почвы, содержание макро- и микроэлементов. Леса располагаются колками. Древостои в основном березовые или с небольшими участками осины и сосны (состав 7,7B1,6Oc0,7C+E, Ив, Кл). Почвенные особенности обуславливают очень низкую лесистость района (12,6 %). Средний возраст насаждений 44 года. Представлены средневозрастные березняки, средневозрастные и приспевающие осинники. В древостоях IV–VI классов возраста сосредоточено 86 % запасов древесины района. Средний класс бонитета II,3, полнота 0,67. Среднеполнотные насаждения занимают 72 % покрытых лесом земель, высокополнотные и низкополнотные – 13 и 15 %. Распространены группы типов леса березовая на солодях, злаковая, травяная, осоковая. Основная часть (80 %) насаждений района, практически все березняки, около 40 %

сосняков и большая часть осинников, произрастают в группе типов леса – березовая на солодах. Самыми распространенными типами лесорастительных условий являются E_2 (52 %) и E_3 (34 %). Подроста нет, подлесок густой из ивы козьей, шиповника майского и иглистоого, черемухи обыкновенной. Напочвенный покров разнообразен: вейник наземный и тростниковый, осока низкая, гравилат речной, мятлик болотный, листостебельные мхи, кипрей болотный.

Ценность березовых насаждений в группе березняков на осолоделых почвах в районе березовых колковых лесов может быть повышена различными приемами, в том числе использованием предварительных культур для замены порослевых насаждений березняками семенного происхождения.

В районах березовых колковых и смешанных лесов, где наблюдается вымокание древесной растительности, лесные культуры по дну борозд долго «стоят» в воде, что задерживает их рост, угнетает развитие и обуславливает гибель. Поэтому необходимо разработать нетрадиционные способы создания таких культур.

Леса района сосновых боров (площадь 266,0 тыс. га) произрастают на серых лесных оподзоленных почвах, сформировавшихся на песчаных или супесчаных грунтах, имеющих преимущественно эоловое происхождение. Основу лесных экосистем составляют сосновые леса, разнообразные по составу древостоя, подроста, подлеска, степени остепнения, возрасту и другими параметрам. Спелые сосновые боры и посадки сосны располагаются на светло-серых оподзоленных почвах. Смешанные хвойно-мягколиственные остепненные леса растут на серых, а изреженные с богатым травостоем – на темно-серых

лесных оподзоленных почвах. Кроме того, в пределах сосновых лесов встречаются черноземы, лугово-черноземные, луговые и лугово-болотные почвы. Лесистость района 49,9 %. В северной его части сосна в составе древостоев занимает до 8 ед., в южной существенна примесь мягколиственных пород (средний состав $6,2C3,3B0,5Oc+E$, Ив, К, Л). Средний возраст 46 лет. Преобладают насаждения II–V классов возраста с высокой производительностью (средний класс бонитета I,8) и полнотой 0,71. Наибольшую полноту имеют сосняки и березняки. Основными группами типов леса являются зеленомошниковая (40), черничная (22) и травяная (20 %). Сосняки преимущественно (81 %) растут в зеленомошниковом и черничном типах леса. Этот район отличается от предыдущего более сухими условиями местопроизрастания. Групповой сосновый подрост в основном расположен в изреженных и освещенных местах, подлесок густой, в разреженных местах вишня кустарниковая, спирея мелкозубчатая, ракитник русский, крушина слабительная. Напочвенный покров представлен вейником наземным и тростниковым, мятликом болотным, клевером горным, грушанкой круглолистной, купеной лекарственной.

В районе сосново-березовых лесов (площадь 314,0 тыс. га) леса произрастают на обыкновенных и выщелоченных черноземах. На северо-западе выщелоченные черноземы преобладают, в центре их меньше, а на востоке и юге их доля резко снижается за счет широкого распространения черноземов обыкновенных. Средний состав насаждений $5,3C3,7B1,0Oc+L$, Ив, Е, Т. Лесистость района 20,9 %. В основном преобладают сосновые молодняки (32 % площади), средневозрастные сосняки (20 %), березняки

IV и V, осинники II–IV классов возраста, 58,7 % насаждений относится к II классу бонитета. Высокополнотные насаждения занимают 35 % площади, низкополнотные – 10,2 % (средняя полнота 0,69). Преобладающие группы типов леса – зеленомошниковая (30), травяная (52), березовая на солодах (15 %). Типы условий произрастания С₂–С₃, В₂, Е₂–Е₃. Подрост отсутствует или состоит из сосны и березы в «окнах», представлен разновозрастными группами. Подлесок редкий: крушина слабительная, ракитник русский. Живой напочвенный покров разнообразен: черника обыкновенная, майник двулистный, кукушкин лен, вейник тростниковый, костяника обыкновенная, орляк обыкновенный.

В районе сосново-березовых лесов лесохозяйственная деятельность направлена на повышение их производительности путем перевода производных березняков в сосновые насаждения, а также замены порослевых насаждений березняками семенного происхождения.

Леса районов сосновых боров и сосново-березовых лесов повреждены лесными пожарами. Поэтому в каждом типе леса в зависимости от интенсивности и степени нарушения пожаром структуры, обсеменительной роли древостоя-горельника и огневой подготовки почвы (выгорания подстилки, корневищ и корней травянистых растений) проводят содействие естественному возобновлению сосны или создают чистые или смешанные лесные культуры.

При отборе деревьев в рубки ухода за лесами по хозяйственно-лесорастительным районам применяют разные методы ухода с учетом породного состава и структуры насаждения, интенсивность рубки, способы очистки мест рубок.

Район пойменной растительности (площадь 1,5 тыс. га) располагается на аллювиальных почвах в поймах р. Тобола и Исети. Здесь произрастают ивы козья, корзиночная, сизая, трехтычинковая, черемуха обыкновенная, осока низкая и др.

Деление на хозяйственно-лесорастительные районы необходимо для разработки системы организации хозяйства на основе состояния лесов с учетом экологических, почвенных, лесорастительных условий, оптимального породного состава, уровня деградации насаждений. Состояние лесов – комплексный показатель, отражающий результаты воздействия факторов, проявляющихся в процессах и явлениях, происходящих в лесных экосистемах, динамике количественных и качественных показателей, влияющих на сукцессионный процесс и выполнение ими своего функционального назначения [3].

Установлено, что в районе смешанных лесов основными факторами являются биотические и антропогенные, березовых колковых – биотические и абиотические, сосновых боров и сосново-березовых лесов – абиотические и антропогенные.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алесенков Ю.М. Лесорастительные условия и типы лесов Курганской области // Проблемы лесного хозяйства Зауралья и пути их решения: материалы регион. науч.-практ. конф. Курган, 2004. С. 28–31.
2. Егоров В.П. Формирование древесной растительности в зависимости от почвенных условий // Там же. С. 31–48.
3. Ковалев Б.И. Состояние, факторы, его определяющие, и организация мониторинга хвойных лесов Центральной Сибири и Вятско-Камского региона. Брянск, 2000. 248 с.
4. Курнаев С.В. Лесорастительное районирование СССР. М.: Наука, 1973.

5. Об утверждении перечня лесорастительных зон и лесных районов Российской Федерации: Приказ Минсельхоза России от 4 февр. 2009 г. № 37.

6. *Фрейберг И.А., Залесов С.В., Луганский Н.А.* Лесорастительное районирование Зауральской лесостепи // Лесн. журн. 2007. № 2. С. 34–40. (Изв. высш. учеб. заведений).

Yu.I. Perepechina

Bryansk State Academy of Engineering and Technology

Economic and Forest-growing Zoning of Forests of Southern Trans-Ural Forest-steppe (by Example of Kurgan Area)

It is offered to allot five economic and forest-growing zones on the territory of the Kurgan area: mixed forests, birch plot forests, pine forests, pine-and-birch forests, flood-land vegetation. A set of quantitative and qualitative indices is provided laying the basis for their allotment.

Keywords: economic and forest-growing zones, woody character, forest type, growing conditions, inventory characteristic.

УДК 639.1

С.И. Смирнов

Брянская государственная инженерно-технологическая академия

Смирнов Сергей Иванович родился в 1951 г., окончил в 1973 г. Брянский технологический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой лесоустройства, лесозащиты и охотоведения Брянской государственной инженерно-технологической академии, заслуженный лесовод РФ. Имеет более 80 печатных работ в области лесозащиты, охотоведения, инвентаризации, устройства, мониторинга биоресурсов лесных и других экосистем
E-mail: SI-Smirnov@yandex.ru



БИОТУРИСТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ЛЕСНЫХ И ДРУГИХ ЭКОСИСТЕМ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ОСВОЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Представлены теоретические и методические основы управления биотуристическими ресурсами.

Ключевые слова: биоресурсы, интегральные биоресурсы, биотуристические ресурсы, экотуризм.

В современном представлении «в понятие биологических ресурсов включаются живые организмы и их сообщества, продукция и жизнедеятельность которых используются или могут быть использованы человеком» [1, с. 5]. При этом отмечается, что духовно-эстетическая группа биологических ресурсов, наряду с материальной, средообразующей и информационной, представляет собой одну из функциональных частей концепции управления биоресурсами, и что каждый биологический объект может нести различные функциональные нагрузки и иметь не одно, а несколько ресурсных значений.

Актуальным вопросам, связанным с освоением территорий для экотуристических целей, в последнее время уделяется все большее внимание, о чем свидетельствует, в частности, проведение С.-Петербургской государственной лесотехнической академией совместно с сетью финских университетов туристического обучения серии международных семинаров на общую тему «Экологический туризм: тенденции и перспективы развития в условиях глобализации» с участием представителей ряда регионов Российской

Федерации, Финляндии, Швеции, Испании, Македонии, Хорватии, Польши, Белоруссии и других стран.

В рамках семинара, состоявшегося 15–16 апреля 2010 г. в С.-Петербурге, обсуждались различные вопросы, том числе: международное сотрудничество в области образования в сфере экологического туризма, туристические перспективы Северо-Запада и экологической безопасности в экотуризме в России; социальные потребности населения в экотуризме; лесной экотуризм, а также основы управления интегральными биотуристическими ресурсами лесных и других экосистем как составной частью природных туристических ресурсов России [2].

Биотуристические ресурсы следует рассматривать как одну из наиболее уязвимых составляющих природных ресурсов и их важнейшего компонента – биоресурсов природно-территориальных и природно-аквальных комплексов. Их разнообразие может быть представлено в форме:

сосредоточенных в фондах музеев и других организаций;
особо охраняемых природных территорий;

внесенных в Красные книги;
животных как объектов охоты;
рыб и других гидробионтов, отнесенных к объектам любительской и спортивной рыбной ловли;

животных природно-территориальных и природно-аквальных комплексов лесных и других экосистем;
растений, грибов лесных и других экосистем и т. д.

Интегральные биотуристические ресурсы представляют собой совокупность: собственно биотуристических (продуценты, консументы и редуценты), материальных биотуристических (здания, сооружения, коммуникации, транспорт, снаряжение и т. д.) и человеческих (материальных) (разработчики, реализаторы и пользователи биотуристическими ресурсами).

Юридически оформленное пользование биотуристическими ресурсами лесных и других экосистем в лесном фонде Российской Федерации можно рассматривать, например, как одну из разновидностей использования лесов. Поэтому логично предположить, что биотуристическая деятельность в лесном фонде должна находить отражение в соответствующих проектах освоения лесов, составленных в форме комплексных планов управления конкретными составляющими интегральных биоресурсов, разрабатываемых на популяционно-ландшафтной основе с использованием ГИСТехнологий и дистанционных методов зонирования территорий.

В качестве основных составных частей комплексного плана управления биотуристическими ресурсами выступают: исходные данные для составления комплексного плана; план управления собственно туристически значимыми биологическими объектами (биотуристическими ресурсами); план управления материальными био-

туристическими ресурсами и план управления человеческими (трудовыми) биотуристическими ресурсами.

В исходных данных для составления комплексного плана управления интегральными биотуристическими ресурсами находят отражение: характеристика организации-пользователя биотуристическими ресурсами; дифференциация территории, закрепленной за пользователем по природно-географическим, природно-прикладным, административно-хозяйственным признакам и категориям земель.

План управления биологическими объектами, используемыми в биотуристических целях, в свою очередь, состоит из: плана управления структурой биологических объектов (подразделы: исходные данные; предложения по мониторингу структуры (состав, строение и функционирование) биологических объектов и угодий как среды их обитания; предложения по управлению структурой биологических объектов посредством проведения ландшафтных, видовых и других биотехнических мероприятий) и плана управления использованием биологическими объектами (подразделы: исходные данные; предложения по мониторингу пользования биологическими объектами и угодьями; предложения по управлению использованием ими с учетом статуса территорий, режима ведения хозяйственной деятельности, пропускной способности и т. д.; предложения по учету биологических объектов; предложения по оптимизации пользования ими; предложения по совершенствованию биотуристической деятельности).

План управления материальными ресурсами, используемыми в биотуристических целях, состоит из: исходных данных; предложений по мониторингу структуры материальных ресурсов; предложений по управлению

структурой материальных ресурсов конкретного интегрального биоресурса посредством оптимизации существующей инфраструктуры (здания, сооружения, транспортные и коммуникационные системы и т. д.).

План управления человеческими (трудовыми) ресурсами, используемыми в биотуристических целях, включает: исходные данные для составления плана управления человеческими ресурсами конкретного биоресурса на основе результатов исследования их структуры (состав, строение и функционирование); предложения по мониторингу структуры человеческих ресурсов конкретного биоресурса; предложения по управлению структурой человеческих ресурсов конкретного биоресурса посредством оптимизации уровня их профессиональной подготовки.

Для целей исследования и учета (инвентаризация, устройство и мониторинг) биотуристических ресурсов на территории европейской части России в качестве пилотного проекта выбран ландшафтно-эколого-биотуристический профиль, проходящий через природно-территориальные комплексы вдоль западной и юго-западной административной границы Российской Федерации с севера на юг по линии Белое море → Черное море.

Реализация данного проекта с 2010 г. осуществляется совместно с Брянским областным отделением Русского географического общества (РГО)

в рамках Трансграничной эковиотуристической комплексной экспедиции "Природно-территориальные комплексы европейской части России и сопредельных государств», проводимой в контексте решений XIV съезда РГО.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Павлов Д.С., Стриганова Б.Р. Биологические ресурсы России и основные направления фундаментальных исследований // Фундаментальные основы управления биологическими ресурсами: сб. науч. статей. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2005. С. 4–20.

2. Смирнов С.И. Основы управления интегральными биотуристическими ресурсами как составной частью природных туристических ресурсов // Экологический туризм: тенденции и перспективы развития в условиях глобализации: материалы II междунар. семинара (15–16 апр. 2010 г., СПб.) СПб: СПбЛТА, 2010. С. 153–155.

S.I. Smirnov

Bryansk State Academy of Engineering and Technology

Biotourist Resources of Forest and Other Ecosystems and Prospects of their Development in the European Part of the Russian Federation

Theoretical and methodical principles of biotourist resources management are presented.

Keywords: bioresources, integral bioresources, biotourist resources, ecotourism.

УДК 630*232.322.4:630*174.754

З.Н. Маркина¹, А.В. Милешина²¹Брянская государственная инженерно-технологическая академия
²ООО «Архсити»

Маркина Зоя Николаевна родилась в 1946 г., окончила в 1970 г. Всесоюзный сельскохозяйственный институт заочного образования, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесоводства, лесных культур и почвоведения Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет более 90 печатных работ в области сельскохозяйственной и лесной радиоэкологии и искусственного лесовосстановления.
E-mail: mail@bgita.ru



Милешина Анна Владимировна родилась в 1982 г., окончила в 2004 г. Брянскую государственную инженерно-технологическую академию, кандидат сельскохозяйственных наук. Работает в ООО «Архсити». Имеет около 30 печатных работ в области искусственного лесовосстановления на почвенно-типологической основе.
E-mail: milesanna@yandex.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕСЧАНЫХ ПОЧВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

Показано, что доведение физико-химических показателей дерново-подзолистой песчаной почвы до оптимальных уровней путем физической мелиорации способствует увеличению выхода стандартного посадочного материала сосны с уменьшением затрат на его выращивание.

Ключевые слова: почва, плодородие, сеянцы, почвенная конструкция, стандартный посадочный материал.

Проблема сохранения почвенного плодородия для дерново-подзолистых песчаных почв заключается в замедлении процесса минерализации органического вещества и выноса его за пределы почвенного профиля [1]. Эффективным средством повышения их продуктивности является сбалансированное применение удобрений и мелиорантов. Показатели плодородия почв оптимальны, если обеспечивают формирование высококачественного посадочного материала, возрастает экономическая эффективность и улучшается экологическая ситуация в конкретном биогеоценозе. Поэтому плодородие почвы важно рассматривать и расценивать по комплексу наиболее значимых показателей для сеянцев: содержанию физической глины, гумуса, подвижного фосфора, обменного калия и др. Одним из лимити-

рующих факторов при выращивании сеянцев сосны на песчаных почвах является их гранулометрический состав. Предпочтительны почвы с содержанием физической глины 20...25 % [8, 10], гумуса – 2,5...3,0 % и более, подвижного фосфора – 150...200 мг/кг и более, обменного калия – 170...220 мг/кг и более, рН солевой вытяжки – 5,0...5,5, суммы обменных оснований – 12...15 мг-экв/100 г почвы [9]. Увеличения содержания физической глины в корнеобитаемом слое песчаных почв можно достичь методом физической мелиорации и создания на этой основе оптимальных параметров физико-химических свойств, влияющих на продуктивность и качество посадочного материала хвойных пород.

Исследования проводили на территории питомника Опытного лесничества БГИТА Брянской области на

дерново-подзолистой песчаной почве, сформированной на флювиогляциальных песках, подстилаемых кварцевоглауконитовыми песками. Опыты заложены согласно отраслевым стандартам по проведению полевых и микрополевых опытов с удобрениями [5]. Почва опытного участка, определяющая естественный фон, имеет очень низкое содержание гумуса (0,47 %), слабокислую реакцию почвенной среды (рН 5,5), бедна подвижными формами фосфора (39,8 мг/кг) и обменного калия (12,6 мг/кг), имеет плотность сложения 1,48 г/см³.

Для оптимизации плодородия песчаных почв в качестве удобрений применяли смесь лессовидного суглинка и дерновой земли (земляная масса) с содержанием физической глины 27,2 %, подвижного фосфора 475 мг/кг грунта, обменного калия 566 мг/кг, гумуса 2,97 %, с нейтральной реакцией среды (рН 7,0), торф, борофоску марки А (тукосмесь, приготовленную на основе фосфоритной муки Брянского фосфоритного завода) с содержанием P₂O₅ – 12, K₂O – 13, В – 0,25, СаО – 20, MgO – 2 % и азотные удобрения (60 кг/га по д.в.).

Таблица 1

Агрохимические свойства песчаной почвы

Вариант опыта	Гумус, %	рН (KCl)	P ₂ O ₅	K ₂ O	<i>Hr</i>	<i>S</i>	<i>E</i>	V, %
			мг/кг почвы		мг-экв/100 г почвы			
Естественный фон	<u>0,51</u>	<u>5,5</u>	<u>48</u>	<u>15,0</u>	<u>0,85</u>	<u>1,15</u>	<u>2,00</u>	<u>57,5</u>
	0,37	4,9	38	8,0	1,02	1,12	2,14	52,3
То же + торф + борофоска + N ₆₀	<u>1,57</u>	<u>5,4</u>	<u>49</u>	<u>15,3</u>	<u>1,29</u>	<u>0,73</u>	<u>2,02</u>	<u>36,1</u>
	1,67	5,4	54	15,5	1,19	7,08	8,27	85,6
Искусственный фон (почва с земляной массой)	<u>2,62</u>	<u>6,3</u>	<u>447</u>	<u>171,0</u>	<u>0,98</u>	<u>14,60</u>	<u>15,58</u>	<u>93,7</u>
	2,15	6,1	373	94,0	1,04	14,68	15,72	93,4
То же + торф + борофоска + N ₆₀	<u>3,77</u>	<u>6,6</u>	<u>405</u>	<u>147,0</u>	<u>1,28</u>	<u>15,10</u>	<u>16,38</u>	<u>92,2</u>
	3,81	6,3	392	102,0	0,99	22,10	23,09	92,5

Примечание. Здесь и далее в числителе – данные для весны 2005 г.; в знаменателе – для осени 2006 г.; *Hr* – гидролитическая кислотность; *S* – сумма обменных оснований; *E* – емкость катионного обмена; *V* – степень насыщенности почвы основаниями; торф – 300 т/га; борофоска – 60 кг/га д. в.

Результаты проведенных исследований показали (табл. 1), что внесение земляной массы позволило создать почвенную конструкцию с пахотным горизонтом мощностью 0...20 см. Содержание физической глины в среднем по опытному участку в слое 0...20 см – 19,2 %, гумуса – 2,64 %, подвижного фосфора – 425 мг/кг, обменного калия – 164 мг/кг, реакция почвенной среды рН 6,4, сумма поглощенных оснований – 14,1 мг-экв/100 г почвы. По гранулометрическому составу искусственно созданный слой относится к супесям. Полевая влажность – 13,35 %.

При выращивании сеянцев сосны обыкновенной в естественной почве содержание гумуса уменьшилось на 27,4 %, в почве с земляной массой – на 17,9 %, что связано с влиянием погодных условий на минерализацию органического вещества и перераспределением продуктов минерализации по почвенному профилю [11].

Минерализация гумуса на почвогрунте протекала медленнее. При внесении торфа увеличилось содержание органического вещества в дерново-подзолистой почве и в созданной почвенной конструкции, что способствовало его сохранению. Наблюдается

снижение подвижных форм фосфора и обменного калия на естественном фоне в 1,3 и 1,9 раза, с использованием земляной массы в 1,2 и 1,8 раза соответственно. Установлено, что внесение борофоски с торфом не оказало статистически достоверного влияния на увеличение подвижного фосфора на естественном фоне и его уменьшение на искусственно созданном, но способствовало сохранению достигнутых величин подвижного фосфора в почве обоих вариантов. Произошло подкисление почвенного раствора на 0,2...0,6 единицы рН, кроме варианта с внесением борофоски и торфа на естественном фоне. Гидролитическая кислотность практически не изменилась и соответствует рекомендуемым оптимальным параметрам для сеянцев сосны. При внесении торфа с борофоской в дерново-подзолистую песчаную почву содержание обменных катионов увеличилось до 7,08 мг-экв/100 г почвы, что по градации [3] соответствует низкому

их содержанию. При внесении земляной массы сумма обменных оснований увеличилась с 1,15 до 14,60 мг-экв/100 г почвы. Искусственно созданная почвенная конструкция имеет среднее содержание обменных катионов, а совместное внесение торфа с борофоской на фоне почвогрунта позволило увеличить этот показатель на 46,4 %, что по градации соответствует высокому их содержанию. Закономерно возросли емкость катионного обмена и степень насыщенности основаниями. Так, степень насыщенности основаниями дерново-подзолистой песчаной почвы составила 57,5, при внесении земляной массы – 93,7 %. Содержание гумуса в этом варианте увеличилось в 5, подвижного фосфора – в 9, обменного калия – в 11,4 раза, значительно возросла степень насыщенности основаниями за счет показателя суммы обменных катионов. Почва из слабокислой перешла в группу близких к нейтральным.

Таблица 2

Водно-физические свойства песчаной почвы

Вариант опыта	Плотность сложения, г/см ³	Порозность	Капиллярная влагоемкость	Полная влагоемкость	Содержание физической глины	Содержание ила
Естественный фон	1,47	44,53	23,84	30,29	5,78	0,59
	1,54	39,13	22,86	25,41	5,98	0,45
То же + торф + борофоска + N ₆₀	1,46	44,49	24,46	30,47	4,85	0,95
	1,42	44,09	27,57	31,05	6,43	0,89
Искусственный фон (почва с земляной массой)	1,04	57,55	32,16	55,34	21,90	2,35
	1,10	56,00	31,44	50,91	20,03	2,17
То же + торф + борофоска + N ₆₀	1,10	54,54	28,35	49,58	18,33	2,70
	1,04	57,02	30,60	54,83	20,60	2,77

Внесение земляной массы с добавками изучаемых компонентов позволило создать почвогрунт с оптимальными физическими свойствами для выращивания сеянцев сосны (табл. 2). Показатели плотности сложения (1,04...1,10 г/см³), содержания физической глины (18,33...21,90 %) по

сравнению с естественным фоном (соответственно 1,42...1,54 г/см³ и 4,85...6,43 %) оцениваются как характерный признак окультуренных почв [2]. Максимальное содержание физической глины в искусственно созданном почвогрунте (21,90 %) является одним из условий получения высоко-

качественного посадочного материала. Содержание илистой фракции во всех вариантах опыта очень низкое, хотя количество ила при внесении земляной массы и тукосмеси в сочетании с торфом на земляной массе возросло в 4,0...4,6 раза по сравнению с естественным фоном. Совместное применение торфа с борофоской вызвало увеличение количества ила на обоих фонах.

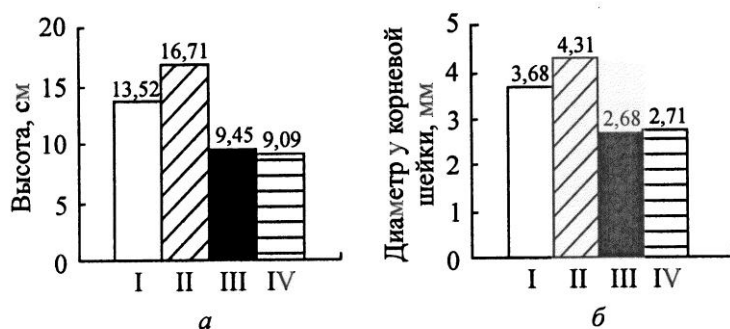
Общая порозность на естественном фоне ниже оптимальной, что указывает на неблагоприятные условия для выращивания сеянцев. Искусственно созданный почвогрунт имеет оптимальную порозность. Полная влагоемкость дерново-подзолистой песчаной почвы очень низкая (30,29 %), что указывает на недостаток обеспеченности растений влагой. При внесении земляной массы полная влагоемкость приближается к оптимальной (55,34 объемных %), растения будут нормально расти и развиваться.

На искусственном фоне высота стволика двухлетних сеянцев увеличилась на 43,1 % ($t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$, $8,72 > 3,33$, $P = 99,9\%$), диаметр у корневой шейки – на 37,3 % ($t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$, $8,30 > 3,33$, $P = 99,9\%$), прирост – на 110,4 % ($t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$, $9,71 > 3,33$, $P = 99,9\%$), протяженность охвоенной части – на 52,3% ($t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$, $7,35 > 3,33$, $P = 99,9\%$), сырая масса 100 двухлетних сеянцев – на 34,9 %.

Абсолютные значения биометрических показателей сеянцев сосны обыкновенной представлены на рисунке. Достоверность полученных данных

подтверждается t-критерием Стьюдента ($P = 99,9\%$). Согласно требованиям к размерам надземной части двухлетних сеянцев сосны диаметр стволика у корневой шейки должен быть не менее 2,0...2,5 мм, высота не менее 12 см [6, 7]. Как видно из рисунка, на искусственно созданном почвогрунте с оптимальными почвенными свойствами во всех вариантах опыта посадочный материал соответствует требованиям стандарта. На дерново-подзолистой песчаной почве с низким естественным плодородием рост сеянцев замедлен.

Выход сеянцев сосны в зависимости от почвенного плодородия представлен в табл. 3. На бедной гумусом и элементами питания дерново-подзолистой песчаной почве и изучаемых на ней уровнях плодородия выход стандартных сеянцев составляет 17,5...22,5 %. На искусственном почвогрунте выход стандартных сеянцев варьировал от 69,2 до 80,2 %. Наибольшим он оказался при совместном внесении торфа и борофоски на фоне с добавкой земляной массы (2767 тыс. шт.). Согласно «Нормам выхода стандартных сеянцев деревьев и кустарников в лесных питомниках Российской Федерации» [4] в зоне широколиственных лесов выход стандартных сеянцев сосны составляет 1600 тыс.шт./га. Дополнительный выход стандартных сеянцев при применении изучаемых компонентов на искусственно созданном почвогрунте составил 614...1167 тыс.шт./га (38,4...72,9 %).



Изменение высоты (а) и диаметра (б) у корневой шейки двухлетних сеянцев сосны обыкновенной в зависимости от физических и агрохимических свойств почвы: 1, 3 – соответственно искусственный и естественный фон; 2, 4 – то же + торф + борофоска

Таблица 3

Выход сеянцев сосны обыкновенной в зависимости от почвенного плодородия

Вариант опыта	Всего сеянцев, тыс. шт./га	В том числе стандартных	
		тыс.шт./га	%
Естественный фон	2850	641	22,5
То же + торф + борофоска + N ₆₀	3350	586	17,5
Искусственный фон	3200	2214	69,2
То же + торф + борофоска + N ₆₀	3450	2767	80,2

Таким образом, при внесении земляной массы изменились почвенно-экологические условия дерново-подзолистой песчаной почвы. Возросло содержание физической глины, гумуса, подвижных форм фосфора и обменного калия, что положительно повлияло на рост и развитие сеянцев сосны, а также способствовало увеличению выхода стандартного посадочного материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Духанин Ю.А. Факторы окультуривания песчаных и супесчаных дерново-подзолистых почв и их эколого-агрохимическая оценка: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. М., 2007. 38 с.

2. Качинский Н.А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения. М.: Изд. АН СССР, 1958. 191 с.

3. Методические указания по проведению комплексного агрохимического обследования почв сельскохозяйственных угодий. М.: Центр науч.-техн. информ., пропаганды и рекламы, 1994.

4. Нормы выхода стандартных сеянцев деревьев и кустарников в лесных питомниках Российской Федерации: утв. 1995-25-10. М., 1996. 47 с.

5. ОСТ 10106–87. Опыты полевые с удобрениями. Порядок проведения. Тип. ХОЗУ Минлеспроба СССР, 1988. 48 с.

6. ОСТ 56-98–93. Сеянцы и саженцы основных древесных и кустарниковых пород: техн. условия. Введ. с 01.04.94. М.: ВНИИЦлесресурс, 1994. 39 с.

7. Правила лесовосстановления: утв. Приказом Мин-ва природных ресурсов России от 16.07.2007 №183: www.mnr.gov.ru.

8. Рекомендации по применению местных удобрений и мелиорантов в лесных питомниках на дерново-подзолистых почвах. М.: ВНИИЛМ, 2001. 54 с.

9. Рекомендации Рослесхоза от 29 июля 1994 г. «Окультуривание и повышение плодородия почв лесных питомников европейской части России». 35 с.

10. Родин С.А. Оптимизация почвенных условий в лесных питомниках // Лесн. хоз-во. 2000. № 5. С. 43–44.

11. Руделев Е.В., Кореньков Д.А. Трансформация азота почвы и удобрений //Агрохимия. 1989. № 4. С. 113–123.

Z.N. Markina¹, A.V. Mileshina²

¹ Bryansk State Academy of Engineering and Technology

² JSC “Arhciti”

Use of Sandy Soils when Growing Seedlings of Common Pine

It is demonstrated that the increase of the output of the pine standard planting material with reduction of its cultivation costs is achieved by creating the optimal levels of physic-chemical parameters for sod-podzol sandy soil through physical land improvement.

Keywords: soil, fertility, seedlings, soil structure, standard planting material.

УДК 630*24

Ф.В. Кишенков, Н.Ю. Шаповалов

Брянская государственная инженерно-технологическая академия

Кишенков Федор Васильевич родился в 1935 г., окончил в 1959 г. Брянский лесохозяйственный институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой лесоустройства Брянской государственной инженерно-технологической академии, декан лесохозяйственного факультета, заслуженный лесовод РФ. Имеет свыше 150 научных трудов в области лесной таксации, нормативной базы по учету лесов и лесопользованию, интенсификации рубок ухода и устойчивому лесопроизводству.

E-mail: mail@bgita.ru



Шаповалов Николай Юрьевич родился в 1986 г., окончил в 2008 г. Брянскую государственную инженерно-технологическую академию, аспирант кафедры лесоустройства, лесозащиты и охотоведения Брянской государственной инженерно-технологической академии.

E-mail: mail@bgita.ru



ОПЫТ ИЗУЧЕНИЯ РУБОК УХОДА В УЧЕБНО-ОПЫТНОМ ЛЕСХОЗЕ БГИТА

Рассмотрены результаты изучения рубок ухода в Учебно-опытном лесхозе БГИТА с момента его образования.

Ключевые слова: рубки ухода, комплексный уход, биологический экран.

Решение об открытии первого в лесной зоне опытного лесничества было принято на заседании совещания по лесному опытному делу 23 января 1906 г. Летом 1906 г. М.М. Орлов, Г.Ф. Морозов и Г.Н. Высоцкий при участии проф. П.А. Земятченского, местных лесничих Домбровского и Кошкарева и лесничего опытного лесничества Виноградова-Никитина выделили тринадцать кварталов (21–28 и 32–36) Свенской дачи для Брянского опытного лесничества [6].

Постоянная комиссия, открывшая лесничество, определила следующие задачи: «1. Исследование различных способов главной рубки и в связи с этим организация систематических наблюдений за плодоношением сосны и ели. 2. Исследование промежуточных рубок как мер ухода за лесом, особенно в насаждениях временных типов, в целях скорейшего восстановления основных типов. 3. Исследование хода роста насаждений для обоснования нормальных оборотов рубки» [5].

С 1910 г. рубки ухода изучаются на постоянных пробных площадях за елью в молодом возрасте, путем применения «осветительных рубок» (по современной классификации – рубки переформирования) – в двухъярусных мелколиственно-еловых древостоях. Материалы пробных площадей по рубкам ухода за сосной сохраняются в архиве лесхоза и до настоящего времени. Но не все результаты полевых наблюдений удалось сберечь. Некоторые материалы (например, В.П. Разумова) были сданы в областной архив, тогда как многочисленные данные А.П. Сладнева не были востребованы.

Остановимся на описании опытных объектов и результатов их исследования. При этом необходимо отметить, что сохранившихся опытных объектов в лесхозе осталось немного и на них недостаточно документации.

В квартале 47(14) в 1926 г. под руководством В.П. Тимофеева были созданы лесные культуры ели и сосны площадками – способом густой

культуры местами. Размер площадок 3,5×3,5 м, их размещение – 8×8 м между центрами, или около 250 площадок на 1 га. На каждую площадку высаживали в среднем по 25 шт. сеянцев, при этом ель высаживали двухлетними, а сосну – однолетними сеянцами. В первые годы за лесными культурами осуществлялся агротехнический уход путем удаления сорной растительности и рыхления почвы. В 1952 г. на этом участке лесных культур под руководством Д.И. Манцевича был заложен опыт по выявлению влияния рубок ухода различной интенсивности на формирование елово-широколиственного насаждения. При этом были выделены варианты с рубками ухода за лесом и без ухода. В 1955 г. были проведены исследования с учетом вариантов выполненных рубок ухода за лесом различной интенсивности:

- без рубок ухода (контроль);
- несвоевременные рубки ухода слабой интенсивности;
- несвоевременные рубки ухода средней интенсивности;
- своевременные рубки ухода .

В 30-х годах Н.П. Георгиевским, С.А. Ковригиным, Б.Д. Жилкиным, А.А. Дударевым и др. были заложены новые пробные площади под рубки ухода, обобщение которых показало целесообразность умеренных разреживаний в сосняках. Вместе с тем отдельные исследователи требовали сильных разреживаний.

В 1927 г. С.А. Ковригиным была заложена пробная площадь в квартале 31 для изучения хода роста сосны при старонемецком низовом прореживании. Проба была разделена на три секции с различной степенью изреживания древостоя:

- 1 – сильная с выборкой (23 % по массе);
- 2 – умеренная (14 % по массе);
- 3 – контрольная с уборкой отпада (5 % по массе).

Для изучения влияния рубок ухода на фитоклимат была заложена пробная площадь в квартале 34 Брянской учебно-опытной дачи в сосновых культурах 30-летнего возраста состава 6С3Е1Б.

В 1930 г. научным сотрудником Н.П. Георгиевским заложена пробная площадь в квартале 30, рядом с пробой С.А. Ковригина, на которой проведена рубка ухода по комбинированному способу с вырубкой 30 % по массе. Однако исходный материал по этой пробной площади не сохранился.

В довоенный период Б.Д. Жилкин обобщил существующие материалы и провел дополнительные исследования по рубкам ухода в сосняках. После 25-летнего изучения вопросов ухода за лесом он пришел к выводу, что для сосняков-брусничников Брянского массива оптимальным надо считать умеренные рубки ухода с выборкой за десятилетний период 11...12 % запаса. Такие рубки обеспечивают повышение общей продуктивности насаждений, сокращают срок выращивания пиловочника, улучшают техническое качество древесины и водоохранные свойства леса. По результатам опытов, заложенных в Брянской учебно-опытной даче, Б.Д. Жилкин предлагает использовать обрезку сучьев не только для улучшения технических качеств древесины, но и повышения общей продуктивности древостоя, так как это соответствует умеренным и сильным разреживаниям древостоя. Для обоснования своих предложений он использует наблюдения кафедры лесоводства (работы В. Акимовой о влиянии

ели на возобновление сосны на лесосеке сплошной рубки (1912), С.Н. Краснопольского (1911), А.В. Тюрина (1915)), а также собственные пробы (4-секционная в квартале 75) [1].

Его аспирант А.П. Востриков установил, что при выборке 7...32 % запаса из 65-летнего сосняка брусничного II класса бонитета существенных изменений в строении и развитии корневых систем за последующие 10 лет не произошло. Это раскрыло причину слабой реакции крупных деревьев на разреживание, которые с определенного возраста из-за прекращения роста боковых корней не могут воспользоваться большей площадью питания после удаления ближайших деревьев.

Подобные результаты получил М.Я. Оскретков (1969). Так, при низовом методе разреживаний в чистых сосняках прореживание и проходные рубки целесообразно проводить с интенсивностью 15...25 % при повторяемости 5...7 лет. В его более ранних (1953) работах содержатся материалы, позволяющие обосновать ряд особенностей рубок ухода [3].

Были учтены исследования Б.Д. Жилкина, В.В. Памфилова и выводы М.Я. Оскреткова (1953) о том, что для получения плотной древесины нужно поддерживать в сосняках до 40...50 лет относительно высокую сомкнутость. В противном случае падает и качество древесины, и общий ее прирост. «Отбор деревьев приурочивается к отдельным группам, в которых отбирается одно или несколько лучших». Во избежание потерь качества лесоматериалов из-за кривизны В.В. Прокопцов (1987) определил, что минимальное расстояние между стволами сосен должно составлять 1 м. Основываясь на наличии отпада в древостоях невысокой полноты, Б.А. Шустов разработал для древостоев полнотой 0,5... 1,0 таблицу раз-

реживаний, в которой интенсивность рубки в молодняках изменялась от 7 до 40 %. Влияние экологических факторов на техническое качество древесины исследовали совместно М.И. Сахаров и П.Н. Хухрянский [3].

Изучение рубок ухода показало, что достигаемое с их помощью ослабление конкуренции за питание, увеличение притока солнечной радиации и площади питания сказывается на росте стволовой массы оставшихся деревьев.

В начале 50-х годов А.П. Сляднев начал опыты по удобрению разреженного леса, изучая разные варианты комплексного ухода в сосновых насаждениях. Исследованиями установлена высокая эффективность азотных удобрений в сосняках, произрастающих на бедных и относительно бедных свежих и влажных почвах. В целях сохранения устойчивости гидротермических условий при рубках ухода важно обеспечить лучшую защищенность почвы пологом деревьев при заметном снижении конкуренции деревьев за воду. В связи с этим был обоснован срединный метод ухода. А.П. Сляднев считает, что оставление мелких деревьев создает дополнительный биологический экран от солнечной инсоляции [3].

В развитии теории рубок ухода большое значения имели исследования А.П. Сляднева (1952) по срастанию корней сосны. Изучив размещение деревьев по площади, он пришел к выводу, что любой участок леса имеет более или менее выраженное групповое сложение. После отмирания или вырубki одного из сросшихся деревьев его корневая система используется другими. Наилучшее очищение стволов от сучьев и наибольшая относительная высота наблюдаются у деревьев в сомкнутых биогруппах. Отсюда и неравномерность процесса естественного изреживания в пространстве и времени.

При этом он рассмотрел влияние березы на 19-летние культуры сосны. По результатам исследований А.П. Сляднев составил рекомендации по рубкам ухода с учетом группового размещения деревьев [8].

В.П. Разумов, обобщив работы кафедры лесоводства по рубкам главного пользования и ухода за лесом, большое внимание уделил исследованиям А.П. Сляднева (1953), который указывал, что «...относительно крупные деревья могут произрастать сближено, по 2-3 до возраста спелости». Практическое значение этих положений в том, что они помогут решать вопросы отбора деревьев в рубку, что и было учтено в Наставлениях по рубкам ухода. Там, наряду с рекомендацией о равномерном оставлении деревьев будущего, записано: «Отбор деревьев приурочивается к отдельным группам, в которых отбирается одно или несколько лучших». Кроме того, В.П. Разумов обобщил материалы А.Г. Петрова, связанные с обрезкой сучьев при уходе за лесом, и работы М.Я. Оскретова по оценке влияния полноты насаждения на растущее дерево [7].

Много трудов вложено в организацию рубок ухода и совершенствование способов и методов. Н.Е. Самсонович (1964) под руководством В.П. Разумова в Ковшовском лесничестве Брянского лесхоза сгруппировал лесной фонд на 10 «годовых» производственных участках для получения каждый год одинаковой ликвидной древесины от всех видов рубок с примерно одинаковыми затратами. Это дает основание считать, что поквартально-блочная организация рубок ухода разработана в Брянском технологическом институте [3].

И.С. Марченко, получивший ученую степень кандидата сельскохозяйственных наук в 1967 г. по резуль-

татам защиты диссертации на тему «Рубки ухода на укрупненных участках», позже, в 1976 г., внедрил (кварталы 71, 72 и др. Опытного лесничества) поквартальный метод организации рубок ухода с проведением прочисток (38 га), прореживаний (34 га) и санитарных рубок (12 га). Он изучил способ кольцевания в молодняках (1971), изобрел для сосново-березовых молодняков способ обезвершинивания (1973) и высказал предположение о существовании «биологического поля» вокруг дерева (1973). Создавая концепцию биополя (1983), он подтвердил ранее (50-е годы) сделанные кафедрой выводы о сохранении при рубках ухода 2-3 деревьев в биогруппе [3]. На основании 30-летних исследований впервые в лесоводстве разрабатывал концепцию биологического поля леса. Результаты этих исследований нашли отражение в нормативных актах по рубкам ухода за лесом и лесовосстановлению. Подготовлены оригинальные справочные материалы по формированию к возрасту спелости нормальных насаждений. В авторском курсе «Нетрадиционное лесоводство» изложены оригинальные идеи и лесохозяйственные мероприятия, новизна которых подтверждена авторскими свидетельствами и патентами [4].

С привлечением студентов под руководством Ф.В. Кишенкова и И.С. Марченко в 1983 г. заложены стационары для изучения влияния категории выбираемых при рубках ухода деревьев и объемов промежуточного пользования на продуктивность и товарность древостоев. В 1989 г. оба стационара служили натурными объектами при проведении всероссийской дискуссии по рубкам ухода. Как показали исследования хода роста Ф.В. Кишенкова (1986), срединный метод ухода эффективен для выращивания соснового

пиловочника. Им разработана программа рубок ухода для выращивания чистых высокобонитетных сосняков и защищены кандидатская (по особенностям строения и текущего прироста двухъярусных березово-еловых насаждений) и докторская (по закономерностям структур чистых сосняков и применению в них срединного метода рубок ухода) диссертации. Результаты работ по рубкам ухода вошли в Методические рекомендации для проведения и контроля интенсивных рубок ухода за лесом [2].

Материалы работ по рубкам ухода были использованы при выполнении темы «Разработать на зонально-типологической основе программы и технологии рубок ухода, предусматривающие полную механизацию лесосечных работ с учетом экологических, технических и экономических требований» (координатор ВНИИЛМ). Руководитель темы А.С. Тихонов исследовал групповое выращивание сосняков для балансового сырья. На кафедре лесоводства проводились эксперименты по закладке различных вариантов интенсивности рубок, комплексному выращиванию ели и березы в Опытном лесничестве под руководством проф. А.С. Тихонова.

Результаты научных исследований нашли свое отражение в Правилах рубок главного пользования и лесовосстановительных рубок в равнинных лесах европейской части РСФСР (1980). По результатам дискуссии по рубкам ухода устранены спорные вопросы из Наставления по рубкам ухода в равнинных лесах европейской части России (1994). В практику лесного хозяйства внедрены поквартальная организация рубок ухода и уходов способом кольцевания и обезвершинивания. В 1986 г. прошли координационные совещания ВНИИЛМ по лесо-

устроительной тематике и рубкам ухода. В 1989 г. по инициативе И.С. Марченко была организована всесоюзная дискуссия на тему «Рубки ухода и влияние их на конечную продуктивность леса», в 1990 г. – всесоюзная конференция «Лесорастительные свойства почв и антропогенная динамика лесных экосистем».

Теперь таксационно-лесоустроительную научную школу развивают работы по составлению таблиц хода роста смешанных насаждений и по направлению П.В. Воропанова в поисках режима максимального прироста (Ф.В. Кишенков и др.). Решение этих задач требует продолжения научного направления по применению удобрений в лесу и комплексному уходу (А.П. Сляднев, Г.В. Всеволожская, В.В. Прокопцов) и создания такового по составлению программ рубок ухода в смешанных насаждениях (А.С. Тихонов, И.В. Шершнева, Д.И. Нартов, А.В. Прутской).

В последние годы А.С. Тихонов установил принцип восстановления елово-дубовых насаждений и разработал с учениками табличные программы рубок ухода по выращиванию дубово-еловых (Шершнева, 1993), елово-широколиственных (Нартов, 1997) и дубово-сосновых (Прутской, 2002) насаждений на основании исследованных взаимоотношений между дубом и елью, сосной, ясенем, между ясенем и елью, ольхой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жилкин Б.Д. Уход за сосной // Тр. Брян. лесохозяйственного ин-та. 1940. Т. II, III. С. 233–287.
2. Кишенков Ф.В. Методические рекомендации для проведения и контроля интенсивных рубок ухода за лесом. М.: ВАСХНИЛ, 1989. 52 с.
3. Лесохозяйственному факультету – 75 лет. Брянск: БГИТА, 2006. 221 с.

4. Марченко И.С., Марченко С.И. Не-традиционное лесоводство / Под ред. Е.С. Мураханова. Брянск: БрянЦНТИ, 1997. 387 с.

5. Морозов Г.Ф. К вопросу об образовании опытного лесничества в Брянских лесах // Лесн. журн. 1906. Вып. 3. С. 283–293.

6. Приоритетно-юбилейная лесная Брянщина. Ч. I / В.П. Тарасенко [и др.]; под ред. В.П. Тарасенко. Брянск: ГУП «Клинцовская городская типография», 2006. 304 с.

7. Разумов В.П. К вопросу обоснования мер ухода за лесом // Тр. Брян. лесохозяйственного ин-та. 1957. Т. VII. С. 79–86.

8. Сляднев А.П. К вопросу о развитии биогрупп сосны // Тр. Брян. лесохозяйственного ин-та. 1952. Т. VI. С. 63–69.

F.V. Kishenkov, N.Yu. Shapovalov
Bryansk State Academy of Engineering and Technology

Studying Thinning in Training-Experimental Forestry Enterprise of BSAET

The main directions of studying thinning in Training-Experimental Forestry Enterprise of BSAET from its establishment are considered.

Keywords: thinning, integrated care, biological shield.

УДК 630*231.4

Н.А. Михайлов

Брянская государственная инженерно-технологическая академия

Михайлов Николай Александрович родился в 1983 г., окончил в 2006 г. Брянскую государственную инженерно-технологическую академию, ассистент кафедры лесоводства, лесных культур и почвоведения Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет 4 печатные работы в области изучения порослевого возобновления дуба черешчатого в Брянском лесном массиве.
E-mail: nikolajmikh@yandex.ru



ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ КОРНЕВЫХ СИСТЕМ ПОРΟΣЛЕВОГО ДУБА ОТ ТОНКИХ ПНЕЙ В БРЯНСКОМ ЛЕСНОМ МАССИВЕ

Изучено изменение размеров и количества корней у порослевого дуба от тонких пней в процессе развития до 30-летнего возраста.

Ключевые слова: порослевой дуб, тонкие пни, корневые системы, коэффициент формы стержневого корня.

Сохранение и восстановление дубрав – задача национального масштаба, для правильного решения которой необходимо более углубленное изучение биологических свойств дуба черешчатого.

В Брянском лесном массиве после проведения рубок в дубравах и насаждениях с подростом и тонкомером дуба неизменно присутствует порослевое возобновление [5]. После спиливания дуба его мощная корневая система снабжает молодые порослевые побеги куста водой и питательными веществами. Со временем материнская корневая система полностью или частично отмирает, а вновь образовавшаяся не способна в полной мере выполнять свои функции. При этом в лесоводстве есть правило «сажать на пень» сильно поврежденные особи подростка дуба, после чего, как принято считать, сохраняется стержневой корень. С другой стороны, признано отмирание стержневого корня после рубки спелых деревьев [4, 7]. Установлено [6], что стержневой корень лучше сохраняется при диаметре пня менее 12 см, большем количестве поросли и равномерном распределении ее по окружности пня. Однако сведения о

параметрах, характеризующих корневую систему порослевого дуба от тонких пней, отсутствуют. Определение данных показателей и стало целью наших исследований.

Изучение корневых систем порослевого дуба от тонких пней проводилось под руководством проф. А.С. Тихонова на трех участках.

Участок № 1 (ГУ «Навлинское лесничество», бывший Клюковенский спецлесхоз, квартал 73, выдел 3) представлен 10-летними культурами лиственницы европейской и дуба черешчатого. Почва – слабодерновая слабоподзолистая супесь на глинистом элювии карбонатной опоки. Тип леса – дубняк лещиново-копытеневоый, тип лесорастительных условий (ТЛУ) – D₃.

Участок № 2 – смешанный естественный 23-летний сосново-дубовый молодняк, образовавшийся в результате проведения сплошной узколесосечной рубки. Тип леса – сосняк лещиново-костяничный, ТЛУ – D₂. Почва – слабодерновая слабоподзолистая супесь на флювиогляциальных песках (ФГП) с желваками фосфоритов, подстилаемая глауконитовым суглинком.

Участок № 3 – 30-летние культуры ели европейской и дуба черешчатого. При этом на участке успешно возобновились порослью посаженные на пень тонкомерные дубки. Тип леса – ельник лещиново-копытеневый, ТЛУ – D₃. Почва – слабодерновая сильноподзолистая супесь на ФГП, подстилаемая кварцево-глауконитовыми песками с фосфоритами.

Для получения ясной картины о строении корневой системы порослевого дуба с сохраненным стержневым корнем методом скелета были раскопаны 19 корневых систем [3], из которых по девять – в 10-(участок № 1) и 23-летнем (участок № 2) возрасте, одна – в 30-летнем возрасте (участок № 3).

Для установления параметров корневой системы порослевых кустов

дуба в 10-летнем возрасте были исследованы 9 моделей с диаметром пня 8...12 см. Точное определение диаметра пня у более старших особей было затруднительным (из-за его быстрого разложения). Поэтому при подборе моделей у деревьев на выделе с диаметрами порослевин, близкими к «среднему дереву» [1], по косвенным признакам устанавливалось предполагаемое наличие стержневого корня (по полному срастанию порослевин у основания куста), траншейным методом – наличие или отсутствие стержневого корня, затем проводилось полное вскрытие корней методом скелета.

Основные характеристики корневых систем исследуемых моделей дуба от тонких пней представлены в табл. 1.

Таблица 1

Средние значения показателей корневых систем порослевого дуба от тонких пней

Показатель	Значения показателя для дуба в возрасте, лет		
	10	23	30
Длина стержневого корня, м	1,9±0,50	2,5±0,98	2,0
Диаметр, см:			
стержневого корня у корневой шейки	11,7±2,04	21,8±1,96	24,4
добавочных корней у места прикрепления к поросли (стержневому корню)	2,0	3,8	4,6
старых корней второго порядка, отходящих от стержневого корня	2,5	4,4	4,8
Количество корней в порослевом кусте, шт.:			
скелетных	4,7±0,75	6,5±0,97	11,0
полускелетных	9,0±0,63	10,3±1,23	14,0
Количество образовавшихся косовертикальных корней, приходящееся на порослевой куст, шт.	–	1,2±0,36	2,0

По данным табл. 1 видно, что спустя 10 лет после рубки у дуба уже формируется добавочная корневая система, представленная корнями горизонтальной ориентации, прикрепленными к появившейся поросли или к стержневому корню на глубине до 60 см, имеющему диаметр у места прикрепления до 2,4 см (в среднем – 2,0 см). Эти корни отходят от центра почти параллельно поверхности почвы во все

стороны на расстояние до 60 см. Средний диаметр стержневого корня у корневой шейки – (11,7±2,04) см. При этом из-за интенсивного зарастания места прикрепления порослевин к пню диаметр стержневого корня у корневой шейки в 1,7 раза больше, чем на глубине 10 см. Количество скелетных корней составляет в среднем 4,7 шт., полускелетных – 9,0 шт.

Таблица 2

Распределение скелетных и полускелетных корней 10-летней поросли дуба черешчатого от тонких пней

Глубина, см	Количество корней, шт., дуба в возрасте, лет		
	10	23	30
	Скелетные		
0...20 см	2,8±0,53	3,0±1,00	4,0
20...40 см	1,0±0,43	2,5±0,55	4,0
40...60 см	0,2±0,14	1,4±0,48	2,0
> 60 см	–	–	1,0
	Полускелетные		
0...20 см	5,0±0,58	4,0±0,46	6,0
20...40 см	2,3±0,52	5,2±0,54	4,0
40...60 см	1,3±0,97	1,8±0,38	2,0
> 60 см	–	1,2±0,71	2,0

У 23-летнего порослевого дуба уже активно развивается добавочная корневая система, представленная корнями горизонтальной ориентации, прикрепленными к появившейся поросли или к стержневому корню. Эти корни хотя и имеют такое же направление, как и у 10-летних моделей, однако крупнее их. При этом у двух моделей из девяти наблюдается отмирание зоны всасывания стержневого корня. У одной модели центральная ось стержневого корня поражена гнилью (2-я стадия гниения), у другой – только верхняя и нижняя части. Однако у моделей с различной глубины активно растет корень второго порядка, приобретающий вертикальную направленность (вертикальные ответвления), причем образовывался он уже после рубки материнского дерева. Таким образом, у 23-летнего порослевого дуба от тонких пней еще сохраняется функционирующий стержневой корень, при этом идет активный процесс обновления старой корневой системы.

С увеличением возраста повышается диаметр у корневой шейки, количество скелетных и полускелетных корней. Новые корневые лапы растут активнее старых и к 30 годам практически сравниваются с ними по толщине у основания.

Характерной особенностью корневых систем порослевого дуба, помимо отсутствия стержневого корня, является наличие косовертикальных корней длиной до 2 м и толщиной у основания до 3 см [2]. При анализе исследуемых корневых систем оказалось, что одна модель в 10-летнем возрасте, пять моделей в 23-летнем возрасте и одна 30-летняя модель имеют указанные косовертикальные корни, причем с возрастом их количество, приходящееся на 1 куст, увеличивается, а количество и скорость роста выше, если стержневой корень был поврежден или отмирает. Можно сделать вывод, что у порослевого дуба от тонких пней процесс развития корневой системы идет, как и у остальных порослевых дубов.

Распределение скелетных и полускелетных корней порослевого дуба от тонких пней в разном возрасте характеризует табл. 2.

Из табл. 2 видно, что у дуба в 10-летнем возрасте основное количество скелетных и полускелетных корней сосредоточено на глубине 0...20 см. Здесь расположены 70,8 % скелетных и 57,7 % полускелетных корней. Глубже 60 см в этом возрасте таких корней не обнаружено ни у одной модели. Из корней толще 2 см там расположен только стержневой корень.

С течением времени по всей глубине количество скелетных корней увеличивается, у дуба в возрасте до 23 лет количество полускелетных корней на глубине до 20 см уменьшается (в связи с их утолщением), а затем, с появлением корней второго порядка от новых корневых лап, увеличивается. На глубине 20...40 см количество полускелетных корней сначала увеличивается (появляются новые корневые лапы от стержневого корня), а затем – уменьшается.

Помимо этого наблюдается более длительное отмирание некоторых

корней, не соединенных со стержневым корнем или образовавшейся порослью. Так, по данным [2], отмирание корней затягивается на период около пяти лет. У наших моделей данный процесс может затянуться до 20 лет и более, что связано с меньшим диаметром пня.

Другой немаловажной характеристикой формы корней служит показатель коэффициента формы. В табл. 3 приведены коэффициенты формы у сохраненного стержневого корня порослевых дубов в сравнении с коэффициентами формы семенных особей [3].

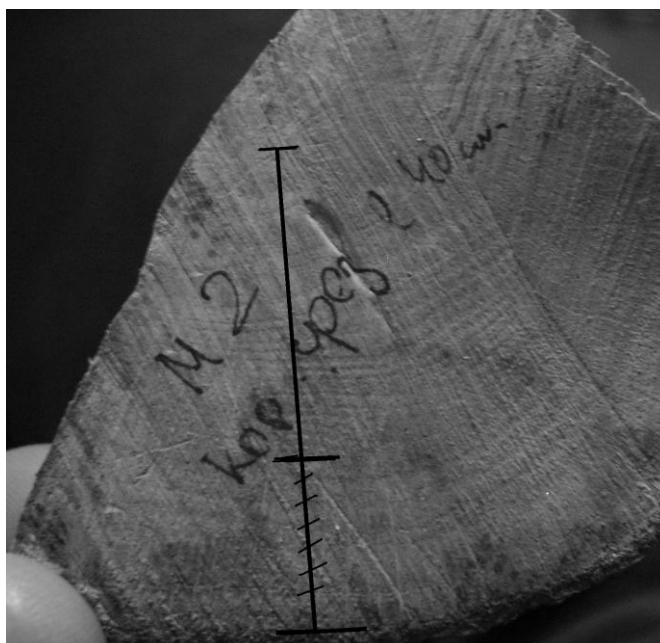
Таблица 3

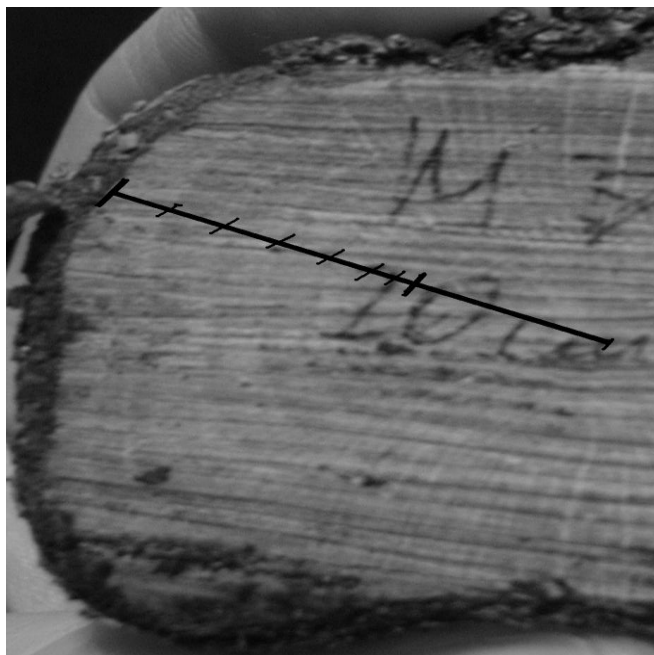
Коэффициенты формы стержневого корня порослевого дуба ($q_{пор} \pm C$) и скелетных корней первого порядка ветвления ($q_k \pm C$)

Показатель	Значения показателя при относительной длине корней				
	0,1	0,2	0,5	0,7	0,9
$q_{пор}$	76,7±8,88	55,5±8,99	13,6±2,30	10,1±1,72	5,1±1,70
q_k	72,4±0,55	56,2±0,63	29,8±0,54	16,7±0,40	7,4±0,30

Как видно из табл. 3, коэффициент формы стержневого корня порослевого дуба больше, чем у семенного на относительной длине корней 0,1. На остальных длинах наблюдается обратная зависимость. Причем для относительной длины корня 0,5 имеем

$t_{факт} = 99,9 \%$, для 0,7 – 95,0 %. Значит, после спиливания надземной части корни порослевого дуба активно прирастают по толщине в своей верхней части (примерно до 1/3 длины), меньше – в остальной. При этом на поперечных спилах стержневого





б

Поперечный спил стержневого корня (отсечками показаны годовые кольца): а – модель 10-2, глубина 40 см; б – модель 10-7, глубина 20 см

корня наблюдаются ясно выраженные крупные годовые кольца, появляющиеся через 2...4 года после рубки (см. рисунок).

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Процесс развития корневых систем порослевого дуба от тонких пней схож с процессом развития корневых систем порослевого дуба при большом диаметре пня. Это проявляется в способности образовывать косо-вертикальные корни. При этом, чем их больше, тем интенсивнее рост, если стержневой корень в силу каких-либо причин был поврежден или отмирает. Однако данные процессы имеют различие, проявляющееся в более длительном отмирании старых корней, не связанных с порослью или стержневым корнем.

2. У особей порослевого дуба с малым диаметром пня наблюдается более длительное отмирание некото-

рых корней, не соединенных со стержневым корнем или образовавшейся порослью. При этом данный процесс может затягиваться на 20 лет и более, что положительно сказывается на развитии поросли, так как ей доставляется больше воды и питательных веществ из почвы.

3. После спиливания надземной части корни порослевого дуба активно прирастают по толщине в верхней своей части (примерно до 1/3 длины) и меньше – в остальной. При этом на поперечных спилах стержневого корня наблюдаются ясно выраженные крупные годовые кольца.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анучин Н.П. Лесная таксация: Учеб. для вузов. М.: Лесн. пром-сть, 1982. 552 с.
2. Жуков А.Б. Дубравы СССР и способы их восстановления // Дубравы СССР. Т. 1. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1949. 469 с.

3. Калинин М.И. Корневедение: Учеб. для вузов. М.: Экология, 1991. 173 с.

4. Пятницкий С.С., Коваленко М.П., Лохматов Н.А. Вегетативный лес. М., 1963. 448 с.

5. Тихонов А.С. Брянский лесной массив: Моног. Брянск: ЗАО «Издательство «Читай-город», 2001. 312 с.

6. Тихонов А.С., Михайлов Н.А. Сохранение стержневого корня в зависимости от диаметра пня // Лесн. хоз-во. 2010. № 2. С. 24–25.

7. Ткаченко М.Е. Общее лесоводство: Учеб. пособие для высш. лесн. учеб. заведений. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1952. 601 с.

N.A. Mikhailov

Bryansk State Academy of Engineering and Technology

Root Structure Peculiarities of Coppice Oak from Thin Stumps in the Bryansk Forest

Change of the size and root system of coppice oak from thin stumps is studied in the development process of up to 30 years.

Keywords: coppice oak, thin stumps, root systems, coefficient of the main root form.

УДК 630*2

Ю.И. Перепечина

Брянская государственная инженерно-технологическая академия

ПОСЛЕПОЖАРНОЕ СОСТОЯНИЕ ЛЕСОВ В ХОЗЯЙСТВЕННО-ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ РАЙОНАХ КУРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ

По материалам 160 пробных площадей, которые заложены в участках леса, пройденных лесными пожарами, оценено состояние лесов в хозяйственно-лесорастительных районах Курганской области.

Ключевые слова: состояние лесов, коэффициент изменения состояния, уровни деградации насаждений, хозяйственно-лесорастительные районы, лесные пожары.

Лесные экосистемы могут находиться в двух основных состояниях: устойчивом и неустойчивом. В устойчивом состоянии выделяют до 5 уровней – от невозмущенного до такого состояния, когда наступает отказ регуляторных механизмов. Уровни неустойчивого состояния отражают этапы отмирания лесных экосистем и воздействия на них негативных факторов [1, 4].

Параметры, характеризующие состояние лесных экосистем на разных этапах деградации, подразделяют на две основные группы: условно-статические (заметно изменяются за сравнительно долгий период, исчисляемый неделями, месяцами и даже годами) и динамические (быстро изменяются в течение короткого периода – минут, часов, максимум несколько дней) [4]. Для характеристики изменений состояния насаждений целесообразно использовать условно-статические параметры [1, 4]: основные – коэффициент изменения состояния (КИС), степень усыхания древостоя, характеристика отпада; дополнительные – повреждение насаждений насекомыми-ксилофагами, цветовой фон насаждения, повреждения кроны, характеристика прироста.

КИС рассчитывали как отноше-

ние суммы произведений диаметров здоровых и ослабленных деревьев на цифровое значение соответствующей им категории состояния (числитель) к сумме произведений диаметров всех деревьев пробной площади на цифровое значение соответствующей категории (знаменатель). (Здоровое дерево – 1, ослабленное – 2, сильно ослабленное – 3, усыхающее – 4, свежий сухостой – 5, старый сухостой – 6). В связи с климатическими условиями района ко второй категории относили деревья с незначительными признаками ослабления. Поэтому при расчете КИС в категорию здоровых были включены и деревья второй категории.

Для оценки изменения биологической устойчивости на различных уровнях деградации насаждений выделено пять степеней изменения их состояния: 1 – деградации не отмечено; 2 – слабая; 3 – средняя; 4 – сильная; 5 – полная деградация [1–3]. Первые две степени изменения состояния под влиянием отрицательных факторов характеризуются устойчивым положением лесных экосистем, при котором их регуляторные механизмы способны восстановить первичное состояние. Третья степень занимает промежуточное положение. Две последние характеризуют неустойчивое состояние,

когда в результате негативного влияния утрачивается способность регуляторных механизмов восстанавливать равновесие в лесных экосистемах.

На основе анализа материалов дана оценка состояния лесов в выделенных нами хозяйственно-лесорастительных районах Курганской области.

В районе смешанных лесов негативные факторы приводят к различному уровню деградации.

Беглый низовой пожар в сосновых насаждениях III–IV классов возраста, тип лесорастительных условий (ТЛУ) – злаково-разнотравный (D₁), а также в березовых насаждениях VI–VII классов возраста, ТЛУ – разнотравный (C₂), наблюдается слабый уровень деградации с незначительным изменением состояния. КИС = 0,70...0,72. Степень усыхания невелика, идет снижение процента здоровых деревьев по запасу (в сосновых насаждениях – до 74 %, в березовых – до 60 %). Отпад превышает таковой для нормальных насаждений до 0,6 раза. Запас погибшей части древостоя достигает 10 % от числа здоровых деревьев. Общий цветовой фон насаждения – зеленый. Крона типичная, но прирост у четверти деревьев уменьшен.

Беглый низовой пожар в березовых насаждениях I–IV классов возраста, ТЛУ – злаково-разнотравный (D₁), и устойчивый низовой пожар низкой интенсивности в молодняках березы, ТЛУ – разнотравный, приводят к среднему уровню деградации. При этом отрицательное влияние находится на предельно допустимом уровне устойчивости лесной экосистемы, но отмечается превышение пределов толерантности. Доза их воздействия – средняя, частично – сильная. КИС = 0,40...0,52. Степень усыхания насаждения значительная, процент здоровых деревьев составляет 46...52. Наряду с увеличением количества ос-

лабленных деревьев, значительно (в 1,9 раза) возрастает отпад за счет деревьев основного полога (37...63 % от запаса здоровых деревьев). Насекомые заселяют утратившие энтомоустойчивость деревья любого роста и состояния. Начинается отмирание ассимиляционного аппарата. Цветовой фон – светло-зеленый, крона – изрежена.

Устойчивый низовой пожар средней интенсивности в березовых насаждениях VI класса возраста, ТЛУ – сложнотравный, и высокой интенсивности в березняках V класса возраста, ТЛУ – брусничниковый, приводят к сильной деградации: нагрузки отрицательных факторов – недопустимые и частично катастрофические, доза их воздействия – сильная и частично сублетальная. Значения всех показателей существенно превышают их диапазон, изменения лишь частично обратимы. Таксационные показатели и пространственная структура древостоя существенно изменяются. Насаждения распадаются. КИС = 0,22...0,30. Процент здоровых деревьев по запасу колеблется от 12,5 до 32,5. Отпад в 4–7,8 раза выше, чем в нормальных насаждениях, основу древостоя составляют деревья средних и более ступеней толщины.

Устойчивый низовой пожар средней интенсивности в молодняках сосны, ТЛУ – злаково-разнотравный, и высокой интенсивности в осинниках III класса возраста, ТЛУ – брусничниковый, а также верховой пожар во всех насаждениях, разных типах леса и возрастах приводят к полной деградации.

Полная деградация леса характеризуется катастрофической нагрузкой на лесные экосистемы, доза воздействия – сублетальная и летальная, изменения необратимы, значения всех показателей существенно превышают диапазон их толерантности. Таксационные показатели и пространственную структуру

древостоя определить трудно. КИС = 0,00...0,10. Здоровые деревья отсутствуют, насаждения полностью погибли. Основу древостоя составляет отпад, образовавшийся за период гибели насаждения и более чем в 9,1 – 10 раз превышающий таковой для нормальных насаждений, заселен ксилофагами.

Анализ результатов в сосняках, поврежденных большим сосновым лубоедом, позволяет сделать вывод, что деградация отсутствует. КИС = 0,92. Усыхание – незначительное, здоровые деревья составляют 95 % по запасу. Отпад не превышает естественный и идет за счет деревьев худшего роста. Общий цветовой фон насаждения – темно-зеленый.

В районе березовых колковых лесов устойчивый низовой пожар средней интенсивности в средневозрастных березовых насаждениях, ТЛУ – костяничниково-разнотравный, приводит к среднему уровню деградации. КИС = 0,40. Степень усыхания насаждения значительная, процент здоровых деревьев составляет 42,3. Снижается относительная полнота и степень выполнения насаждением своего функционального назначения. В 1,9 раза превышен отпад нормальных древостоев. Насекомые заселяют деревья, утратившие энтомоустойчивость. Цветовой фон – светло-зеленый.

Повреждения березовых и осиновых насаждений во всех типах леса непарным шелкопрядом приводят к слабой деградации или она отсутствует. КИС = 0,74...0,97. Степень усыхания невелика. Отпад на уровне нормальных насаждений.

В районе сосновых боров беглый низовой пожар в березовых насаждениях III класса возраста, ТЛУ – разнотравный, приводит к среднему уровню деградации. КИС = 0,51. К здоровым деревьям в насаждении

отнесено 57 % от запаса. Отпад превышает таковой для нормальных насаждений в 1,5 раза. Запас погибшей части древостоя составляет 62,6 % от здоровых деревьев. Насекомые заселяют деревья любого роста и категории состояния, утратившие энтомоустойчивость.

Беглый низовой пожар в 10...20-летних сосновых насаждениях, брусничниковый ТЛУ, приводит к полной деградации в насаждениях III класса возраста, разнотравный ТЛУ – к слабому уровню деградации.

При полной деградации (КИС = 0,00) здоровые деревья в насаждении отсутствуют; деревья отпада повреждены стволовыми вредителями.

При слабом уровне деградации (КИС = 0,64) степень усыхания невелика, здоровых деревьев в насаждении 62,0 %. Отпад превышает таковой для нормальных насаждений в 0,5 раза. Запас погибшей части древостоя составляет 8,2 % от числа здоровых деревьев. Насекомые-ксилофаги повреждают естественный отпад и утратившие энтомоустойчивость деревья основного полога.

Устойчивый низовой пожар низкой интенсивности в осинниках и березняках II-III классов возраста, ТЛУ – злаковый, приводит к среднему уровню деградации: КИС = 0,48...0,54. Процент здоровых деревьев в насаждении – 42,5...46,7 по запасу. Отпад в 2 раза выше, чем у нормальных насаждений. Запас погибшей части древостоя – 81,5...100,0 % от числа здоровых деревьев.

Устойчивый низовой пожар средней интенсивности в сосновых насаждениях IV класса возраста, ТЛУ – брусничниковый и сложнотравный, приводит к среднему уровню деградации, пожар высокой интенсивности в сосняках II-III классов возраста,

ТЛУ – разнотравный, и верховой пожар в сосняках и березняках приводят к полной деградации (КИС = 0). Здоровые деревья в насаждении отсутствуют. Отпад превышает таковой для нормальных насаждений в 8,8 – 10 раз.

В районе сосново-березовых лесов беглый низовой пожар в осиновых и березовых насаждениях IV класса возраста, ТЛУ – сложнотравный, приводит к слабому уровню деградации (КИС = 0,60...0,72; процент здоровых деревьев по запасу – 57,5...74,0; отпад – 9,8...10,1 % от числа здоровых деревьев; превышение отпада над естественным – незначительное), в молодняках березы – к среднему уровню деградации (КИС = 0,40...0,46; процент здоровых деревьев по запасу – 28,7...54,0; отпад – 24,3... 30,9 %; превышение отпада над естественным – 0,7–1,5 раза).

Устойчивый низовой пожар низкой интенсивности в сосновых насаждениях III класса возраста и осино-вых IV класса, ТЛУ – черничниковый, приводит к слабому уровню деградации (КИС = 0,60...0,72); в сосновых насаждениях II класса возраста, ТЛУ – зеленомошниковый, наблюдается средний уровень деградации (КИС = 0,50).

Устойчивый низовой пожар низкой интенсивности в сосновых насаждениях I класса возраста, ТЛУ – брусничниковый, верховые пожары в сосняках и березняках, устойчивый низовой пожар средней и высокой интенсивности в сосняках I–II классов возраста ведут к полной деградации (КИС = 0). Здоровые деревья в насаждении отсутствуют. Деревья отпада повреждены стволовыми вредителями.

В березняках, поврежденных ложным трутовиком, деградация отсутствует (КИС = 0,97). Усыхания нет или оно незначительно, здоровые деревья составляют 96,0 % от запаса. На-

личие такого количества деревьев первой категории состояния позволяет насаждению сохранять типичную для него полноту, в полной мере выполнять свое функциональное назначение. Отпад не превышает естественный и идет за счет деревьев худшего роста. Общий цветовой фон насаждения – темно-зеленый. В осинниках, поврежденных ложным трутовиком, наблюдается слабая деградация.

Выводы

Беглый низовой пожар во всех районах Курганской области в средневозрастных березовых, осино-вых и сосновых насаждениях приводит к слабой, в молодняках березы и осины – к средней, в молодняках сосны – к полной деградации.

После устойчивого низового пожара слабой интенсивности в районе сосновых боров насаждения подвергаются средней, в районе сосново-березовых лесов – слабой деградации.

Устойчивый низовой пожар средней интенсивности в районе смешанных лесов приводит к средней, сосново-березовых лесов – к сильной, сосновых боров – к полной деградации насаждений. После указанного вида пожара необходимо вырубать насаждения и проводить лесовосстановительные работы, так как через 4...6 лет наступает их полная деградация. Проведенными исследованиями установлено, что при устойчивом низовом пожаре средней интенсивности в сосновых насаждениях 20,0...80,0 % деревьев получают ожог стволов свежий (камбий поврежден более чем на 3/4 окружности ствола), 50,0...80,0 % деревьев – ожог корневой шейки свежий (более 3/4 окружности). В березовых и осино-вых насаждениях наблюдаются аналогичные повреждения, процент которых колеблется от 40,0 до 70,0.

Устойчивый низовой пожар высокой интенсивности, верховой пожар во всех районах приводят к полной деградации. Поэтому работникам лесного хозяйства и арендаторам необходимо обратить внимание на пожарную безопасность в районах сосновых боров, сосново-березовых лесов и смешанных лесов, так как они в большей степени подвержены пожарам. В районе березовых колковых лесов при правильном использовании сельскохозяйственных угодий можно избежать пожаров.

В районе березовых колковых лесов, при повреждении насаждений непарным шелкопрядом, деградация или отсутствует, или имеет слабый уровень. Однако, чтобы площади, поврежденные непарным шелкопрядом, не увеличивались, необходимо проводить химическую обработку насаждений.

В насаждениях, поврежденных буреломом, наблюдается сильная деградация, при ветровале – слабая.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ковалев Б.И.* Состояние, факторы, его определяющие, и организация мониторинга хвойных лесов Центральной Сибири и

Вятско-Камского региона / Отв. ред. Е.С. Мурахтанов; Брян. гос. инж.-технол. акад. Брянск, 2000. 248 с.

2. *Ковалев Б.И.* Мониторинг состояния еловых лесов Западного Урала. С.-Петербург, 2001. 109 с.

3. *Кондратьев К.Я., Лосев К.С.* Иллюзии и реальность стратегии устойчивого развития // Вестник. РАН. 2002. Т. 72, № 7. С. 592–601.

4. *Мозолевская Е.Г.* Методы оценки и прогноза динамики состояния насаждений // Лесн. хоз-во. 1998. № 3. С. 43–45.

Yu.I. Perepechina

Bryansk State Academy of Engineering and Technology

Post-fire Forests State in Economic and Forest-growing Zones of the Kurgan Area

The state of forests is assessed in the economic and forest-growing zones of the Kurgan area based on the data of 160 testing areas laid in the forest plots damaged by the forest fires.

Keywords: state of forests, coefficient of the state change, stands degradation levels, economic and forest-growing zones, forest fires.

УДК 630*237.4:630*174.754

В.И. Шошин, Г.П. Плотникова

Брянская государственная инженерно-технологическая академия

Плотникова Галина Павловна родилась в 1967 г., окончила в 1990 г. Брянский технологический институт, ассистент кафедры лесоводства, лесных культур и почвоведения Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет 2 печатные работы в области изучения создания и роста лесных культур.
E-mail: mail@bgita.ru



ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АЛЬБИТА НА ПРИЖИВАЕМОСТЬ И РОСТ КУЛЬТУР СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

Обобщены данные применения на практике стимулятора роста альбита; рассмотрено ростостимулирующее действие препарата на лесные культуры сосны обыкновенной; выявлены наиболее эффективные концентрации препарата.

Ключевые слова: стимулятор роста, культуры сосны, дерново-подзолистая песчаная почва, приживаемость, рост, фитомасса.

Сложившаяся технология создания лесных культур ориентирована на формирование высокопродуктивных устойчивых к негативным антропогенным и природным воздействиям насаждений, обладающих высокими природоохранными функциями.

В последние годы широкое внимание в лесокультурном деле стало отводиться применению различных экологически безопасных стимуляторов роста. Данные препараты существенно повышают приживаемость лесных культур, их рост и устойчивость. Наилучший эффект дают препараты, которые сочетают в себе свойства фунгицида и комплексного удобрения.

Препарат альбит (пат. № 99118894 «Препарат для повышения урожая растений и защиты их от фитопатогенов»; номер государственной регистрации 09-0496-0378-0) содержит природный микробный полимер полигидроксимасляную кислоту из почвенных бактерий *Baccillus megaterium* и *Pseudomonas aureofaciens*, стимуляторы роста и индукторы иммунитета, терпеновые кислоты, сбалансированный набор макро- и микроэлементов (NPK, Mg, S,

Fe, Mn, Си, Zn, Mo, Na, B, Co, Ni, Ca, I, Sc, Si). Он обладает выраженным ростостимулирующим действием, способствует формированию и росту мощной корневой системы, усиливает снабжение растений элементами питания. За счет размножения в почве азотфиксаторов, фосфатсольбилизирующих и других полезных бактерий альбит на 18...47 % увеличивает коэффициенты использования элементов минерального питания растениями из почвы и удобрений. В результате растения более эффективно используют имеющиеся питательные ресурсы, что позволяет сократить расход минеральных удобрений. По данным кафедры агрохимии МГУ [1], при возделывании сельскохозяйственных культур применение альбита позволяет сократить расход удобрений на 10...30 %, что на среднекультуренной почве равносильно экономии 18 кг д.в./га азотных и 14 кг д.в./га фосфорных удобрений. Действие данного препарата на лесные растения пока не изучено.

Наши исследования проводились на двухлетних сеянцах сосны обыкновенной. Обработке подвергалась корне-

вая система семян путем замачивания в течение 3 ч в водном растворе альбита различных концентраций, как рекомендовано для других стимуляторов роста [2]. Сеянцы были высажены на лесокультурную площадь весной 2004 г. Опыт с альбитом (концентрация 0,01, 0,05 и 0,10 %) проводили в трехкратной повторности. В каждой

повторности использовали по 100 семян. Контролем служили необработанные семена.

На свежей вырубке (квартал 31, выдел 11 Опытного лесничества) преобладает дерново-подзолистая песчаная на флювиогляциальных песках почва.

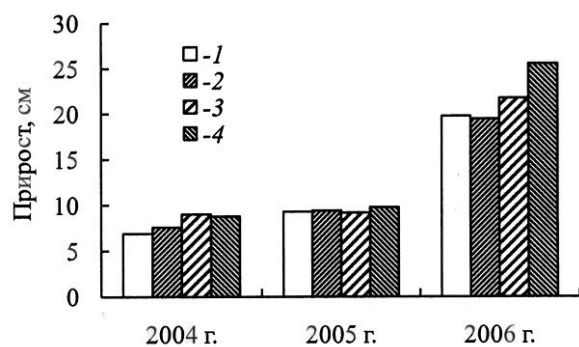
Приживаемость лесных культур оценивали в октябре 2004 г. (табл. 1).

Таблица 1

Влияние альбита на приживаемость двухлетних сеянцев сосны обыкновенной

Концентрация альбита, %	Количество сеянцев, шт.		Процент к контролю	Приживаемость, %
	высаженных	выживших		
0,01	300	280	131,41	93,3
0,05	300	273	128,17	91,0
0,10	300	281	131,92	93,6
0,00 (контроль)	300	213	100,00	71,0

Установлено, что применение альбита в рассматриваемых концентрациях на 21...24 % повысило приживаемость сосны на бедной песчаной почве. Обработка альбитом оказала положительное влияние не только на приживаемость сеянцев сосны обыкновенной, но и на их рост в высоту (см. рисунок).



Прирост сеянцев сосны в высоту в течение 2004–2006 гг.: 1 – контроль; 2 – концентрация альбита 0,01 %; 3 – 0,05; 4 – 0,10 %

В первый год применение альбита на 10...31 % усилило рост сеянцев в высоту, на второй год его влияние было незначительным. Суммарный прирост за три года для варианта с концентрацией альбита 0,10 % был на 22 %

(44,1 см) выше, чем в контроле, для вариантов с концентрацией альбита 0,05 и 0,01 % – соответственно на 11 и 1 %.

Для 3-летних лесных культур сосны в вариантах с обработкой корневой системы альбитом отмечен более высокий (на 5...44 %) диаметр на уровне корневой шейки. При этом увеличение диаметра прямо пропорционально возрастанию концентрации альбита (табл. 2).

О лучшем развитии опытных культур свидетельствуют и показатели их биомассы. Так, общая масса хвои на сосне с обработкой альбитом была на 29...93 % выше, чем в контроле. Во всех вариантах опыта масса корней и всей надземной части превышали контроль соответственно на 30...105 и 21...123 %.

Проведенные исследования показали, что на песчаной почве обработка корневых систем 2-летних сеянцев сосны альбитом в концентрации 0,10 % перед весенней посадкой лесных культур позволяет существенно повысить их приживаемость и формирование фитомассы.

Таблица 2

**Влияние альбита на биометрические показатели 3-летних лесных культур
сосны обыкновенной**

Показатель	Значение показателя			Основное отклонение	Коэффициент изменчивости, %	Точность опыта, %
	минимальное	максимальное	среднее			
Концентрация альбита 0,01 %						
Высота сеянцев, см	35,50	59,20	46,62 ±1,15	6,32 ±0,81	13,57	2,48
Диаметр на уровне корневой шейки, см	0,59	1,00	0,75 ±0,02	0,11 ±0,01	15,02	2,74
Вертикальная протяженность корневой системы, см	31,00	62,00	49,16±1,43	7,85±1,01	15,98	2,92
Масса, г:						
корневой системы	5,12	8,32	6,58±0,18	1,01±0,13	15,48	2,83
надземной части	10,12	17,26	13,22±0,36	1,98±0,25	15,00	2,74
хвои	13,54	24,12	18,53±0,48	2,67±0,35	14,43	2,63
Концентрация альбита 0,05 %						
Высота сеянцев, см	36,00	69,00	52,76±1,47	8,06±1,04	15,28	2,79
Диаметр на уровне корневой шейки, см	0,62	1,10	0,81±0,02	0,12±0,01	15,50	2,83
Вертикальная протяженность корневой системы, см	46,00	72,00	60,56±1,35	7,41±0,95	12,25	2,24
Масса, г:						
корневой системы	6,17	10,10	8,58±0,17	0,96±0,12	11,29	2,06
надземной части	12,75	23,12	19,33±0,56	3,10±0,40	16,07	2,93
хвои	14,37	27,12	22,65±0,68	3,75±0,48	16,57	3,01
Концентрация альбита 0,10 %						
Высота сеянцев, см	49,00	79,00	65,20±1,60	8,77±1,13	13,46	2,46
Диаметр на уровне корневой шейки, см	0,79	1,36	1,01±0,02	0,16±0,02	15,93	2,91
Вертикальная протяженность корневой системы, см	48,00	78,00	65,70±1,54	8,46±1,09	12,89	2,35
Масса, г:						
корневой системы	6,73	14,13	10,40±0,29	1,60±0,20	15,40	2,81
надземной части	17,26	33,10	24,34±0,68	3,75±0,48	15,43	2,82
хвои	20,11	37,45	27,72±0,80	4,42±0,57	15,94	2,91
Контроль						
Высота сеянцев, см	35,00	52,00	43,92±1,37	5,29±0,97	12,07	2,20
Диаметр на уровне корневой шейки, см	0,60	0,83	0,70±0,01	0,07±0,01	10,26	1,87
Вертикальная протяженность корневой системы, см	34,00	59,00	48,76±1,07	5,87±0,76	12,05	2,20
Масса, г:						
корневой системы	3,90	6,89	5,05±0,13	0,76±0,09	15,13	2,76
надземной части	8,39	15,51	10,90±0,35	1,93±0,25	17,76	3,14
хвои	11,02	18,36	14,33±0,42	2,31±0,29	16,15	2,95

Все это дает основание для использования его в лесокультурном деле в качестве перспективного стимулятора роста.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Злотников А.К. Биопрепарат альбит для повышения урожая и защиты сельскохозяйственных культур. Подольск: ПФОП, 2006. 327 с.

2. Справочник пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. М.: Агрорус, 2003. 408 с.

V.I. Shoshin, G.P. Plotnikova
Bryansk State Academy of Engineering and Technology

Study of Albite Effect on Survival Rate and Growth of Common Pine

The data of practical application of albite growth stimulator are summarized; the growth-stimulating effect of the preparation on the common pine is analyzed; the most efficient concentrations of the preparation are revealed.

Keywords: growth stimulator, pine, sod-podzol sand soil, survival rate, phytomass.

УДК 504.054:539.16.04:630*173/174

Е.Н. Самошкин, И.Ю. Адамович

Брянская государственная инженерно-технологическая академия

Адамович Игорь Юрьевич родился в 1971 г., окончил в 1994 г. Брянский государственный педагогический институт, доцент кафедры садово-паркового и ландшафтного строительства Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет 14 печатных трудов по изучению влияния ионизирующего излучения на микотрофность хвойных.

E-mail: BGITAkafSPLS@yandex.ru



ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И СООТНОШЕНИЕ ПОДТИПОВ МИКОРИЗ *PICEA ABIES* L. В УСЛОВИЯХ ХРОНИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАДИОНУКЛИДАМИ В БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

Стимулированы ростовые процессы микориз *Picea abies* L. при мощности экспозиционной дозы от $(159,4 \pm 7,6)$ до $(541,2 \pm 24,0)$ мкР/ч.

Ключевые слова: мощность экспозиционной дозы, микориза, *Picea abies* L.

После аварии на ЧАЭС около 11 тыс. км² земель Брянской области были загрязнены радионуклидами [2]. Создание лесных насаждений на этой территории позволит уменьшить дальнейшее распространение заражения.

Ель европейская (*Picea abies* L.) – один из наиболее радиочувствительных видов [3], отличается высокой микотрофностью, в корневом питании большая роль принадлежит эктомикоризам, особенно на бедных почвах или при неблагоприятных факторах [6]. Так, при химическом загрязнении наиболее повреждаются насаждения ели с малой встречаемостью грибов – симбионтов [5].

Цель наших исследований – изучить состояние корневых окончаний двухлетнего самосева ели в условиях хронического загрязнения радионуклидами после аварии на ЧАЭС.

Эксперименты поставлены в смешанных насаждениях (состав 2...8 Е, возраст 50...95 лет) с разным уровнем радиоактивного загрязнения (мощность экспозиционной дозы (МЭД) от $(10,0 \pm 0,4)$ до $(811,4 \pm 36,2)$ мкР/ч) в Красногорском участковом лесничестве ГУ «Клинцовское лесничество» и Учебно-опытном лесничестве Брянской области (табл. 1).

В исследуемых насаждениях закладывались опытные участки (ОУ), на которых дозиметрами ДРГ-01Т (точность до 0,001 мкР/ч) на высоте 1 м и на поверхности почвы измерялась МЭД гамма-излучения.

На ОУ отобрано и проанализировано 240 образцов корневых окончаний двухлетнего самосева ели. В каждой пробе определены плотность корневых окончаний (количество окончаний на 100 мм корня последнего порядка) и микоризность (процент микоризных корневых окончаний от их общего количества). На микротоме приготовлено 250 микросрезов микориз толщиной 5...10 мкм, которые без окрашивания были исследованы под микроскопами МБИ-6 и «Микмед» с видеоокуляром. Размеры элементов микориз определяли при помощи окуляра, оснащенного шкалой Гюйгенса. На поперечных срезах были изучены: общая толщина микориз, радиус корневого цилиндра, толщина паренхимы первичной коры и грибного чехла – по методике Д.В. Веселкина [1]; тип и подтип микоризы – по методике Т. Dominik, доработанной И.А. Селивановым [4] (табл. 2).

Таблица 1

Лесоводственная и радиационная характеристика объектов

Номер ОУ	Квартал/выдел	Состав	Возраст, лет	<i>D</i> , см/ <i>H</i> , м	Класс бонитета	Полнота	Общий запас, м ³ /га	Тип леса /ГЛУ	МЭД на поверхности почвы, мкР/ч	Удельная активность почвы, Бк/кг
Учебно-опытное лесничество										
9	61/3	7Е3С+Б	95	31,3/29,5	I	0,78	459	Кисз/С _{2,3}	11,8 ± 0,6	14,4
Красногорское участковое лесничество ГУ «Клинцовское лесничество»										
10	13/6	8С2Е+Б,Д	50	20,3/20,1	I	0,99	345	Бр/В ₂	41,8 ± 2,1	1 626,0
11	16/27	8С2Е+Б ед,Д	60	23,9/21,9	I	0,92	390	Бр/В ₂	159,4 ± 7,6	4 633,0
12	21/15	6Е3Ос1С+Д,Б ед.Кл	85	28,8/28,5	I	0,79	439	Кисз/С _{2,3}	193,2 ± 9,3	6 755,0
13	21/15	8Е1С1Б+Ос	85	27,9/26,7	I	0,73	402	Кисз/С _{2,3}	238,6 ± 6,7	9 468,0
14	11/35	6Е1С2Б1Ос	82	28,9/26,6	I	0,68	362	Кисз/С _{2,3}	273,6 ± 13,1	10 900,0
15	182	7Е3Сед.Б	81	29,9/26,3	I	0,67	351	Кисз/С _{2,3}	541,2 ± 24,0	28 680,0
16	182	5Е4С1Б	82	28,5/26,0	I	0,70	374	Кисз/С _{2,3}	811,4 ± 36,2	38 310,0

Таблица 2

Типы чехлов эктотрофных микориз ели европейской

Подтипы грибных чехлов	Краткое описание
Плектенхиматические с войлочным строением грибного чехла:	
A	Рыхлое неправильное соединение гифов с корнем
B	Поверхность грибного чехла гладкая или покрыта слабой бахромой
C	Грибной чехол покрыт ризоморфами
D	Грибной чехол покрыт щетинками
E	Грибной чехол покрыт множеством цистид
Псевдопаренхиматические:	
F	Поверхность грибного чехла гладкая или с одиночными гифами
H	Грибной чехол покрыт мягкими светлыми гифами
G	Грибной чехол покрыт жесткими тупоконечными гифами
Бесструктурный S	Микоризы бесструктурного сложения с гладкой поверхностью, более или менее однородные
Двойные:	
P	Наружный слой – светлый плектенхиматический, внутренний – темный псевдопаренхиматический
N	Наружный слой – темный псевдопаренхиматический, внутренний – светлый плектенхиматический
L	Наружный слой – плектенхиматический с ризоморфами, внутренний – псевдопаренхиматический той же окраски
K	Наружный слой – плектенхиматический коричневый гладкий, внутренний – псевдопаренхиматический иной окраски

Вся полученная экспериментально информация обработана статистически с использованием аналитических компьютерных программ Microsoft Excel; вычисленные $M \pm t$



Рис. 1. Микоризы ели

сравнивали с контролем по критерию Стьюдента t с учетом трех доверительных интервалов ($P = 95,0; 99,0; 99,9 \%$).

Микоризы ели (рис. 1) относятся к эктотрофным, имеют типичное строение (рис. 2): грибной чехол;

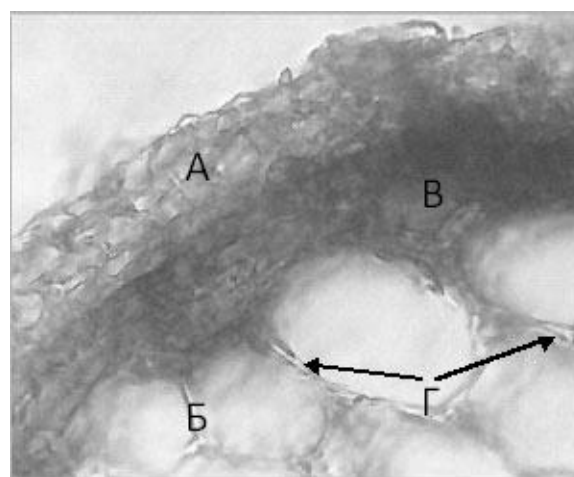


Рис. 2. Поперечный срез микоризы ели: А – грибной чехол, Б – паренхима первичной коры, В – танниновые клетки, Г – сеть Гартига

ярко выраженную, часто многослойную сеть Гартига; проникающие в межклетники нескольких слоев паренхимы первичной коры, имеющей танниновые клетки. Микоризность ели – высокая (97,2 %); количество корневых окончаний на 100 мм корня последних порядков – $(56,3 \pm 2,1)$ шт. Количество корневых окончаний, плотность микориз и микоризность загрязненных территорий недостоверно отличаются от контроля ($t_{\text{факт}} < t_{\text{табл}}$).

В относительно чистой зоне (ОУ 9 – контроль, МЭД = $(11,8 \pm 0,6)$ мкР/ч) обнаружено 10 подтипов микориз с различным анатомическим строением грибных чехлов (рис. 3): плектенхиматические (подтипы В, С, D, E), псевдопаренхиматические (F, H, G), двойные (P, L, K).

Наиболее распространены (63 %) плектенхиматические чехлы, преобладает подтип В. Вторые по количеству – псевдопаренхиматические чехлы, наиболее часто (17 %) встречается чехол F. Бесструктурные чехлы S не встречались, микориз с двойным чехлом только 10 %.

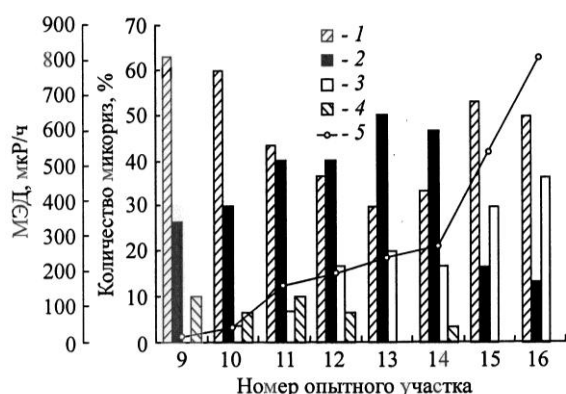


Рис. 3. Соотношение подтипов микориз (1–4) в зонах с разной МЭД (5): 1 – плектенхиматические; 2 – псевдопаренхиматические; 3 – бесструктурные; 4 – двойные

В зоне радиоактивного загрязнения обнаружены плектенхиматические (дополнительно отмечен подтип А), псевдопаренхиматические (подтипы те же, что и в относительно чистой

зоне), двойные (дополнительно – подтип N), бесструктурные (дополнительно – подтип S) подтипы микориз. Большая часть микориз сеянцев в контроле (ОУ 9), в зонах с самым низким (ОУ 10, МЭД = $(11,8 \pm 0,6)$ мкР/ч) и самыми высокими (ОУ 15, МЭД = $(541,2 \pm 24,0)$ мкР/ч; ОУ 16, МЭД = $(811,4 \pm 36,2)$ мкР/ч), уровнями загрязнения имеют плектенхиматические грибные чехлы, однако их количество снижено до 30 % на ОУ 13 (МЭД = $(238,6 \pm 6,7)$ мкР/ч) в сравнении с контролем (ОУ 9) на 63 %.

С усилением загрязнения количество микориз с плектенхиматическими чехлами снова увеличивается: в зоне максимального загрязнения (ОУ 16, МЭД = $(811,4 \pm 36,2)$ мкР/ч) оно составило 50 %. Преобладают микоризы с чехлом В (до 47 %), микоризы с чехлами С, D и E – редки (3...13 %), подтип А отмечен только на ОУ 15, 16, где самые высокие уровни загрязнения. На ОУ 12, 13, 14 (МЭД = $(193,2 \pm 9,3)$; $(238,6 \pm 6,7)$ и $(273,6 \pm 13,1)$ мкР/ч) микоризы с псевдопаренхиматическими чехлами преобладают (до 50 %), в контроле – только 27 %, что можно объяснить стимулирующим действием радиации, среди них наиболее распространены микоризы с чехлом F: на ОУ 12, 13, 14 – 30...47 %, на ОУ 16 – только 13 %, в контроле – 17 %. С ростом МЭД увеличивается количество микориз с бесструктурными чехлами S: при самом высоком загрязнении (МЭД = $(811,4 \pm 36,2)$ мкР/ч) – 37 %, в контроле их нет. Двойные чехлы (подтипы P, N, L, K) встречаются редко (до 10 %), в основном в контроле (ОУ 9) и при МЭД = $(41,8 \pm 2,1)$... $(193,2 \pm 9,3)$ мкР/ч (ОУ 10, 11, 12). В зонах с МЭД = $(541,2 \pm 24,0)$ мкР/ч и выше (ОУ 15, 16) эти микоризы не отмечены.

Микоризы с плектенхиматическими и псевдопаренхиматическими чехлами зафиксированы на всех ОУ в достаточном количестве, практически доминируют на большинстве ОУ, что

Таблица 3

Анализ анатомо-морфологического строения микоризных корневых окончаний ели европейской в радиоактивно загрязненной и относительно чистой зонах

Показатель	Значение показателя для ОУ							
	9	10	11	12	13	14	15	16
МЭД на почве, мкР/ч	11,8 ± 0,6	41,8 ± 2,1	159,4 ± 7,6	193,2 ± 9,3	238,6 ± 6,7	273,6 ± 13,1	541,2 ± 24,0	811,4 ± 36,2
Корневые окончания с плектенхиматическими грибными чехлами								
Толщина, мкм:								
корневого окончания	276,6 ± 12,3	286,5 ± 6,8	311,7 ± 9,4 *	313,8 ± 9,2*	294,0 ± 17,5	292,0 ± 12,9	282,5 ± 13,9	269,8 ± 11,7
грибного чехла	18,2 ± 0,9	20,0 ± 1,0	24,2 ± 0,8 ***	23,2 ± 0,9 ***	23,0 ± 1,5 *	20,1 ± 0,8	19,5 ± 1,2	20,9 ± 1,2
паренхимы корня	73,6 ± 3,1	75,9 ± 1,9	81,5 ± 2,9	84,5 ± 2,4 **	76,3 ± 5,8	77,5 ± 4,2	73,2 ± 4,6	67,6 ± 3,1
Радиус центрального цилиндра, мкм	46,5 ± 2,5	47,4 ± 1,5	50,2 ± 2,1	49,2 ± 2,5	47,6 ± 2,9	48,4 ± 2,0	48,5 ± 2,0	46,4 ± 2,2
Корневые окончания с псевдопаренхиматическими грибными чехлами								
Толщина, мкм								
корневого окончания	297,9 ± 8,9	318,1 ± 15,3	354,5 ± 16,6 *	352,7 ± 14,0 **	335,1 ± 14,6 *	340,9 ± 11,8**	301,5 ± 29,0	307,5 ± 6,2
грибного чехла	28,6 ± 1,0	29,2 ± 1,3	33,3 ± 1,8 *	34,2 ± 1,8 *	34,9 ± 2,9	30,2 ± 1,6	28,4 ± 1,6	27,5 ± 1,2
паренхимы корня	71,1 ± 2,9	76,1 ± 4,5	87,9 ± 3,7 **	88,4 ± 2,9 ***	81,7 ± 3,4 *	88,5 ± 4,3**	71,1 ± 8,8	74,0 ± 3,1
Радиус центрального цилиндра, мкм	49,2 ± 1,2	53,7 ± 3,6	56,1 ± 3,5	53,8 ± 3,7	51,0 ± 2,4	51,8 ± 2,1	51,37 ± 4,9	52,3 ± 2,4
* Достоверность различий с показателями контроля при $p = 95,0\%$.								
** « « « « « « 99,0 %.								
*** « « « « « « 99,9 %.								

позволяет проследить изменения их анатомо-морфологических показателей при различных уровнях загрязнения.

Показано значимое увеличение анатомо-морфологических показателей микориз. При МЭД = $(41,8 \pm 2,1)$ мкР/ч (ОУ 10) достоверных отличий от контроля не зафиксировано ($t_{\text{факт}} < t_{\text{табл}}$).

При МЭД = $(159,4 \pm 7,6)$ мкР/ч (ОУ 11) толщина корневого окончания микориз с плектенхиматическим грибным чехлом существенно ($t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$, $P = 95,0$ %) превышает контроль (табл. 3), в основном за счет увеличения толщины грибного чехла ($t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$, $P = 99,9$ %).

Толщина паренхимы первичной коры и радиус центрального цилиндра существенно не различаются с контролем. При МЭД = $(159,4 \pm 7,6)$ мкР/ч (ОУ 11) у микориз с псевдопаренхиматическим подтипом грибных чехлов толщина паренхимы первичной коры и толщина грибного чехла выше контроля. Однако радиус центрального цилиндра не имеет существенных отличий от контроля ($t_{\text{факт}} < t_{\text{табл}}$).

При МЭД = $(193,2 \pm 9,3)$ мкР/ч (ОУ 12) толщина корневого окончания микориз с плектенхиматическими грибными чехлами, грибного чехла и паренхимы первичной коры значимо превышают контроль; радиус центрального цилиндра с контролем не различается ($t_{\text{факт}} < t_{\text{табл}}$). На ОУ 12 толщина микориз с псевдопаренхиматическими грибными чехлами, грибного чехла, паренхимы первичной коры существенно выше контроля. Радиус центрального цилиндра существенно не отличается от контроля ($t_{\text{факт}} < t_{\text{табл}}$).

При МЭД = $(238,6 \pm 6,7)$ мкР/ч (ОУ 13) достоверно превышает контроль толщина корневого окончания, паренхима первичной коры у псевдопаренхиматических подтипов и толщина грибных чехлов у плектенхиматических подтипов микориз.

При МЭД = $(273,6 \pm 13,1)$ мкР/ч существенно выше контроля толщина корневого окончания и паренхимы первичной коры у псевдопаренхиматических подтипов микориз, у плектенхиматических значимых отличий от контроля не зафиксировано.

В опытах с МЭД = $(541,2 \pm 24,0)$... $(811,4 \pm 36,2)$ мкР/ч (ОУ 15, 16) анатомо-морфологические параметры микориз не отличаются от контроля ($t_{\text{факт}} < t_{\text{табл}}$).

Таким образом, стимулирующее влияние радиации на микоризы ели проявляется прежде всего при МЭД = $(159,4 \pm 7,6)$... $(541,2 \pm 24,0)$ мкР/ч по толщине грибного чехла (преимущественно у микориз с плектенхиматическим чехлом) и паренхиме первичной коры (в основном у микориз с псевдопаренхиматическим чехлом). При усилении загрязнения до $(541,2 \pm 24,0)$... $(811,4 \pm 36,2)$ мкР/ч активирующее действие не зафиксировано.

Выводы

Через 20 лет после аварии на ЧАЭС отмечена стимуляция ростовых процессов микориз при загрязнении $(159,4$... $541,2)$ мкР/ч, которая не проявляется при более высоких дозах. С ростом МЭД от 41,8 до 811,4 мкР/ч увеличивается количество бесструктурных чехлов S. При МЭД $> 541,2$ мкР/ч снижено количество микориз с двойными и псевдопаренхиматическими чехлами, в опытах с МЭД = $(159,4$... $541,2)$ мкР/ч увеличено количество псевдопаренхиматических подтипов чехлов.

Ведение постоянного мониторинга за ростом и развитием микориз в загрязненных насаждениях ели позволит определить среднюю дозу (МЭД около 540 мкР/ч и меньше) для начала работ по восстановлению исходных экосистем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Веселкин Д.В.* Анатомическое строение эктомикориз *Abies sibirica* Ledeb. и *Picea obovata* Ledeb. в условиях загрязнения лесных экосистем выбросами медеплавильного комбината // Экология. 2004. № 4. С. 90–98.

2. Природа и природные ресурсы Брянской области / Л.М. Ахромеев [и др.]. Брянск: БГПУ, 2001. 216 с.

3. Радиационный мониторинг леса / Ф.А. Тихомиров [и др.] // Тез. докл. I Всесоюз. радиобиол. съезда. Москва; Пушино, 1989. Т.2. С. 538–539.

4. *Селиванов И.А.* Микосимбиотрофизм как форма консортивных связей в растительном покрове Советского Союза. М.: Наука, 1981. 232 с.

5. Belowground ectomycorrhizal communities in three Norway spruce stands with different degrees of decline in the Czech Republic / M. Peter [et al.] // Mycorrhiza. Feb 2008. N 10. P. 157–159.

6. Vertical distribution of an ectomycorrhizal community in upper soil horizons of a young Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) stand of the Bavarian Limestone Alps / R. Baier [et al.] // Mycorrhiza. Mar 2006. P. 197–206.

E.N. Samoshkin, I.Yu. Adamovich

Bryansk State Academy of Engineering and Technology

Specific Features of Structure and Correlation of *Picea abies* L. Mycorrhizae Subtypes under Chronic Pollution by Radionuclides

The growth processes of *Picea abies* L. micorrhizae are stimulated at the exposure rate of $159.4 \pm 7.6 \dots 541.2 \pm 24.0$ mkr/H.

Keywords: exposure rate, micorrhizae, *Picea abies* L.



УДК 634*362.7

Е.А. Памфилов, А.Н. Заикин, Г.Н. Кривченкова, 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, заведующий кафедрой оборудования лесного комплекса и технического сервиса Брянской государственной инженерно-технологической академии, заслуженный деятель науки РФ. Имеет более 360 печатных работ в области обеспечения долговечности машин и оборудования.
Тел./факс: 8(4832) 64-60-73



Заикин Анатолий Николаевич родился в 1949 г., окончил в 1975 г. Брянский технологический институт, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры технического сервиса Брянской государственной инженерно-технологической академии, действительный член МАНЭБ. Имеет около 180 печатных работ в области совершенствования техники и технологии лесозаготовок.
E-mail: mail@bgita.ru



Кривченкова Галина Николаевна родилась в 1963 г., окончила в 1987 г. Брянский технологический институт, инженер кафедры оборудования лесного комплекса и технологического сервиса Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет более 10 печатных работ в области совершенствования техники и технологии лесозаготовок.
Тел.: 8(4832) 64-60-73



Пилюшина Галина Анатольевна родилась в 1970 г., окончила в 2000 г. Брянскую государственную инженерно-технологическую академию, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии конструкционных материалов и ремонта машин БГИТА. Имеет более 30 печатных работ в области повышения работоспособности узлов и механизмов оборудования лесного комплекса.
Тел.: 8(4832) 64-60-73



ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАГРУЖЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПИЛЬНЫХ АППАРАТОВ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Установлены основные закономерности нагружения деталей цепных пильных аппаратов лесозаготовительной техники при взаимодействии пильной цепи с ведущей звездочкой и пильной шиной.

Ключевые слова: пильный аппарат, пильная шина, пильная цепь.

Один из основных узлов лесозаготовительной техники – цепной пильный аппарат консольного типа, обладает рядом положительных качеств: достаточно высокой производительностью, удобством в эксплуатации и др. Однако он не лишен и ряда недостатков, основной из которых – низкий моторесурс его составных частей по отношению к сроку службы лесозаготовительной техники.

В связи с частыми отказами полотен пильных шин Центральным научно-исследовательским институтом механизации и энергетики лесной промышленности и предприятиями-изготовителями были выполнены работы по повышению долговечности этого элемента пильного аппарата, которые проводились в основном в направлении выбора марки стали для полотна, режимов ее упрочнения, а также установления

оптимальной геометрии контура шины [2–5 и др.].

Эти работы позволили несколько увеличить долговечность пильных шин, однако анализ условий их эксплуатации показал, что достигнутый уровень недостаточен и может быть повышен за счет изыскания более износостойкого материала.

Кроме того, сталь 45ХНМФА, из которой в настоящее время изготавливаются полотна пильных шин, является дорогостоящей, а компоненты, входящие в нее, дефицитны. Поэтому задача поиска путей повышения долговечности полотна пильной шины весьма актуальна.

Цель нашей работы – на начальном этапе решения этой задачи провести теоретические исследования взаимодействия пильной цепи со звездочкой и шиной и выявить основные причины изнашивания.

Известно, что причинами отказов основных рабочих элементов пильных аппаратов – пильной шины и пильной цепи – являются достижение предельного износа и объемное разрушение. При этом изнашивание про-

текает в условиях циклического нагружения и под действием ударных периодических нагрузок с последующим трением–скольжением цепи по шине при наличии между трущимися поверхностями смазки и абразива.

При ударном изнашивании со скольжением процесс разрушения поверхностного слоя можно разделить на два основных этапа: первый – разрушение, происходящее при ударе, второй – износ при перемещении поверхностей друг относительно друга.

Очевидно, что взаимодействие контактирующих поверхностей на первом и втором этапах будет определяться большим числом факторов, зависящих от физико-механических характеристик материала, особенностей абразивного воздействия и условий изнашивания, причем механизмы изнашивания на первом и втором этапах будут отличаться.

Для оценки закономерностей перемещения пильной цепи по шине в процессе пиления было рассмотрено движение звена от начала и до конца его контакта со звездочкой. На рис. 1 схематически изображена пильная

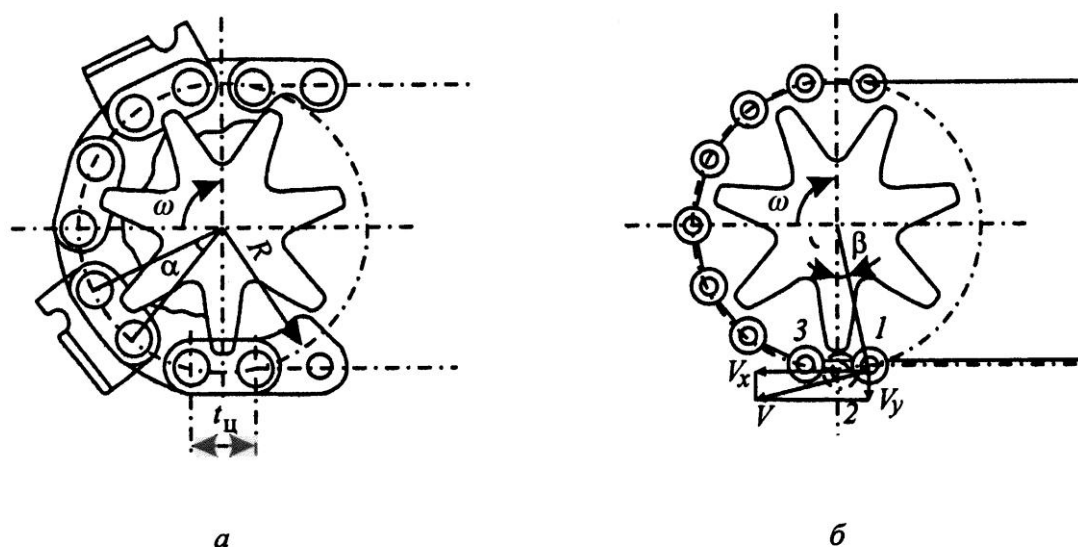


Рис. 1. Схема расположения на ведущей звездочке звеньев (а) и шарниров (б) пильной цепи

цепь в зацеплении с ведущей звездочкой, которая с постоянной угловой скоростью вращается по часовой стрелке.

При движении звена пильной цепи по ведущей звездочке шарниры его последовательно занимают положение 1, 2, 3, перемещаясь с постоянной окружной скоростью по начальной окружности. Рассматриваемое звено совершает линейное перемещение и колебательное движение во взаимно перпендикулярных координатах. При этом скорость движения V_y пильной цепи в вертикальной плоскости и скорость набегания V_x цепи на звездочку можно определить разложением окружной скорости V ведущей звездочки в вертикальном и горизонтальном направлениях:

$$V = \omega R; \quad (1)$$

$$V_x = V \cos \beta; \quad (2)$$

$$V_y = V \sin \beta, \quad (3)$$

где ω – угловая скорость вращения звездочки, $\omega = \frac{\pi n}{30}$;

n – частота вращения ведущей звездочки;

R – радиус начальной окружности звездочки, м;

β – угол отклонения шарнира от вертикальной оси.

При $\beta = 0$ шарнир займет положение 2. При этом звено, достигнув наивысшего положения, будет иметь $V_x = V$; $V_y = 0$.

В процессе поворота звездочки на угол $\beta = \frac{\alpha}{2}$ (α – угол, измеряемый между линиями, соединяющими центры ведущей звездочки и звеньев цепи) шарнир занимает положение 3. При этом звено, поднимаясь с возрастающей скоростью, перемещается вперед уже с уменьшающейся скоростью.

При входе в зацепление следующего звена движение цепи повторяется. Таким образом, за время поворота звездочки на угол α цепь движется от положения 1 до положения 2, с замедлением опускаясь вниз и с ускорением перемещаясь вперед; от положения 2 до положения 3, с ускорением поднимаясь вверх и с замедлением перемещаясь вперед. Периодическое приподнимание и опускание цепи, особенно при малом числе зубьев звездочки и повышенной скорости, вызывает колебания и неравномерное движение цепи.

Продифференцировав уравнения (1) и (2) по времени t , найдем ускорение i шарнира (звена) в направлениях X и Y :

$$i_x = \frac{dV_x}{dt} = -R \omega^2 \sin \beta; \quad (4)$$

$$i_y = \frac{dV_y}{dt} = -R \omega^2 \cos \beta. \quad (5)$$

Максимальное значение ускорения получим, подставив в формулы (4)

и (5) $\omega = \frac{\pi n}{30}$; $R \sin \frac{\alpha}{2} = \frac{t_{ц}}{2}$; $\pi^2 \cong 10$:

$$i_{x \max} \cong \pm \frac{n^2 t_{ц}}{180}; \quad (6)$$

$$i_{y \max} \cong \pm \frac{n^2 R}{90}, \quad (7)$$

где $t_{ц}$ – шаг пильной цепи, м.

В начальный момент соприкосновения шарнира цепи с зубом звездочки (за счет удара шарнира о зуб) ее движение из замедленного переходит в ускоренное. Происходит второй удар вследствие мгновенного изменения скорости движения цепи. Однако это ускорение будет вызывать продольный удар, не влияющий на характер контактирования цепи и шины. Максимальное значение скорости V'_y будет при $\beta = \frac{\alpha}{2}$.

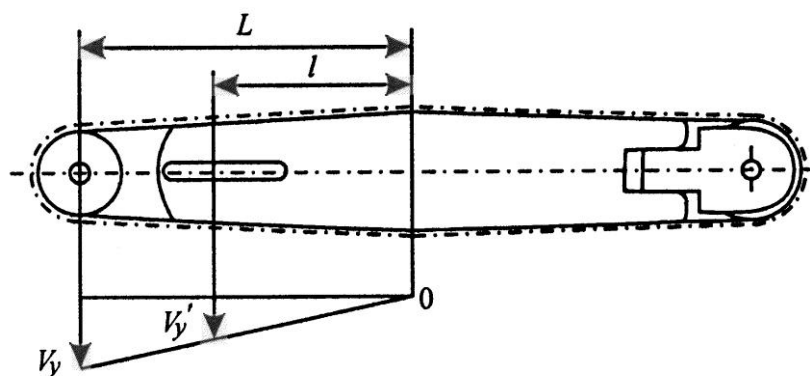


Рис. 2. Диаграмма скоростей колебания пильной цепи вследствие огибания ведущей звездочки

Рассматривая пильную цепь как жесткую нить, на бесконечно малом промежутке времени закрепленную в одной точке (рис. 2), в месте максимальной ширины пильной шины, можно определить скорость V'_y в интересующей нас точке контура по следующей формуле:

$$V'_y = \frac{V_y l}{L}, \quad (8)$$

где l – расстояние от места закрепления шины до рассматриваемой точки (центр шины), м;

L – расстояние от рассматриваемой точки до оси ведущей звездочки, м.

Скорость V'_y в момент соприкосновения пильной цепи с шиной определим по формуле (3) при $\beta = \frac{\alpha}{2}$:

$$V_y = \frac{\pi n}{30} R \sin \frac{\alpha}{2}. \quad (9)$$

Подставим (9) в (8):

$$V'_y = \frac{\pi n R l \sin \frac{\alpha}{2}}{30 L}. \quad (10)$$

По формуле (10) найдем скорость в момент удара при набегании пильной цепи на ведущую и ведомую звездочки, т. е. там, где не наблюдается увеличение скорости соударения за счет горизонтальной составляющей скорости пильной цепи.

Важным является устранение динамического воздействия пильной цепи на шину в местах сбегания со звездочки, так как вследствие действия инерционных сил траектория движения пильной цепи изменяется и звенья ударяют по шине с большей вертикальной скоростью.

Движение звена пильной цепи после его сбегания со звездочки осуществляется по касательной к начальной окружности под определенным углом к контуру шины (рис. 3). Поэтому вертикальная составляющая скорости соударения будет определяться также и скоростью V_x .

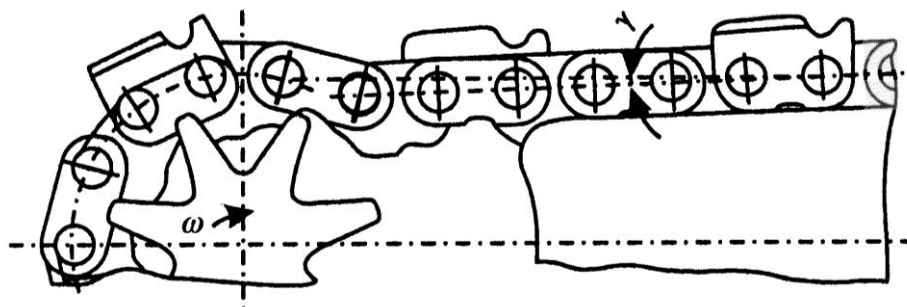


Рис. 3. Траектория пильной цепи при ее сбегании с ведущей звездочки

Для нахождения вертикальной составляющей скорости V_y'' рассмотрим скорости V_x и V_y' относительно направляющей поверхности пильной шины:

$$V_y' = -V_x \sin \gamma + V_y'' \cos \gamma, \quad (11)$$

где γ – угол между направлением движения пильной цепи и контуром шины в месте соударения.

Подставив в формулу (11) значения V_x и V_y' из формул (2) и (10),

получим

$$V_y'' = \frac{\pi n R}{30} \times \left(\frac{l}{L} \sin \frac{\alpha}{2} \cos \gamma - \cos \frac{\alpha}{2} \sin \gamma \right). \quad (12)$$

Кинетическая энергия удара звена по шине

$$T = \frac{1}{2} m (V_y'')^2. \quad (13)$$

Подставим (12) в (13) и примем

$m = \frac{G}{q}$ (где G – вес звена цепи; q – ускорение силы тяжести). Тогда

$$T = \frac{G \pi^2 n^2 R^2 \left(\frac{l}{L} \sin \frac{\alpha}{2} \cos \gamma - \cos \frac{\alpha}{2} \sin \gamma \right)^2}{1800q}. \quad (14)$$

Введя коэффициент эксплуатации K_3 , который учитывает влияние характера нагрузки, межосевого рас-

стояния, компоновки звездочек, способа регулировки натяжения, способа смазывания, режима работы [1], имеем

$$T = \frac{K_3 G \pi^2 n^2 R^2 \left(\frac{l}{L} \sin \frac{\alpha}{2} \cos \gamma - \cos \frac{\alpha}{2} \sin \gamma \right)^2}{1800q}. \quad (15)$$

В случае, когда пильная шина снабжена амортизатором, энергия удара уменьшается за счет потенциальной

энергии, затраченной на сжатие пружины амортизатора. Рассчитаем эту энергию:

$$\Pi_{(X)} = \int_{X_1}^{X_2} F_x dx = C \int_{X_1}^{X_2} X dx = \frac{C}{2} (X_2^2 - X_1^2), \quad (16)$$

где X_1 – сжатие пружин амортизатора за счет предварительного натяжения пильной цепи;

X_2 – сжатие пружин амортизатора в процессе движения пильной цепи;

C – жесткость пружин амортизатора.

Исходя из закона сохранения энергии, определим энергию соударения:

$$E = T - \Pi/2. \quad (17)$$

Положенное значение энергии сжатия пружины амортизатора принимается вследствие того, что он смягчает удар как у приводной, так и направляющей звездочек. Подставим T и Π из формул (15) и (16) в (17):

$$E = \frac{K_3 G \pi^2 n^2 R^2 \left(\frac{l}{L} \sin \frac{\alpha}{2} \cos \gamma - \cos \frac{\alpha}{2} \sin \gamma \right)^2 - 450 C q (X_2^2 - X_1^2)}{1800q}. \quad (18)$$

Определим удельную энергию удара, приходящуюся на 1 мм² площади контактирования звена с пильной шиной:

$$E_{уд} = \frac{K_s G \pi^2 n^2 R^2 \left(\frac{l}{L} \sin \frac{\alpha}{2} \cos \gamma - \cos \frac{\alpha}{2} \sin \gamma \right)^2 - 450 C q (X_2^2 - X_1^2)}{7200 b h}, \quad (19)$$

где 7200 – число контактирующих площадок одного звена;

b – ширина площадки;

h – длина площадки.

Динамическую силу удара вычислим по формуле

$$P_D = \frac{I_s}{\tau}, \quad (20)$$

где I_s – импульс силы, $I_s = mV_y$;

m – масса звена цепи;

V_y – нормальная скорость соударения;

τ – продолжительность удара, с.

Подставим I_s в (20):

$$P_D = \frac{mV_y}{\tau}. \quad (21)$$

Частота соударений пильной цепи и шины

$$n_c = \frac{V}{t_{ц}}, \quad (22)$$

где V – скорость движения пильной цепи принимаем равной угловой скорости ведущей звездочки.

При скорости пиления $V = 10$ м/с и шаге цепи $t_{ц} = 10,26$ м частота соударений $n_c = 975$ с⁻¹.

Учитывая, что контакт пильной цепи и шины прерывистый, можно заключить, что давление в контакте будет определяться площадью опорных площадок пильной цепи и числом звеньев, контактирующих одновременно с шиной. Считая, что нагрузка распределяется между звеньями равномерно, давление в контакте определяется как отношение усилия надвигания к площади контакта цепи и шины. При усилии надвигания 250 Н среднее удельное давление для цепи ПЦУ-10,26 и шины УПА составит 0,35 МПа.

Максимальное значение давления можно рассчитать, установив закономерность распределения нагрузки по длине пильного агрегата. Характер этой нагрузки одинаков при работе как на валке, так и на раскряжке: реактивный отпор, действующий в плоскости реза, распределяется по длине пильной шины по закону треугольника, поэтому максимальное давление, действующее на пильную шину, будет равно 0,70 МПа, что в два раза больше, чем среднее в контакте.

При движении пильной цепи характер нагружения шины будет пульсирующим. Пульсирующий характер нагружения при движении в пропиле обусловлен прерывистостью направляющей поверхности звена, вследствие чего в течение промежутка времени τ_1 (время прохождения опорного участка звена) на шину действует усилие, затем (через время τ_2) нагрузка отсутствует. Для пильной цепи ПЦУ-10,26 и скорости движения 10 м/с значения τ_1 и τ_2 равны 0,0002 с.

Таким образом, с помощью полученных зависимостей можно определить силу и энергию удара звена по шине в процессе изнашивания, однако входящие в расчетную формулу величины (угол встречи звена пильной цепи и шины в момент удара, сжатие пружин амортизатора, продолжительность удара) весьма сложно рассчитать теоретически.

Кроме того, необходимо установить зону, на которой осуществляется удар, оценить возможность попадания абразива в зону трения, а также уточнить действующие в процессе эксплуатации нагрузки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов М.Н., Финогенов В.А. Детали машин: Учеб. для машиностроительных специальностей вузов. 11-е изд., перераб. М.: Высш. шк., 2007. 408 с.

2. Моторный инструмент для лесозаготовок / А.П. Полищук [и др.]. М.: Лесн. пром-сть, 1970. 232 с.

3. Чайка Р.В. Исследование энергетических показателей процесса пиления цепными пильными аппаратами с различными типами шин // Лесосечные, лесоскладские работы и сухопутный транспорт леса: Межвуз. сб. научн. тр. Вып. VI. Л.: РИО ЛТА, 1977. С. 22–26.

4. Чайка Р.В. Построение рационального очертания полотна каплеобразной пильной шины // Лесосечные, лесоскладские работы и сухопутный транспорт леса: Межвуз. сб. научн. тр. Вып. 7. Л.: РИО ЛТА, 1978. С. 24–28.

5. Чайка Р.В., Сакало В.И. Влияние конструктивного исполнения полотна пильной шины на ее прочность // Лесосечные, лесоскладские работы и сухопутный транспорт леса: Межвуз. сб. научн. тр. Вып. 8. Л.: РИО ЛТА, 1979. С. 28–32.

*E.A. Pamfilov, A.N. Zaikin, G.N. Krivchenkova,
G.A. Pilyushina*
Bryansk State Academy of Engineering and
Technology

Basic Regularities for Loading Details of Sawing Devices of Logging Machinery

The basic regularities for loading details of chainsaw devices of logging machinery are established under the interaction of a chain saw with a drive sprocket and a saw bar.

Keywords: sawing device, saw bar, chain saw.

УДК 630*323

О.Р. Чайка

Брянская государственная инженерно-технологическая академия

Чайка Олег Ростиславович родился в 1958 г., окончил в 1980 г. Брянский технологический институт, кандидат технических наук, доцент Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет около 60 печатных работ в области изучения лесозаготовительной и лесохозяйственной техники.
E-mail: oleg.chayka@mail.ru



МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ДОСТУПНОСТИ ДЕРЕВЬЕВ ДЛЯ ЗАХВАТА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ РАБОТЫ ХАРВЕСТЕРА

Предложена новая методика оценки доступности деревьев для захвата и срезания при моделировании работы харвестера на выборочных рубках. Особенностью предложенного алгоритма является учет возможности захвата деревьев с нескольких стоянок, в том числе, расположенных на соседних волоках.

Ключевые слова: моделирование, харвестер, несплошная рубка, доступность.

Применение многооперационных машин на прореживаниях и проходных рубках ухода за лесом позволяет повысить производительность труда и улучшить условия работы. В связи с большим разнообразием таксационных показателей естественных и искусственных насаждений актуальным является разработка оптимальных параметров технологического оборудования харвестеров и технологических схем их работы. Для решения этой задачи необходимо создать имитационную математическую модель.

Технологический цикл заготовки сортиментов харвестером состоит из следующих приемов и движений: наводка валочно-сучкорезно-раскряжевой головки на дерево и его захват; срезание, сталкивание и подтаскивание дерева в зону обработки; обрезка сучьев и раскряжевка ствола.

В процессе работы машина движется задним ходом, по намеченному визиру убираются все деревья, мешающие движению, одновременно выполняется необходимая выборка деревьев на полупасеках. Путь машины может отклоняться от основного в це-

лях наименьшей вырубке здоровых деревьев на волоке.

При несплошных рубках леса доступность деревьев для захвата и срезания ограничена экземплярами, оставляемыми для дальнейшего роста. Доступность срезаемых деревьев – показатель, характеризующий качество работы машины, способность разрезать насаждение до заданной густоты. Он накладывает ограничения на оптимизируемые параметры оборудования и технологии. В работе [2] этот показатель, наряду с повреждаемостью крон и стволовой части деревьев, применяется для оценки эффективности использования машин.

Составление методики и алгоритма оценки доступности деревьев является существенной частью разработки общей имитационной модели работы харвестера.

Решение данной задачи может быть выполнено путем создания на экране карты выдела с предоставлением пользователю возможности на основе визуального представления имитируемого древостоя изменить назначения деревьев в рубку в зависимости от их

расположения либо по другим критериям [1]. Однако такой подход не позволяет получать достаточное количество наблюдений в ходе проведения вычислительного эксперимента.

Предлагаемая нами методика дает возможность производить оценку доступности деревьев, назначаемых в рубку, за счет сравнения их координат с координатами перемещающейся по насаждению машины. Участок леса, на котором моделируется рубка, задается рядом параметров, генерируемых на ЭВМ, с учетом законов распределения случайных величин.

Положение деревьев первоначально задается в декартовой системе координат (рис. 1). Перемещение машины по насаждению выражается изменением ее координат. Расстояние между рабочими стоянками машины назначается в зависимости от максимального вылета манипулятора, почвенно-грунтовых условий и параметров насаждения. При этом должна создаваться непрерывная зона обработки.

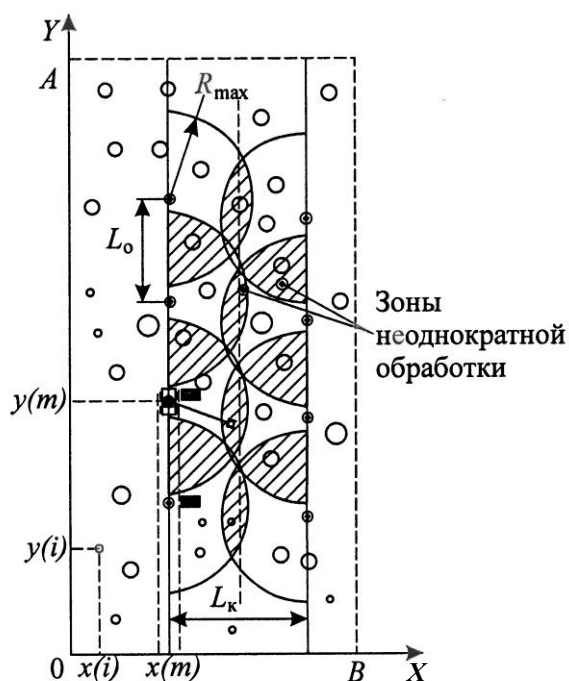


Рис. 1. Схема моделирования работы харвестера

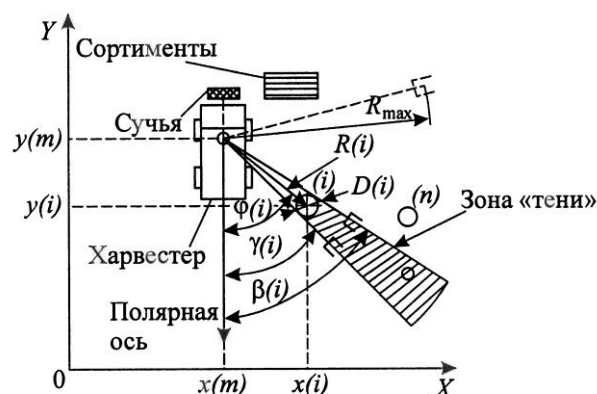


Рис. 2. Схема расчета доступности деревьев для срезания

Положение деревьев относительно машины задается в полярной системе координат с центром на оси поворотной колонны (рис. 2). Применение полярной системы координат, кроме решения задачи оценки доступности для захвата и срезания, позволит в процессе моделирования получить данные для расчета производительности машины, так как модуль радиус-вектора $|R_i|$ равен вылету манипулятора при захвате дерева, а полярный угол – углу между осями волока и манипулятора:

$$|R_i| = \sqrt{(x_m - x_i)^2 + (y_m - y_i)^2};$$

$$\varphi_i = \cos^{-1} \frac{y_m - y_i}{|R_i|},$$

где m – номер стоянки машины;
 i – номер дерева;
 x_m, y_m – координаты машины;
 x_i, y_i – координаты дерева;
 R_i – вылет манипулятора машины.

Каждое дерево, которое не подлежит рубке, образует зону «тени». Оказавшиеся там деревья не могут быть захвачены с данной стоянки машины. Границы этой зоны определяются полярными углами β_i и γ_i , величина которых зависит от диаметра ствола дерева D_i и его расстояния от машины:

$$\beta_i = \varphi_i + \sin^{-1} \frac{D_i}{2|R_i|};$$

$$\gamma_i = \varphi_i - \sin^{-1} \frac{D_i}{2|R_i|}.$$

Сформулируем условия доступности n -го дерева, назначенного в рубку, для захвата и срезания:

1. Дерево должно находиться в зоне досягаемости манипулятора:

$$|R_i| \leq R_{\max},$$

где R_{\max} – максимальный вылет манипулятора машины.

2. Приведенное ниже неравенство не выполняется ни разу для всех оставляемых для дальнейшего роста деревьев, модули радиус-векторов которых меньше чем у него:

$$\gamma_i < \varphi_n < \beta_i.$$

Срезанные деревья учитывают, исключая их координаты из массива данных о параметрах насаждения. Для того, чтобы учесть возможность захвата деревьев с разных позиций, работа машины моделируется на участке, расположенном между двумя технологическими коридорами (см. рис. 1). При этом нет необходимости определять размеры зон неоднократной обработки, которые будут меняться в зависимости от параметров оборудования и технологии работы.

Таким образом, предлагаемая методика оценки доступности деревьев для захвата и срезания позволяет при математическом моделировании работы харвестеров на несплошных рубках леса учесть непрямолинейность

движения машины и тот фактор, что отдельные деревья могут быть обработаны с двух и более позиций машин, в том числе, расположенных на соседних волоках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лыщик П.А., Гурин Н.И., Капыш Ю.Ф.* Компьютерная система для моделирования лесотранспортных сетей на основе гистехнологий // Информационные технологии в управлении и моделировании: Междунар. науч.-техн. интернет-конф. Минск, БГТУ, 2005. Режим доступа: <http://conf.bstu.ru/conf/docs/0030/0699.doc>.

2. *Сюнев В.С.* Новые информационные технологии как инструмент оптимального выбора машин для лесозаготовок // Лесн. журн. 2004. № 1. С. 124–144. (Изв. высш. учеб. заведений).

O.R. Chaika

Bryansk State Academy of Engineering and Technology

Technique of Tree Availability Assessment for Gripping at Harvester Operation Simulation

The new technique of tree availability assessment for gripping and cutting at the harvester operation simulation in selective felling. The peculiar character of the algorithm offered is taking into account the possibility of gripping trees from several sites located at neighboring technological paths.

Keywords: simulation, harvester, selective felling, availability.

УДК 621.9

А.Н. Заикин, Л.И. Евельсон, Е.Г. Изюмова

Брянская государственная инженерно-технологическая академия

Евельсон Лев Игоревич родился в 1962 г., окончил в 1985 г. Брянский институт транспортного машиностроения, кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой информационных технологий Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет более 60 печатных работ в области математического моделирования, систем автоматизированного проектирования машин, информационных систем.

E-mail: levelmoscow@mail.ru



Изюмова Елена Геннадьевна родилась в 1982 г., окончила в 2004 г. Брянский государственный университет, старший преподаватель кафедры информационных технологий Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет 8 печатных работ в области дистанционных технологий, информатизации и автоматизации лесозаготовок.

E-mail: e-izumova@mail.ru



ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ОБЪЕМОВ ЗАПАСОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЛЕСОСЕЧНЫХ МАШИН

Приведены особенности создания межоперационных запасов в технологическом процессе лесосечных работ и необходимость повышения их эффективности. Сформулирована постановка задачи многокритериальной условной оптимизации объемов запасов и режимов работы лесосечных машин. Предложена реализующая ее имитационная компьютерная модель.

Ключевые слова: лесозаготовки, страховой запас, гарантийный запас, комплект машин, целевая функция, оптимизация, имитационная модель.

Лесозаготовки в нашей стране выполняются в различных природно-производственных условиях предприятиями разных форм собственности. Организация лесозаготовительного производства определяется его технологическими процессами, которые характеризуются составом применяемой техники (оборудования), количеством, последовательностью и местом выполнения технологических и транспортно-переместительных операций в ходе осуществления технологического процесса.

Первой фазой лесозаготовок являются лесосечные работы. Основные из них включают ряд операций: валку, трелевку, обрезку сучьев, раскряжевку, погрузку. Лесозаготовки всегда начинаются с валки (В) деревьев, остальные операции могут выполняться в разной последовательности, быть совмещены, обрезка сучьев (С) и раскряжевка (Р) могут отсутствовать,

трелевка (Т) и погрузка (П) осуществляются в любом случае. В итоге выделяют разные технологические системы для лесозаготовок, например: В+Т+С+П, В+С+Т+П, В+Т+С, В+Т+П, ВСР+Т+П, ВТ+СР+П, В+Т, ВСР+Т, ВТ+СР, ВТ+П. Одной из особенностей лесосечных работ является создание между каждой парой смежных операций запаса ресурсов.

В нашей работе приняты следующие условные обозначения: Z_c – объем страхового запаса, m^3 ; $Z_{тх}$ – технологический запас между операциями, m^3 ; $Z_{тн}$ – технический запас, m^3 ; $Z_{ср}$ – средний ликвидный запас древесины на 1 га, m^3 ; $P_{см}$ – сменная производительность сучкорезной или погрузочной машины, $m^3/см.$; $T_{дн}$ – число дней, за которое будет выработан объем технологического запаса (как правило, один день); P_i , P_s – сменная производительность основных машин на i -й и s -й операциях (как показали

проведенные нами исследования, их значение необходимо принимать как среднестатистическую величину за последних три года для отдельных месяцев разработки лесосек для конкретного комплекта машин с учетом планируемых условий), m^3 ; $P_{i \max}$ – наибольшая производительность из рассматриваемых операций, m^3 ; $T_{см}$ – продолжительность смены, ч; Z_r – объем гарантийного запаса, m^3 ; Q_i – объем выработки основных машин на i -й операции, m^3 , $Q_i = P_i N_i chsm$; Q_s – то же на s -й операции, m^3 , $Q_s = P_s N_s chsm$; $T_{п}$ – продолжительность расчетного периода (месяца), дн.; Q_i^D – уровень, до которого увеличивается объем выработки (Q_i) на i -й операции после подключения дополнительной машины с объемом выработки Q_{Di} , m^3 , $Q_i^D = Q_i + Q_{Di}$; Q_{\max} – максимальный объем выработки машин на одной из операций, m^3 ; Q_s^D – уровень, до которого увеличивается объем выработки (Q_s) на s -й операции после подключения дополнительной машины с объемом выработки Q_{Ds} , m^3 , $Q_s^D = Q_s + Q_{Ds}$; N_i , N_s – число основных машин (на i -й и s -й операциях); $N_{ид}$ – число дополнительных машин; $P_{ид}$ – сменная производительность дополнительной машины, m^3 ; Q_z – общий запас на лесосеке, m^3 ; $L_{ср}$ – длина зоны безопасности, м; $chsm$ – число смен работы машин; $chrd$ – число рабочих дней в месяце; P_a – сменная производительность машин на вывозке, m^3 ; $kmes$ – число месяцев разработки лесосеки.

Проведенные нами исследования показали, что запасы ресурсов многоуровневые. Первый уровень – страховой объем запасов (Z_c), который состоит из объема технологических запасов ($Z_{тх}$), обеспечивающих зону безопасности, и объема технических запасов ($Z_{тн}$), страхующих от простоев технические средства (ТС) на смежных операциях, когда одно из них выходит из строя, и рассчитывается по формуле

$$Z_c = Z_{тх} + Z_{тн}.$$

Технологический запас между операциями валки и трелевки составляет объем древесины, заготовленной с площади, равной по длине (L) и ширине (B) зоне безопасной работы, и может быть рассчитан по формуле

$$Z_{тх} = \frac{LBZ_{ср}}{10000}.$$

При $L = 50 \dots 250$ м; $B = 50$ м $Z_{тх} = (0,25 \dots 1,25)Z_{ср}$.

Объем технологического запаса между операциями трелевки и обрезки сучьев, обрезки сучьев и погрузки должен обеспечивать маневренную работу технических средств и безопасность рабочих и будет прямо пропорционален производительности машин, например сучкорезных и погрузочных, и времени, за которое этот запас будет выработан:

$$Z_{тх} = P_{см} T_{дн}.$$

Объем технического запаса можно определить, рассмотрев простейшую линию из двух технических средств (ТС), производительности которых в единицу времени на предыдущей i -й и следующей s -й операциях соответственно равны P_i и P_s , а коэффициенты технической готовности $K_{тгi}$ и $K_{тгs}$. Проведя несложные преобразования, мы получили математическую зависимость для определения этого уровня запаса при условии бесперебойной работы ТС в течение смены:

$$Z_{тн} = P_{i \max} [2 - (K_{тгi} + K_{тгs})] T_{см}.$$

Второй уровень – гарантийный объем запасов (Z_r), который складывается из страхового и оперативного, обеспечивающего компенсацию отклонений фактических объемов и времени поступления сырья на очередную операцию от расчетных значений. В целях максимального сокращения простоев из-за погодных, организационных,

Таблица 1

Формулы для расчета запасов

Расчетный период (месяц)	Вариант	Предельный запас с учетом максимальной выработки комплекта
Первый	$Q_i < Q_S$	$Z_r = \frac{[T_n(Q_i^D - Q_{\max})(Q_{\max} - Q_i) + Z_c Q_i] Q_{Di}}{(Q_i^D - Q_{\max})(Q_{\max} - Q_i) + Q_i Q_{Di}}$
	$Q_i > Q_S$	$Z_r = \frac{(T_n Q_{\max} - Z_c)(Q_{\max} - Q_S)(Q_S^D - Q_{\max}) + Z_c Q_{\max} Q_{DS}}{Q_{\max} Q_{DS}}$
Второй – предпоследний	$Q_i < Q_S$	$Z_r = \frac{T_n(Q_{\max} - Q_i)(Q_i^D - Q_{\max}) + Z_c Q_{Di}}{Q_{Di}}$
	$Q_i > Q_S$	$Z_r = \frac{T_n(Q_{\max} - Q_S)(Q_S^D - Q_{\max}) + Z_c Q_{DS}}{Q_{DS}}$
Последний	$Q_i < Q_S$	$Z_r = \frac{Q_{\max}[T_n(Q_{\max} - Q_i)(Q_i^D - Q_{\max}) + Z_c Q_{Di}]}{(Q_{\max} - Q_i)(Q_i^D - Q_{\max}) + Q_{\max} Q_{Di}}$
	$Q_i > Q_S$	$Z_r = \frac{(T_n Q_S - Z_c)(Q_{\max} - Q_S)(Q_S^D - Q_{\max}) + Z_c Q_S Q_{DS}}{Q_S Q_{DS}}$

технических и других причин он рассчитывается по формулам табл. 1 [1].

Операции технологического процесса выполняются различными техническими средствами с разной производительностью. Поэтому, чтобы не пересечь границы страхового и гарантийного запасов, на операции лесозаготовительного процесса приостанавливают работу технического средства с большей производительностью в комплекте. Если на следующей технологической операции объем выработки машины окажется больше, чем на предыдущей, то возможен простой оборудования из-за отсутствия древесины. И, наоборот, если на предыдущей операции объем запаса увеличится, тогда на следующей машина не будет справляться с его потреблением. Объем выработки таких комплектов машин, как правило, равен минимальному объему выработки на одной из операций.

Как показали проведенные нами исследования, для повышения эффективности работы комплекта машин (возрастания объемов выработки и

снижения себестоимости лесозаготовки), целесообразно повысить объем выработки отстающих машин в комплекте до максимального уровня (объема выработки ведущей машины) за счет увеличения численности и (или) сменности работы машин на этих операциях (далее подключение дополнительных машин). Такая организация работы машин будет способствовать поддержанию страхового и гарантийного запасов на определенном, рассчитанном для конкретных условий, уровне [1]. В качестве дополнительного комплекта необходимо на валке и обрезке сучьев иметь бензиномоторную пилу, а на трелевке чокерный трактор. Этот комплект необходим также и для освоения объема древесины (до 5%), который современные машины по своим техническим параметрам не могут освоить [3].

На рис. 1 представлены два варианта работы комплекта машин на несколько месяцев разработки лесосеки (в первый месяц (T^1) запасы создаются (t_1), пополняются (t_2) и потребляются (t_3),

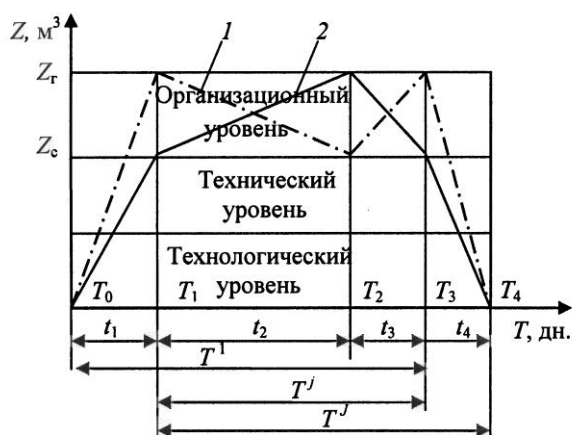


Рис. 1. Изменение запасов древесины в течение всего периода разработки лесосеки в зависимости от соотношения объемов их пополнения и потребления:

1 – при $Q_i < Q_{\max}$; 2 – при $Q_{\max} > Q_s$

во второй и следующие месяцы (T^j) запасы пополняются (t_2) и потребляются (t_3), а в последний месяц (T^j) пополняются (t_2), потребляются (t_3) и вырабатываются (t_4).

В первом варианте (при $Q_i < Q_{\max}$) за время t_1 происходит создание гарантийного объема запаса машинами с объемом выработки Q_i . В интервале времени t_2 выполняются две операции технологического процесса (i – предыдущая, s – следующая, $s = i + 1$). Так как $Q_i < Q_s$, то запас быстрее потребляется, чем пополняется. В итоге его уровень упадет до страховой величины. Дальнейшее снижение запаса допустить нельзя, так как нарушатся требования техники безопасности. Поэтому на «отстающей» операции Q_i рекомендуется подключение дополнительной машины, тогда уровень запаса увеличивается до гарантийного в течение времени t_3 . Если лесосека разрабатывается в течение одного месяца, за период t_4 происходит выработка запаса техническими средствами следующей операции с суточным объемом выработки Q_s , когда машины предыдущей операции перебазировались на следующую лесосеку.

Во втором варианте (при $Q_{\max} > Q_s$) за время t_1 создается страхо-

вой запас техническими средствами предыдущей операции с суточным объемом выработки Q_i . В интервале t_2 выполняются две операции технологического процесса (i, s). Так как $Q_{\max} > Q_s$, то запас быстрее пополняется, чем потребляется. В итоге его уровень поднимется до гарантийной величины. Дальнейшее увеличение запаса нежелательно, так как технические средства на «отстающей» операции Q_s не будут справляться с его потреблением. На этой операции после подключения дополнительных машин уровень запаса снижается до страхового в течение времени t_3 . Если лесосека разрабатывается в течение одного месяца, за период t_4 происходит выработка запаса техническими средствами с суточным объемом выработки Q_s [2].

При планировании и организации процесса лесозаготовок необходимо управлять размерами межоперационных запасов, числом смен работы машин и временем их работы на операциях. Для определения этих параметров необходимо знать характеристики лесосеки и связи между ними.

Показатели лесозаготовительного процесса определяются, исходя из характеристик лесосек, отражающихся в технологической карте их разработки, особенностей организации процесса на предприятии, имеющегося парка машин, или рассчитываются.

Многие параметры лесозаготовительного процесса имеют вероятностный характер. Ярким подтверждением этого факта является производительность машин, которая зависит от климатических условий, квалификации работника, эксплуатационных характеристик и качества обслуживания машин [5–7]. Поэтому, как показали проведенные нами исследования, для расчета режимов работы

комплектов лесосечных машин необходимо производительность каждой из них принимать как среднестатистическую за последние три года для каждого месяца с учетом характеристики лесосеки и конкретного оператора.

Размещение технических средств по технологическим операциям определяется видом операций (В,Т,С,Р), числом машин ($N_i, N_{ид}$), и их производительностью ($P_i, P_{ид}$). В итоге функция распределения технических средств по операциям лесозаготовок примет вид

$$F_1 = f_1(N_i, N_{ид}, P_i, P_{ид}).$$

Размер страхового запаса (Z_c) зависит от требований техники безопасности, характеристики лесосеки (Q_z, Z_{cp}, L_{cp}) и может быть представлен в виде функции

$$Z_c = q_1(Q_z, Z_{cp}, L_{cp}).$$

Гарантийный запас (Z_r) зависит от производительности (P_i), числа машин (N_i), числа смен их работы ($chsm$), числа рабочих дней ($chrd$) в расчетном периоде (месяце). Эта зависимость имеет вид

$$Z_r = q_2(P_i, N_i, chrd, chsm).$$

Для обеспечения максимальной загрузки отдельных машин и максимальной выработки всего комплекта при расчетах режимов работы необходимо оптимизировать объемы запасов, число смен работы основных и продолжительность работы дополнительных машин. Тогда задача оптимизации может быть сформулирована следующим образом: необходимо определить такое число смен работы основных машин и продолжительность работы дополнительных машин, при которых объемы гарантийных запасов, продолжительность разработки лесосеки и приведенные затраты будут минимальны. Оптимизационные методы позволяют выбрать наилучший ва-

риант без непосредственной проверки всех существующих [4].

Целевая функция задачи, определяющая параметры технологического процесса лесозаготовок, примет вид

$$\begin{cases} Q = q(F_1, Z_c, Z_r) \rightarrow \max; \\ T = t(F_1, Z_c, Z_r) \rightarrow \min; \\ Z = z(F_1, Z_c, Z_r) \rightarrow \min. \end{cases}$$

Задача относится к многокритериальной многомерной условной оптимизации. В качестве целевых функций могут выступать максимизация объемов выработки, минимизация времени работы машин, затрат на выполнение операций и т. п. Исследуемая функция зависит от большого числа параметров, ее аналитическое представление затруднительно. Поэтому целевую функцию следует задать процедурой, в которой рассчитываются основные параметры процесса лесозаготовок. На первом этапе в качестве критерия оптимизации выбрано время работы машин, а по другим целевым функциям задавались ограничения. Выполнена математическая постановка задачи оптимизации лесозаготовок.

Задача оптимизации заключается в минимизации $T = t(F_1, Z_c, Z_r)$ при ограничениях: $G_1 = g_1(Q_z, Z_{cp}, L_{cp})$, $G_2 = g_2(P_a, P_{ид}, P_i, N_i, N_{ид})$, $Q = q(F_1, Z_c, Z_r)$, $Z = z(F_1, Z_c, Z_r)$ и управляющих параметрах: $U = u(chsm, N_i, N_{ид}, kmes)$.

Оптимизация поставленной задачи вручную требует много времени и может привести к большим погрешностям. В целях сокращения времени оптимизации и повышения точности расчетов нами разработана имитационная модель функционирования лесосечных машин в течение всего периода освоения лесосеки с заданным объемом производства и с учетом подключения дополнительных машин, реализованная в программном обеспечении

Таблица 2

Формулы для расчета времени работы машин

Расчетный период (месяц)	Вариант	Время создания запаса	Время пополнения и потребления запаса	Время работы дополнительных машин	Время выработки запаса
Первый	$Q_i < Q_S$	$t_1 = \frac{Z_r}{Q_i}$	$t_2 = \frac{Z_r - Z_c}{Q_{\max} - Q_i}$	$t_3 = \frac{(Q_i - Q_{\max})(Q_{\max} - Q_i)}{Q_i Q_{Di}}$	—
	$Q_i > Q_S$	$t_1 = \frac{Z_c}{Q_i}$	$t_2 = \frac{Z_r - Z_c}{Q_{\max} - Q_S}$	$t_3 = \frac{(Q_{\max} - Z_r)(Q_{\max} - Q_S)}{Q_{\max} Q_{DS}}$	—
Второй – предпоследний	$Q_i < Q_S$	—	$t_2 = \frac{Z_r - Z_c}{Q_{\max} - Q_i}$	$t_3 = \frac{T_{\Pi}(Q_{\max} - Q_i)}{Q_{Di}}$	—
	$Q_i > Q_S$	—	$t_2 = \frac{Z_r - Z_c}{Q_{\max} - Q_S}$	$t_3 = \frac{(Q_S - Z_r)(Q_{\max} - Q_S)}{Q_S Q_{DS}}$	—
Последний	$Q_i < Q_S$	—	$t_2 = \frac{Z_r - Z_c}{Q_{\max} - Q_i}$	$t_3 = \frac{(Q_{\max} - Z_r)(Q_{\max} - Q_i)}{Q_{\max} Q_{Di}}$	$t_4 = \frac{Z_r}{Q_S}$
	$Q_i > Q_S$	—	$t_2 = \frac{Z_r - Z_c}{Q_{\max} - Q_S}$	$t_3 = \frac{T_{\Pi}(Q_{\max} - Q_S)}{Q_{DS}}$	$t_4 = \frac{Z_c}{Q_S}$

на ПЭВМ. Основные расчетные формулы, используемые в программе, приведены в табл. 1 и 2.

Обеспечение максимальной эффективности комплекта лесосечных машин достигается за счет объективных исходных данных. Входными данными для программы являются: число месяцев, номер первого месяца (в котором начинается разработка лесосеки), общий запас на лесосеке, средний запас древесины на 1 га, длина разрабатываемой ленты (зоны

безопасности), число смен в один день и сменная производительность, число машин на вывозке, вид технологической системы, число рабочих дней в месяце, марка машин на каждой операции, их сменная производительность, число смен работы по основным машинам, марка машин, их число и производительность по дополнительным машинам. Ввод данных в программу осуществляется с помощью формы, представленной на рис. 2.

ПРОГРАММА РАСЧЕТА РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЛЕСОСЕЧНЫХ МАШИН

ОБЩИЕ ДАННЫЕ

ПОВТОР ВВОДА

Количество месяцев: 3

Номер первого месяца: 3

Марка: КамАЗ

Общий запас на лесосеке (кбм): 16800

Средний запас (кбм/га): 200

Длина зоны вырубki (м): 200

Число смен в один день на вывозке: 3

Сменная производительность машин на вывозке (кбм/смену): 24

Подтвердите ввод общих данных

Технологическая система

В+Т+С+П В+Т+С+П ВСР+Т+П ВСР+Т

В+С+Т+П В+Т+С ВТ+СР+П ВТ+СР

В+С+Т+П В+Т+П В+Т ВТ+П

Автоматический ввод исходных данных по основным и дополнительным машинам

ПОВТОР ВВОДА **ВВОД ДАННЫХ ПО ОСНОВНЫМ МАШИНАМ**

МЕСЯЦ	ЧИСЛО РАБ. ДНЕЙ	ПАРАМЕТРЫ	В	С	Т	П
		МАРКА МАШИНЫ	ЛП-19	ЛТ-157	ЛП-306	Тайга
1 Март	20	ЧИСЛО МАШИН	1	1	1	1
		ЧИСЛО СМЕН	1	1	1	1
		НОРМА ВЫРАБОТ	210	170	165	180

ВВОД ДАННЫХ ПО ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ МАШИНАМ

МЕСЯЦ	ЧИСЛО РАБ. ДНЕЙ	ПАРАМЕТРЫ	В	С	Т	П
		МАРКА МАШИНЫ	Урал	ТТ-4	Тайга	Урал
1 Март	20	ЧИСЛО МАШИН	1	1	1	1
		НОРМА ВЫРАБОТ	10	50	50	40

Подтвердите ввод данных по машинам нажатием на кнопку

ВЫПОЛНИТЬ РАСЧЁТЫ

Рис. 2. Ввод данных в программу

Выходные параметры: объемы страхового и гарантийного запасов, продолжительность работы машин по операциям на создании, пополнении, потреблении и выработке запасов,

объемы производства основных и дополнительных машин, суммарный объем производства машин, ежедневная потребность машин на вывозке, число сэкономленных дней (рис. 3).

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Значения параметров по операциям

МЕСЯЦ	ЧИСЛО РАБ. ДНЕЙ	1 ВИД ЗАПАСА	В-С	С-Т	Т-П
1 Март	18	1 СТРАХОВОЙ	200.00	200.00	180.00
		1 ГАРАНТИЙНЫЙ	352.38	281.43	309.29
2 Апрель	20	2 ВИД ЗАПАСА			

Продолжительность работы основных машин

Значения параметров по операциям

МЕСЯЦ	ЧИСЛО РАБ. ДНЕЙ	Период времени	В-С	С-Т	Т-П
1 Март	18	Создания запаса	0.95	0.95	0.86
		Пополнения и потребления	3.81	1.81	4.31
		Работа с доп. машинами	15.24	16.29	12.93
2 Апрель	20	Пополнения и потребления	4.00	2.00	5.00

ОБЪЕМ ПРОИЗВОДСТВА И ЕЖЕДНЕВНАЯ ПОТРЕБНОСТЬ МАШИН ДЛЯ ВЫВОЗКИ

Объем производства машин

Месяц	Основных	Дополнительных	Всего	Потреб. маш. на выв.
1 Март	2985.71	814.29	3800.00	2.92

Экономия дней 16

ПРОСМОТРЕТЬ ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

ВЫВОД РЕЗУЛЬТАТОВ НА ПЕЧАТЬ

ВЫХОД ИЗ ПРОГРАММЫ

Рис. 3. Результаты работы программы

С помощью разработанной программы можно реализовать имитационную модель процесса лесозаготовок. Варьируя по выбранному алгоритму управляющими параметрами и определяя объем выработки машин с учетом случайных факторов, можно находить значения целевой функции и проверять выполнение ограничений. Далее можно установить точку оптимума, используя известные методы оптимизации.

Решение поставленной задачи оптимизации позволит организовать лесозаготовительный процесс с учетом влияния случайных факторов, обеспечить минимальное время выполнения всего технологического процесса при максимальной выработке и минимизации денежных затрат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Заикин А.Н.* Теория, методы и модели интенсификации лесосечных работ: моногр. Брянск: БГИТА, 2009. 204 с.
2. *Изюмова Е.Г.* Компьютерное моделирование режимов работы комплектов машин // Материалы Регион. науч. конф. студентов и аспирантов «Достижения молодых ученых Брянской области» / под. ред. И.А. Лагерва. Брянск: БГТУ, 2010. 301 с.

3. *Макуев В.А.* Научно-методологические основы формирования парка лесосечных машин предприятия: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. М.: МГУЛ, 2010. 33 с.

4. *Реклейтис Г., Рейвиндран А., Рэгсдел К.* Оптимизация в технике. Кн. 1. М.: Мир, 1986. 350 с.

5. *Тацюн М.В.* Лесные технологии на фоне структурной перестройки ЛПК // Лесн. пром-сть. 1996. № 2. 22 с.

6. <http://www.neosystems.ru>

7. <http://www.neweconomic.com>

A.N. Zaikin, L.I. Evelson, E.G. Izumova
Bryansk State Academy of Engineering and Technology

Setting Optimization Task for Resources Volume and Logging Machines Operation Modes

The peculiarities of establishing in-process resources in the technological process of logging operations and necessity of increasing their efficiency are provided. The task setting of multi-criteria conditional optimization of resources volume and operation modes of the logging machines are formulated. The simulation model for its implementation is offered.

Keywords: logging operations, insurance resources, guarantee resources, set of machines, target function, optimization, simulation model.

УДК 629.03.004.14

С.С. Синецын

Брянская государственная инженерно-технологическая академия

Синецын Сергей Сергеевич родился в 1947 г., окончил в 1970 г. Брянский технологический институт, доцент кафедры оборудования лесного комплекса и технического сервиса Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет 87 научных работ в области изучения колесных машин.
E-mail: eco-centr@online.bryansk.ru



ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОЦЕССА КАЧЕНИЯ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО КОЛЕСА ПО ДЕФОРМИРУЕМОМУ ГРУНТУ

Приведена методика расчета энергетических затрат на качение пневматического колеса в свободном режиме.

Ключевые слова: пневматическое колесо, качение, грунт, энергетические затраты.

Одним из наиболее сложных вопросов в теории колесных машин является взаимодействие эластичных колес с поверхностью качения. Исключительную важность для анализа и оптимизации процесса качения представляют энергетические затраты на деформацию грунта, составляющие большую часть суммарных потерь.

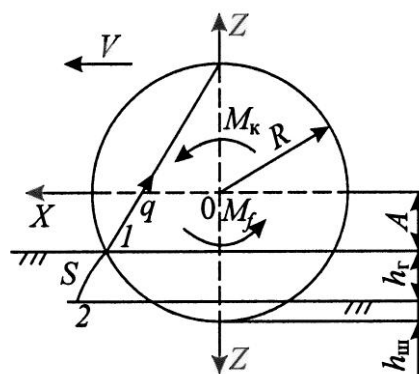
Имеющиеся в данной области наработки базируются на следующих допущениях: замена эластичного колеса жестким и использование упрощенных математических моделей шины (замена ее реальной поверхности цилиндром с различными вариациями [1], что характерно для сельскохозяйственных агрофонов).

Лесотранспортные машины работают главным образом в лесисто-болотистой местности, где имеет место сопоставимость деформаций эластичного колеса и почвогрунтов. Причем поверхность контакта весьма далека от цилиндрической и представляет собой совокупность плоской и криволинейной (в плоскости Z, Y) зон.

Основной целью данной работы является исследование оптимизации энергетических затрат на деформацию грунта в процессе качения эластичного

колеса с использованием математических моделей, наиболее точно отражающих реальную картину их взаимодействия.

Для аналитического определения вида функциональных зависимостей, отражающих затраты энергии на образование колеи, используем «свободный режим» качения колеса, который является основой для определения



Расчетная схема взаимодействия колеса с опорной поверхностью: v – вектор линейной скорости; x, z – декартовы координаты; M_k – крутящий момент, подведенный к колесу от трансмиссии; M_f – момент сопротивления качению колеса; s – траектория перемещения элементарной частицы грунта из т. 1 в т. 2; q – элементарная реакция грунта; h_t – глубина колеи; $h_{ш}$ – деформация шины; R – свободный радиус колеса;
 $A = R - h_{ш} - h_t$

параметров взаимодействия и в других режимах, в том числе и в «ведущем» [2], а также разработанную автором математическую модель шины [3], наиболее полно описывающую реальную поверхность взаимодействия эластичного колеса с лесными почвогрунтами (см. рисунок).

Заменяя действительный путь частицы грунта по циклоиде S его вертикальной составляющей h по оси Z колеса, принимаем, что реакция q грунта на элементарную площадку протектора шины будет пропорциональна глубине ее погружения в грунт. Сумма произведений этих сил на координаты X их приложения определяет момент сопротивления M_f качению колеса вследствие деформации грунта. Уравнение для M_f можно представить в следующем виде:

$$M_f = \iint_{\omega} q(x, y) x dx dy. \quad (1)$$

Поскольку $q = c(z - A)h_0^{-1}$ [3] (где $A = R - h - \Delta$, а $\delta P_f = \delta M_f / z$, получим

$$P_f = \iint_{\omega} \frac{C(z - A)^{\mu} x dx dy}{z}. \quad (2)$$

В данных выражениях (1) и (2) Y представляет собой ось координат, перпендикулярную плоскости, а h_0 – базовую деформацию почвогрунта, численно равную 0,01 м.

Разложив $(z - A)^{\mu}$ в степенной ряд и поставив вместо z его значение из характеристического уравнения поверхности шины

$$z = \sqrt{1 - \frac{x^2}{R^2} - \frac{y^2}{b^2}},$$

получим

$$P_f = \frac{C}{h_0^{\mu}} \left[\iint_{\omega} R^{\mu-1} \left(\sqrt{1 - \frac{x^2}{R^2} - \frac{y^2}{b^2}} \right)^{\mu-1} x dx dy - \mu A \times \right. \\ \left. \times \iint_{\omega} R^{\mu-2} \left(\sqrt{1 - \frac{x^2}{R^2} - \frac{y^2}{b^2}} \right)^{\mu-2} x dx dy + \frac{\mu(\mu-1)}{2} A^2 \times \right. \\ \left. \times \iint_{\omega} R^{\mu-3} \left(\sqrt{1 - \frac{x^2}{R^2} - \frac{y^2}{b^2}} \right)^{\mu-3} x dx dy \right]. \quad (3)$$

Приняв $x = R u$, $y = b v$ и определив якобиан преобразования $I = Rb > 0$, для первого интеграла получим рекуррентное соотношение

$$\iint_{\omega} R^{\mu-1} \left(\sqrt{1 - \frac{x^2}{R^2} - \frac{y^2}{b^2}} \right)^{\mu-1} x dx dy = \\ = b R^{\mu-1} \iint \sqrt{1 - u^2 - v^2}^{\mu-1} u du, dv.$$

Перейдя к полярным координатам $u = r \cos \varphi$, $v = r \sin \varphi$, приведем интеграл к следующему виду:

$$\iint_{\omega} R^{\mu-1} \left(\sqrt{1 - \frac{x^2}{R^2} - \frac{y^2}{b^2}} \right)^{\mu-1} x dx dy = \\ = 2 \int_0^{\pi/2} \cos \varphi d\varphi \int_0^r \left(\sqrt{1 - r^2} \right)^{\mu-1} r^2 dr. \quad (4)$$

Преобразуем внутренний интеграл

$$\int_0^r \left(\sqrt{1 - r^2} \right)^{\mu-1} r^2 dr,$$

который является частным случаем интеграла от биномиального дифференциала [4]:

$$\int x^m (x^n + b)^p dx, \quad (5)$$

где $m = 2$;

$$p = \frac{\mu-1}{2}.$$

Полученный интеграл не подходит ни под один из трех случаев выражения его через элементарные функции. Тогда, применив подстановку $t = r^2$, преобразуем его к виду

$$\frac{1}{2} \int_0^r \left(\sqrt{1 - t} \right)^{\mu-1} t^{\frac{1}{2}} dt, \quad (6)$$

а это есть частный случай интегрального представления неполной бета-функции [4]

$$B(x; p, q) = \int_0^x t^{p-1} (1-t)^{q-1} dt, \quad (7)$$

которая может быть выражена через гипергеометрическую функцию $F(a, b; c; x)$ следующим образом [4]:

$$\frac{x^p}{p} F(p, 1; p+1; x) = B(x; p, 1). \quad (8)$$

Гипергеометрическая функция, в свою очередь, может быть выражена через гамма-функцию [4]:

$$F(a, b; c; x) = \frac{\Gamma(c) \Gamma(c-a-b)}{\Gamma(c-a) \Gamma(c-b)} \Gamma(c) x^{-c} {}_2F_1\left(\begin{matrix} a, b \\ c \end{matrix}; -x\right). \quad (9)$$

Тогда

$$\frac{1}{2} \int_0^{r_2^2} t^{\frac{\mu-1}{2}} dt = \frac{x^p}{2p} \frac{\Gamma(c) \Gamma(c-a-b)}{\Gamma(c-a) \Gamma(c-b)} = \frac{r_2^{2p}}{2p} \frac{\Gamma(\frac{\mu+1}{2})}{\Gamma(\frac{p+\mu+1}{2})}.$$

Взяв внешний интеграл в уравнении (4), получим

$$\iint_{\omega} R^{\mu-1} \left(\sqrt{1 - \frac{x^2}{R^2} - \frac{y^2}{b^2}} \right)^{\mu-1} dx dy = \frac{bR^{\mu+1} r_2^{2p}}{p} \frac{\Gamma(\frac{\mu+1}{2})}{\Gamma(\frac{p+\mu+1}{2})}. \quad (10)$$

Так как $F(1+p) = p \Gamma(p)$, а $\Gamma(1) = 1$, то приведем правую часть уравнения (10) к следующему виду:

$$\frac{bR^{\mu+1} r_2^{2p} \Gamma(\frac{\mu+1}{2})}{\Gamma(\frac{p+\mu+1}{2})} \Gamma(\frac{\mu+1}{2}) \quad (11)$$

Используя для гамма-функций асимптотическую формулу, получим

$$\Gamma\left(\frac{\mu+1}{2}\right) = \sqrt{2\pi} e^{-\frac{\mu}{2}} \left(\frac{\mu}{2}\right)^{\frac{\mu}{2}};$$

$$\Gamma\left(\frac{p+\mu+1}{2}\right) = \Gamma\left(\frac{2+\mu}{2}\right) = \sqrt{2\pi} e^{-\frac{\mu}{2}} \left(\frac{\mu}{2}\right)^{\frac{3+\mu}{2}}.$$

Тогда

$$\iint_{\omega} R^{\mu-1} \left(\sqrt{1 - \frac{x^2}{R^2} - \frac{y^2}{b^2}} \right)^{\mu-1} dx dy = \frac{2bR^{\mu+1} r_2^{2p} \sqrt{2}}{\mu^{1.5}} \Gamma(\frac{\mu+1}{2}) \quad (12)$$

Решим последующие интегралы уравнения (3) и для жесткого колеса будем иметь

$$P_{fж} = \frac{2cbR^{\mu+1} r_2^{2p} \sqrt{2}}{h_0^{\mu} \mu^{1.5}} \Gamma(\frac{\mu+1}{2}) \left(1 - \frac{A}{R}\right). \quad (13)$$

Проинтегрировав уравнение (3) в диапазоне от 0 до r_1 , определим потери на деформацию грунта эластичным колесом:

$$P_{fэ} = \frac{2cbR^{\mu+1} \sqrt{2}}{h_0^{\mu} \mu^{1.5}} \Gamma(\frac{\mu+1}{2}) \times \left(r_1^{2p} - r_2^{2p} \right) \left(1 - \frac{A}{R}\right)^{\mu}. \quad (14)$$

С учетом того, что

$$r_2 = \sqrt{1 - \frac{A^2}{R^2}}; \quad r_1 = \sqrt{1 - \frac{(R-h_{ш})^2}{R^2}};$$

$$\Gamma(\frac{\mu+1}{2}) = \frac{1}{2} \sqrt{\pi},$$

имеем

$$P_{fэ} = \frac{cbR \sqrt{2\pi}}{h_0^{\mu} \mu^{1.5}} \left(\sqrt[3]{1 - \frac{A^2}{R^2}} - \sqrt[3]{1 - \left(\frac{R-h_{ш}}{R}\right)^2} \right) - (R-A)^{\mu} = \frac{cbR \sqrt{2\pi}}{h_0^{\mu} \mu^{1.5}} \left(\sqrt[3]{1 - \frac{(R-h_r-h_{ш})^2}{R^2}} - \sqrt[3]{1 - \frac{(R-h_{ш})^2}{R^2}} \right) (h_r + h_{ш})^{\mu}. \quad (15)$$

После разложения

$$\sqrt[3]{1 - \frac{R - h_r - h_{ш}}{R^2}} \text{ и } \sqrt[3]{1 - \frac{R - h_{ш}}{R^2}}$$

в биномиальный ряд и соответствующих преобразований окончательно получим

$$P_{f_3} = \frac{2cbh\sqrt{2\pi}}{3h_0^\mu \mu^{1.5}} (h_r + h_{ш})^\mu. \quad (16)$$

Сопротивление грунта качению колеса может быть определено, если известна работа, затрачиваемая на об-

$$A_{об} = 2 \left[\int_0^b \sqrt{1 - \frac{A^2}{R^2}} dy \int_0^{2\pi R} dl \int_A^R \sqrt{1 - \frac{y^2}{b^2}} c \left(\frac{z - A}{h_0} \right)^\mu dz - \int_0^b \sqrt{1 - \frac{R - h_{ш}}{R^2}} dy \int_0^{2\pi R} dl \int_{R - h_{ш}}^R \sqrt{1 - \frac{y^2}{b^2}} c \left(\frac{z - A}{h_0} \right)^\mu dz \right]. \quad (17)$$

Интегрируем первый тройной интеграл по dz и dl :

$$\frac{2\pi R^{\mu+2} c \left(1 - \frac{A}{R}\right)^{\mu+1}}{h_0^\mu \mu^{1.5}} \times \int_0^b \sqrt{1 - \frac{A^2}{R^2}} \left(\sqrt{1 - \frac{y^2}{b^2}} \right)^{\mu+1} dy. \quad (18)$$

После замены переменных $y = ub$, $u^2 = t$ выражение принимает следующий вид:

$$\frac{2\pi b c R^{\mu+2}}{h_0^\mu \mu^{1.5}} \left(1 - \frac{A}{R}\right)^{\mu+1} \int_0^{\frac{A^2}{R^2}} \left(-t\right)^{\frac{\mu+1}{2}} t^{-\frac{1}{2}} dt. \quad (19)$$

Полученный интеграл есть частный случай интегрального представления неполной бета-функции $Bx(p, q)$ (уравнение (7)), которая аналогичным образом (8) и (9) может быть выражена через гипергеометрическую функцию $F(a, b; c; x)$ и в общем виде через гамма-функцию

$$F_{(a,b;c;x)} = \frac{\Gamma(a)\Gamma(b)\Gamma(c-a-b)}{\Gamma(c)\Gamma(a)\Gamma(b)} = \frac{\Gamma(c+1)\Gamma\left(\frac{\mu+3}{2}\right)}{\Gamma(c)\Gamma\left(p - \frac{\mu+3}{2}\right)}$$

С учетом того, что $\Gamma_{(p+1)} = p \Gamma_{(p)}$, $\Gamma_{(1)} = 1$, а $\Gamma_{(0.5)} = \sqrt{\pi}$, имеем

разование колеи. В свою очередь, эта работа пропорциональна перемещению точки поверхности колеса в грунте из положения 1 (см. рисунок) в положение 2 по циклоиде S , которое может быть заменено нормальным перемещением h по оси Z колеса.

С учетом того, что $h_r = z - A$, работа, затрачиваемая на образование колеи за один оборот эластичного колеса, описывается следующей зависимостью:

$$F_{(a,b;c;x)} = \frac{1}{2} \sqrt{\pi} \frac{\Gamma\left(\frac{\mu+3}{2}\right)}{\Gamma\left(p - \frac{\mu+4}{2}\right)}$$

Поскольку $x = 1 - \frac{A^2}{R^2}$, $p = \frac{1}{2}$,

тогда

$$Bx(p, q) = 2\sqrt{1 - \frac{A^2}{R^2}} \frac{1}{2} \sqrt{\pi} \frac{\Gamma\left(\frac{\mu+3}{4}\right)}{\Gamma\left(\frac{\mu+4}{2}\right)} = \sqrt{\pi} \sqrt{1 - \frac{A^2}{R^2}} \frac{\Gamma\left(\frac{\mu+3}{4}\right)}{\Gamma\left(\frac{\mu+4}{2}\right)}$$

Окончательно для первого тройного интеграла получаем

$$\frac{2\pi b c R^{\mu+2}}{h_0^\mu \mu^{1.5}} \left(1 - \frac{A}{R}\right)^{\mu+1} \sqrt{\pi} \sqrt{1 - \frac{A^2}{R^2}} \frac{\Gamma\left(\frac{\mu+3}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{\mu+4}{2}\right)},$$

после преобразований будем иметь:

$$\frac{2\pi\sqrt{\pi} b c R^{\mu+1} h_r^{\mu+1}}{h_0^\mu \mu^{1.5}} \frac{\Gamma\left(\frac{\mu+3}{4}\right)}{\Gamma\left(\frac{\mu+4}{2}\right)} \sqrt{1 - \frac{A^2}{R^2}}. \quad (20)$$

Проведем аналогичные выкладки для второго тройного интеграла:

$$\frac{4\pi\sqrt{\pi} b c R^{\mu+1} h_r^{\mu+1}}{h_0^\mu \mu^{1.5}} \frac{\Gamma\left(\frac{\mu+3}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{\mu+4}{2}\right)} \sqrt{1 - \frac{A^2}{R^2}} - \sqrt{1 - \frac{R - h_{ш}}{R^2}}. \quad (21)$$

С учетом того, что $A = R - h_r - h_{ш}$, разлагаем выражение в скобках в биномиальный ряд и, ограничившись линейным приближением этого ряда, окончательно получаем

$$A_{об} = \frac{4\pi\sqrt{\pi}bch_r^{\mu+2}}{h_0^\mu (\mu+1)} \frac{\Gamma\left(\frac{\mu+3}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{\mu+4}{2}\right)}. \quad (22)$$

Таким образом, получена аналитическая зависимость для определения работы, затрачиваемой на деформацию грунта колесом в свободном режиме качения. Эта зависимость доведена до инженерного уровня и содержит параметры грунта и шины, а также легко определяемые по таблицам значения гамма-функции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ксенович И.П., Гоберман В.А., Гоберман Л.А. Наземные тягово-транспортные системы: Энциклопедия. Т. 1-2. М.: Машиностроение, 2003. 743 с.

2. Левин М.А. Теория качения деформируемого колеса. М.: Наука, 1989. 270 с.

3. Синецын С.С. Математическая модель колеса с эластичной шиной // Эксплуатация лесовозного подвижного состава: Межвуз. сб. науч. тр. Изд-во УПИ, 1985. С. 34–41.

4. Янке Э.Я. Справочник по специальным функциям. М.: Наука, 1979. 832 с.

S.S. Sinitsyn
Bryansk State Academy of Engineering and Technology

Energy Assessment of Pneumatic Wheel Rolling Process along Deformed Soil

The technique is provided for calculating energy costs on pneumatic wheel rolling in the free mode.

Keywords: pneumatic wheel, rolling, soil, energy costs.

УДК 621.928.3

Р.П. Капустин

Брянская государственная инженерно-технологическая академия

Капустин Родион Петрович родился в 1937 г., окончил в 1964 г. Всесоюзный заочный политехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры оборудования лесного комплекса и технического сервиса Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет более 40 печатных трудов в области гидроприводов машин.
Тел.: 8(4832) 74-03-98



К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТОНКОСТИ ОЧИСТКИ КОМБИНИРОВАННЫМ ЦЕНТРОБЕЖНЫМ ОЧИСТИТЕЛЕМ

Предложена методика расчета тонкости очистки рабочей жидкости комбинированным очистителем; приведены результаты очистки масла марки Р при стендовых испытаниях.

Ключевые слова: очиститель, гидроциклон, центрифуга, тонкость очистки, функция тока.

Поддержание гидроприводов машин в исправном состоянии осуществляется различными методами. Главным является очистка рабочих жидкостей от механических примесей. Для этого в магистралях гидроприводов устанавливают различного типа фильтрующие устройства (очистители).

Гидроциклон – простейший центробежный разделитель – широко применяется в различных отраслях промышленности. В практике используются гидроциклоны с двумя сходами: нижним – через вершину циклона, верхним – через сливной насадок.

Гидроциклон можно использовать в качестве разделителя в комбинированном очистителе жидкости от механических примесей, чаще всего в комплекте с центрифугой, которая по способности задержания примесей должна быть эффективной.

Верхний и нижний сходы гидроциклона – это свободные сливы. Для получения необходимого напора при работе центрифуги требуется соответствующее повышение напора на входе в гидроциклон, что не всегда желательно. При отборе потока через кольцевое отверстие в стенке гидроциклона появляется возможность использовать давление около стенки для привода

центрифуги. Принцип работы комбинированного очистителя поясняется схемой, представленной на рис. 1. Конструкция очистителя, разработанная на основе такой схемы, показана на рис. 2.

За тонкость разделения в гидроциклоне принимается размер равновесной частицы, которая определяет собой границу разделения частиц на уносимые через верхний насадок в слив и на осаждаемые в бункер или направляемые для осаждения в центрифугу. К равновесным относятся частицы, находящиеся в равновесном состоянии в зоне окружности, совпадающей с входной кромкой верхнего насадка.

Тонкость разделения в гидроциклоне определяют по формуле [5]

$$\delta = \frac{3}{V} \sqrt{\frac{\nu}{\left(\frac{\rho}{\rho_0} - 1\right)}} rU, \quad (1)$$

где V – окружная скорость жидкости;
 ν – кинематическая вязкость жидкости;

ρ, ρ_0 – плотность частицы и жидкости;

r – мгновенный радиус вращения частицы;

U – радиальная скорость жидкости.

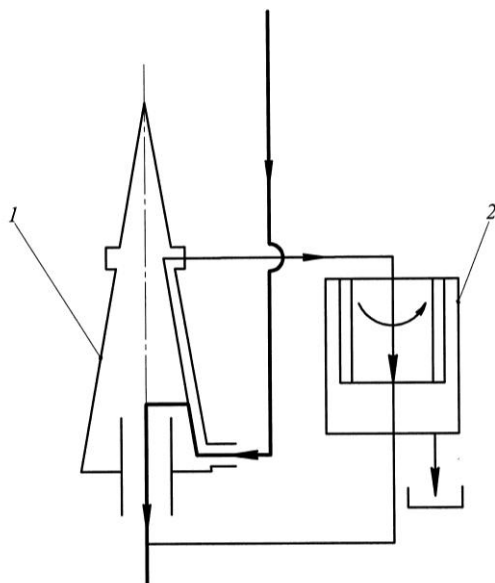


Рис. 1. Гидравлическая схема комбинированного центробежного очистителя: 1 – гидроциклон; 2 – центрифуга

Предполагается, что скорость частицы равна скорости жидкости.

Радиальная скорость жидкости является производной от функции тока:

$$U = -\frac{\partial \psi}{r \partial z}, \quad (2)$$

где r, z – цилиндрические координаты; ψ – функция тока жидкости.

Функция тока для гидрциклона с отбором потока через кольцевое отверстие имеет следующий вид [2]:

$$\psi = A_k (r^2 - r_0^2) \left(1 - \cos \beta \frac{\sqrt{r^2 + z^2}}{z} \right) - \frac{Q_c \left[(z - z_c)(r - r_c)^{-1} \right]}{\pi \sqrt{(r - r_c)^2 + (z - z_c)^2}}, \quad (3)$$

где A_k – коэффициент расхода гидроциклона;

r_0 – радиус воздушного столба в гидроциклоне;

β – угол полураствора конуса гидроциклона;

Q_c – расход через кольцевой сток;

r_c, z_c – координаты кольцевого стока.

Для определения коэффициента расхода A_k используем формулу

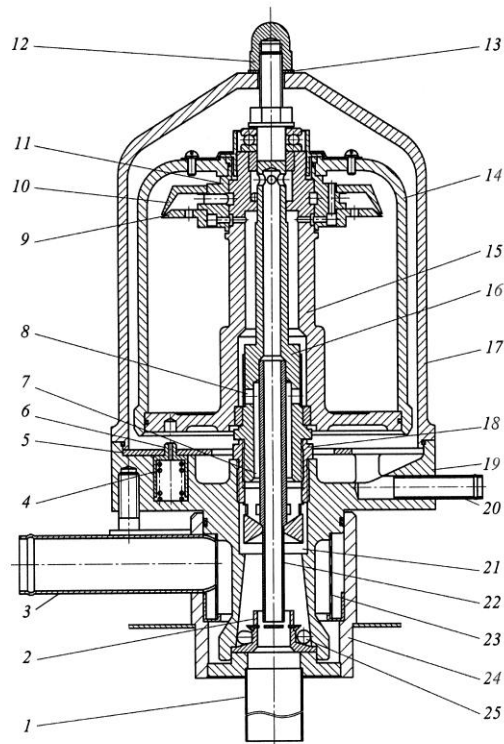


Рис. 2. Комбинированный центробежный очиститель: 1 – сливной патрубкок; 2 – сливной насадок; 3 – входной патрубкок; 4 – пружина сухарика; 5 – пластина; 6 – сухарик; 7 – приемный канал; 8 – направляющий аппарат; 9 – нижний диск; 10 – верхний диск; 11 – втулка; 12 – гайка; 13 – шайба; 14 – стакан ротора; 15 – колонка ротора; 16 – ось ротора; 17 – колпак; 18 – вставка; 19 – гидроциклон; 20 – дренажная трубка; 21 – кольцевое отверстие; 22 – сливная трубка; 23 – фильтр-сетка; 24 – корпус; 25 – входное отверстие

$$Q_{\text{вн}} = 2\pi(\psi - \psi_0) = A_k (r_{\text{вн}}^2 - r_0^2) \times \left(1 - \cos \beta \frac{\sqrt{r_{\text{вн}}^2 + z_{\text{вн}}^2}}{z_{\text{вн}}} \right) - \frac{Q_c \left[(z_{\text{вн}} - z_c)(r_{\text{вн}} - r_c)^{-1} \right]}{\pi \sqrt{(r_{\text{вн}} - r_c)^2 + (z_{\text{вн}} - z_c)^2}}, \quad (4)$$

где $Q_{\text{вн}}$ – расход жидкости через верхний сливной насадок;

ψ – функция тока на входе в верхний сливной насадок;

$\psi_0 = 0$ (на оси гидроциклона);

$r_{\text{вн}}, z_{\text{вн}}$ – координаты входной кромки верхнего насадка.

Определим расход жидкости через верхний сливной насадок

$$Q_{\text{вн}} = Q_{\text{ц}} - Q_{\text{с}}, \quad (5)$$

где $Q_{\text{ц}}$ – расход жидкости через гидроциклон.

Тогда

$$A_{\text{к}} = \frac{Q_{\text{ц}} - Q_{\text{с}} \left\{ 1 - 2 \left[\frac{r_{\text{вн}}(z_{\text{вн}} - z_{\text{с}})(r_{\text{вн}} - r_{\text{с}})^{-1} + \pi \right]}{\sqrt{(r_{\text{вн}} - r_{\text{с}})^2 + (z_{\text{вн}} - z_{\text{с}})^2}} \right\}}{2\pi(r_{\text{вн}}^2 - r_0^2) \left(1 - \cos\beta \frac{\sqrt{r_{\text{вн}}^2 + z_{\text{вн}}^2}}{z_{\text{вн}}} \right)}. \quad (6)$$

Радиальная скорость жидкости по формуле (2)

$$U = -A_{\text{к}} \cos\beta \frac{(r - r_0)}{z^2 \sqrt{r^2 + z^2}} + \frac{Q_{\text{с}}}{\pi} \frac{(r - r_{\text{с}})}{\sqrt{(r - r_{\text{с}})^2 + (z - z_{\text{с}})^2}}; \quad (7)$$

ее окружная скорость [3]

$$V = \frac{V_0 r_{\text{ц}}}{r} \frac{\left(1 - e^{-\frac{b}{2v} r^2} \right)}{\left(1 - e^{-\frac{b}{2v} r_{\text{ц}}^2} \right)}, \quad (8)$$

где V_0 – окружная скорость жидкости на входе в гидроциклон;

$r_{\text{ц}}$ – радиус гидрциклона на уровне входного отверстия в гидроциклон.

Для определения b воспользуемся условием, что производная от скорости в точке максимального ее значения равна нулю. Тогда, обозначив

$$\frac{b}{2v} r^2 = x, \quad (9)$$

получим уравнение

$$2xe^{-x} + e^{-x} - 1 = 0, \quad (10)$$

решение которого возможно графически или на ЭВМ. Результат расчета – $x = 1,256$. Тогда

$$b = \frac{1,256 v}{r_{\text{ц}}^2} \quad (11)$$

где $r_{\text{в}}$ – радиус, соответствующий максимальной окружной скорости жидкости и зависящий от ее вязкости и др. параметров.

Тонкость очистки в центрифуге определяется по формуле [6]

$$\delta_{\text{цф}} = \sqrt{\frac{18\mu V_{\text{п}} S}{\Delta\rho(2\pi n V_{\text{п}}^2 + \omega^2 R)}}, \quad (12)$$

где μ – динамическая вязкость жидкости, П;

$V_{\text{п}}$ – скорость потока в щели между дисками, см/с;

S – ширина щели между дисками, см;

$\Delta\rho$ – разность плотностей частицы и жидкости, г/см³;

n – количество поворотов потока;

ω – угловая скорость вращения ротора, с⁻¹;

R – радиус ротора, см.

Скорость потока в щели между дисками

$$V_{\text{п}} = \frac{Q_{\text{с}}}{\pi(R_{\text{в}}^2 - R_{\text{н}}^2)}, \quad (13)$$

где $R_{\text{в}}$, $R_{\text{н}}$ – радиус верхнего и нижнего диска центрифуги.

Пример расчета тонкости очистки масла марки Р (ТУ 38 101179–71) в очистителе:

параметры гидроциклона:

$Q_{\text{ц}} = 70$ л/мин; $Q_{\text{с}} = 19$ л/мин;

$\beta = 7^\circ$; $v = 0,14$ Ст;

$V_0 = 8,2$ м/с; $r_{\text{ц}} = 1,9$ см;

$r_{\text{с}} = 1,2$ см; $r_{\text{вн}} = 0,8$ см;

$z_{\text{вн}} = 12,5$ см; $z_{\text{с}} = 9,8$ см;

$\rho = 2,8$ г/см³; $\rho_0 = 0,87$ г/см³;

$r_{\text{в}} = 0,8 r_{\text{вн}}$;

параметры центрифуги:

$R = 5,8$ см; $R_{\text{в}} = 5,4$ см;

$R_{\text{н}} = 5,2$ см; $S = 0,1$ см;

$n = 4500$ об/мин.

После подстановки этих данных в формулы для расчета тонкости очистки получим: в гидроциклоне $\delta = 37$ мкм, в центрифуге $\delta_{\text{цф}} = 24$ мкм.

Результаты стендовых испытаний такого очистителя применительно к гидросистеме рулевого управления грузового автомобиля [4] приведены в таблице.

Состояние рабочей жидкости по результатам испытаний очистителя

Продолжительность работы очистителя, ч	Загрязненность масла, % по массе		Количество частиц загрязнений, шт./100 см ³ масла, при размере частиц, мкм							Класс чистоты*	Потери напора в очистителе, МПа
	начальная	конечная	5...10	10...25	25...50	50...100	100...200	> 200			
			295 963	149 698	20 691	5 911	—	—	—		
0,5	0,06802	0,00494	141 619	63 346	6 826	910	—	—	16	0,35...0,40	
1,5	—	—	84 098	32 980	3 298	353	—	—	14	0,30...0,35	
2,5	—	—	46 220	7 842	500	20	—	—	12	0,30...0,35	
5,5	—	—	—	—	—	—	—	—	11	0,30...0,35	

* По ГОСТ 17216 – 2001.

Проведенные расчеты и испытания комбинированного очистителя позволяют сделать следующие выводы.

1. Комбинированный очиститель (гидроциклон + центрифуга) может обеспечивать 10-й класс (и выше)

чистоты рабочей жидкости (ГОСТ 17216–2001) в гидроприводах машин. Снижение количества частиц размером 50...100 мкм в пробах масла подтверждает приемлемость формул для расчета тонкости очистки данного очистителя.

2. Процесс очистки рабочей жидкости от механических примесей в циркуляционной системе имеет вероятностный характер, поэтому действительная тонкость очистки может быть установлена только по результатам эксплуатационных испытаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зарубежные центрифуги для смазочного масла в двигателях внутреннего сгорания: Обзор. М.: ЦНИИТЭтракторосельхозмаш, 1972. С. 49–50.

2. Капустин Р.П. Тонкость разделения в коническом гидроциклоне с отбором потока через кольцевое отверстие в его стенке // Новые материалы и технологии в машиностроении: Сб. науч. тр. Вып. 4. Брянск: БГИТА, 2005. С. 71–74.

3. Капустин Р.П. Окружная скорость в гидроциклоне // Новые материалы и технологии в машиностроении: Сб. науч. тр. Вып. 8. Брянск: БГИТА, 2008. С. 32–35.

4. Капустин Р.П. Комбинированный центробежный очиститель для гидросистемы рулевого управления автомобиля // Вестник БГИТА. Брянск: БГИТА, 2010. № 1. С. 27–30.

5. Поваров А.И. Гидроциклоны. М.: Госгортехиздат, 1961. 264 с.

6. Седлуха Г.А., Шарифов А.Р., Будагов Ф.К. Силовые центробежные очистители рабочей жидкости гидросистем строительных машин // Передовой производственный и научно-технический опыт эксплуатации и ремонта автомобильного транспорта. Ленинград: ЛДНТП, 1971. 24 с.

R.P. Kapustin

Bryansk State Academy of Engineering and Technology

To Determination of Filtration Degree by Combined Centrifugal Purifier

The calculation technique of the cleaning degree is offered for working fluid by the combined purifier. The results of R-grade oil filtration under bench tests are provided.

Keywords: cleaner, hydrocyclone, centrifuge, filtration degree, flow function.



МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.023

В.М. Меркелов, Н.А. Часова

Брянская государственная инженерно-технологическая академия

Меркелов Владимир Михайлович родился в 1955 г., окончил в 1981 г. Брянский технологический институт, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии деревообработки Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет более 80 печатных работ в области деревообработки.
E-mail: vromanov62@mail.ru



Часова Наталья Александровна родилась в 1976 г., окончила в 1998 г. Брянский государственный педагогический университет, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математики Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет более 20 печатных работ в области математического анализа.
E-mail: chasnat@bk.ru



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА СЛОЕВ ДРЕВЕСИНЫ, ИМЕЮЩИХ РАЗЛИЧНЫЕ УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАДИОНУКЛИДАМИ

Приведена методика определения объема слоев древесины, позволяющая прогнозировать получение продукции с допускаемым уровнем загрязнения радионуклидами.

Ключевые слова: радионуклид, параболоид, объем древесины, функция.

Раскрой древесины, загрязненной радионуклидами, необходимо производить с учетом их распределения по поперечному сечению ствола. Ранее* было установлено, что наибольший уровень загрязнения отмечается в наружных слоях древесины и уменьшается от периферии к центру сортимента. При раскросе следует ограничить объем слоев древесины, имеющих уровень загрязнения выше допустимого. Средняя удельная активность радионуклидов в пилопродукции зависит от объема каждого из слоев, имеющих различный уровень загрязнения.

Удельную активность радионуклидов в пилопродукции (λ , Бк/кг) можно определить по формуле

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i V_i}{\sum_{i=1}^n V_i},$$

где λ_i – удельная активность радионуклидов в i -м слое бревна, Бк/кг;

V_i – объем i -го слоя бревна в доске (брусе), м³;

n – число загрязненных слоев сортимента.

Таким образом, для получения пилопродукции с допускаемым уровнем загрязнения необходимо знать удельную активность радионуклидов в каждом слое и объем соответствующих слоев.

В данной работе рассматривается методика определения объема слоев пилопродукции, имеющих различные уровни загрязнения радионуклидами, в зависимости от геометрических

* Симонов А.С., Меркелов В.М. Особенности раскроса древесины, загрязненной радионуклидами // Лесн. журн. 1997. № 1–2. С. 155–160. (Изв. высш. учеб. заведений).

характеристик пиловочного сырья. При этом необходимо учитывать следующие основные условия: толщину и число слоев; содержание радионуклидов в каждом из них; диаметр, сбег и длину пиловочного сырья; толщину, ширину, длину доски и ее местоположение в поставе.

За основу взята классическая теория определения геометрических характеристик досок, получаемых при распиловке бревен. В нашем случае образующая бревна принимается за эллиптический параболоид.

Объем каждого загрязненного слоя древесины в пиломатериалах ($V_i, \text{м}^3$) находим по формуле

$$V_i = F_i(a, S, L, c, d, t) - f_i(a, S, L, c, d, t), \quad (1)$$

где $F_i(a, S, L, c, d, t)$ – функция, ограничивающая i -й слой сверху;

$f_i(a, S, L, c, d, t)$ – функция, ограничивающая i -й слой снизу, при $i = n$ $f_i(a, S, L, c, d, t) = 0$;

a – расстояние до наружной пласти доски, м;

S – толщина доски с учетом усушки, м;

L – длина бревна, м;

c – сбег бревна, см/м;

d – диаметр бревна в вершинном торце, м;

t – толщина слоя, ограничивающего i -й слой сверху, м.

Так как $f_i(a, S, L, c, d, t)$ для i -го слоя равна $F_{i-1}(a, S, L, c, d, t)$, то в дальнейшем будем рассматривать методику определения $F_i(a, S, L, c, d, t)$.

Бревно имеет форму усеченного параболоида, поэтому для определения объема слоев необходимо добавить границу, учитывающую длину бревна. Тогда функция, ограничивающая i -й слой сверху, запишется как

$$F_i(a, S, L, c, d, t) = V_i^n - V_i^y,$$

где V_i^n, V_i^y – объем слоя древесины, ограниченный наружной плоскостью доски и верхней границей i -го слоя соответственно без учета усечения бревна и в усекаемой части, м^3 .

Таким образом, формулу (1) можно представить в виде

$$V_i = (V_i^n - V_i^y) - (V_{i-1}^n - V_{i-1}^y).$$

Методика расчета V_i^n для i -го слоя заключается в определении объема эллиптического параболоида, ограниченного наружными пластинами доски. Объем каждой зоны можно рассчитать, взяв за основу уравнение эллиптического параболоида. Если расположить оси координат в соответствии с рис. 1, то это уравнение примет вид

$$z = H - \left(\frac{x^2}{2p} + \frac{y^2}{2q} \right),$$

где H – высота параболоида;
 $2p, 2q$ – его параметры.

Параметр $2p$ для каждого i -го слоя определяется по формуле

$$2p_i = \frac{D_i^2 - d_i^2}{4L},$$

где D_i, d_i – оси эллипса по оси Ox соответственно в комлевом и вершинном торце бревна, ограничивающего i -й слой сверху.

Оси эллипса по оси Ox определяются следующим образом:

$$D_i = D - 2 \sum_{i=1}^{i-1} t_i,$$

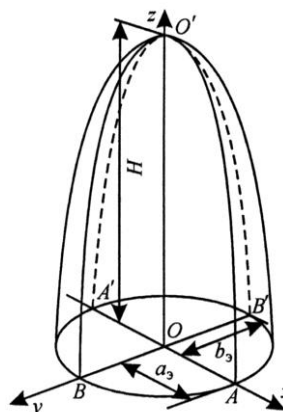


Рис. 1. Эллиптический параболоид

где D – диаметр бревна в комле, см;

t_i – толщина i -го слоя;

$$d_i = d - 2 \sum_{i=1}^{i-1} t_i,$$

где d – диаметр бревна в вершинном торце, см.

Аналогично определяется параметр $2q$ эллиптического параболоида, ограничивающий i -й слой сверху:

$$2q_i = \frac{K^2 (R_0^2 - d_i^2)}{4L}.$$

Здесь K – коэффициент сжатия (растяжения) окружности,

$$K = \frac{b_3}{a_3},$$

где a_3, b_3 – большая и малая полуоси эллипса соответственно.

Полная высота параболоида H_i для i -го слоя

$$H_i = \frac{LD_i^2}{D_i^2 - d_i^2}.$$

Объем части V_{ab} эллиптического параболоида, ограниченного плоскостями $x = a_1, x = a_2, y = b_1, y = b_2$ (рис. 2, а), определяется по формуле

$$V_{ab} = \int_{b_1}^{b_2} \int_{a_1}^{a_2} \left[H - \left(\frac{x^2}{2p} + \frac{y^2}{2q} \right) \right] dx dy.$$

Проинтегрировав это выражение и приняв $b_1 = -b/2, b_2 = b/2, a_1 = a - S, a_2 = a$, получим

$$V_{ab} = HbS - \frac{b[a^3 - (a-S)^3]}{3 \cdot 2p} - \frac{b^3 S}{12 \cdot 2q}.$$

Объем части V_a эллиптического параболоида, ограниченного плоскостями доски (рис. 2, б), найдем по формуле

$$V_a = \iint_{(D)} \left[H - \left(\frac{x^2}{2p} + \frac{y^2}{2q} \right) \right] dx dy,$$

где D – область на плоскости Oxy , ограниченная прямыми $x = a - S, x = a$ и эллипсом, являющимся основанием эллиптического параболоида.

Пусть уравнение эллипса имеет

вид

$$y = 2K \sqrt{R_0^2 - x^2}. \quad (2)$$

Используя (2), получаем

$$V_a = 2 \int_{a-S}^a \left\{ \int_0^{2K\sqrt{R_0^2-x^2}} \left[H - \left(\frac{x^2}{2p} + \frac{y^2}{2q} \right) \right] dy \right\} dx.$$

Вычисляя последний интеграл, находим

$$V_a = K \left[\alpha \varphi + \beta a \sqrt{R_0^2 - a^2} - \gamma (a-S) \sqrt{R_0^2 - (a-S)^2} \right],$$

где $\varphi = \arcsin \left(\frac{a}{R_0} \right) - \arcsin \left(\frac{a-S}{R_0} \right)$;

$$\alpha = R_0^2 \left(2H - \frac{2K^2 R_0^2}{2q} - \frac{R_0^2}{2 \cdot 2p} \right);$$

$$\beta = 2H + \frac{2K^2}{3 \cdot 2q} (a^2 - 5R_0^2) - \frac{1}{2 \cdot 2p} (R_0^2 - 2a^2);$$

$$\gamma = 2H + \frac{2K^2}{3 \cdot 2q} \left[(a-S)^2 - 5R_0^2 \right] + \frac{1}{2 \cdot 2p} \left[R_0^2 - 2(a-S)^2 \right].$$

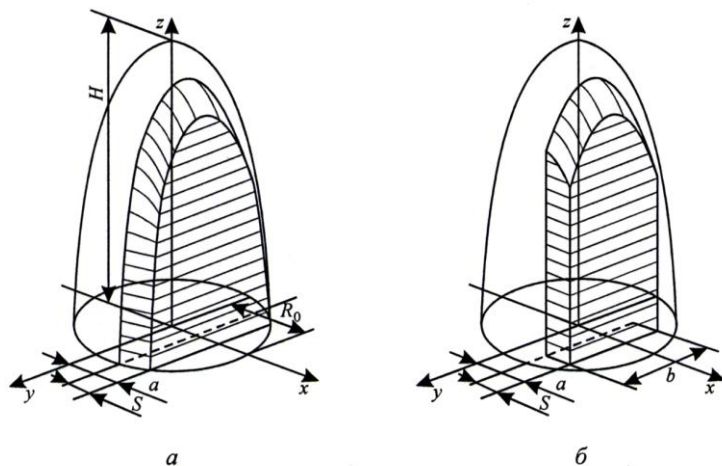


Рис. 2. Схема к определению объема слоев древесины в доске

Значения R_0 для каждого слоя принимаются равными

$$R_0 = \frac{D_i}{2} - \sum_{k=1}^{i-1} t_k .$$

Для расчета V^y можно воспользоваться приведенными зависимостями, однако необходимо ввести некоторые корректировки:

$$R_0 = \frac{d_i}{2} - \sum_{i=1}^{i-1} t_i ;$$

$$H_i = \frac{LD_i^2}{D_i^2 - d_i^2} - L .$$

Предложенный метод определения объема слоев древесины позволит применять оптимальные схемы раскроя в целях получения пилопродукции

с допустимым уровнем загрязнения радионуклидами.

V.M. Merkelov, N.A. Chasova

Bryansk State Academy of Engineering and Technology

Determination of Wood Layers Volume Characterized by Different Levels of Radionuclide Pollution

The technique for determination of wood layers volume is provided allowing to predict harvesting the production with an allowable radionuclide pollution level.

Keywords: radionuclide, paraboloid, wood volume, function.

УДК 674.093.026

А.А. Лукаш

Брянская государственная инженерно-технологическая академия

Лукаш Александр Андреевич родился в 1962 г., окончил в 1984 г. Брянский технологический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии деревообработки Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет более 30 печатных работ и 6 патентов в области технологии древесных клееных материалов.
Тел.: 8-960-54-99-353



МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ НОВЫХ ВИДОВ КЛЕЕНЫХ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Предложена методика и обоснована последовательность разработки новых клееных древесных материалов.

Ключевые слова: продукция, древесина, склеивание, изделия, последовательность, разработка, качество, патент, оборудование, техпроцесс.

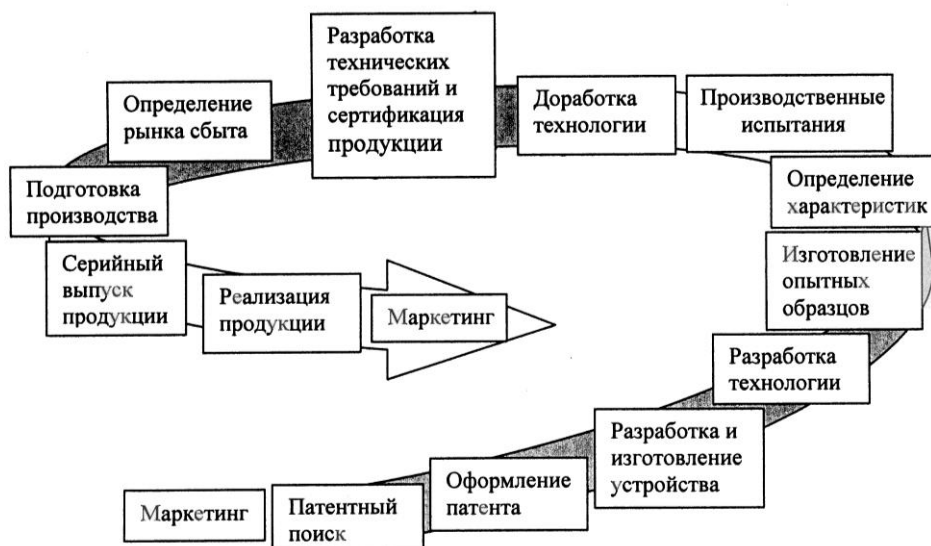
На основе клееной слоистой древесины изготавливается большое количество материалов – фанера общего назначения, фанера облицованная, бакелизованная, декоративная, композиционная и армированная фанера, плиты фанерные, гнuto- и плоскоклееные заготовки из шпона и др. [1]. В настоящее время автором разработаны новые виды фанерной продукции: рельефная фанера, филенчатая фанера, композиционная профильная фанера с наружными слоями из лущеного шпона и внутренними слоями из осмоленной стружки, плита фанерная ячеистая и др. [2–7].

Создание новых материалов является достаточно трудоемким процессом. Разработка и внедрение в производство новых материалов будут более успешными, если их выполнять в определенной последовательности, по специальной методике, способствующей рациональному выбору направлений совершенствования этих материалов, оценке перспективности и разработке технологии их изготовления.

Цель наших исследований – разработка методики создания новых видов клееных древесных материалов.

Современный рынок требует расширения ассортимента выпускаемой продукции. Созданные материалы с новыми свойствами должны быть востребованы потребителями. Поэтому маркетинг должен быть первым этапом в разработке продукции. При создании нового материала необходимо установить назначение и цель разработки, предполагаемую область его применения и способы воздействия. При производстве новых материалов могут потребоваться новые устройства, дополнительные операции или изменение параметров технологического процесса. При разработке новой технологии необходимо учитывать, что чем меньше она будет отличаться от технологии аналогичного материала, тем быстрее и с меньшими затратами материал может быть внедрен в производство.

Операции технологического процесса можно разделить на три категории: стабилизирующие, дестабилизирующие и корректирующие. Стабилизирующие операции ведут к улучшению требуемых свойств. Дестабилизирующие операции «противоположны» требуемым целям. Например,



Инновационная спираль

для получения изделий большого формата (древесностружечные плиты) операция измельчения сырья в стружку будет дестабилизирующей. Уменьшение размеров древесины при измельчении является операцией, противоположной цели процесса – получению материала большого формата. Применение дестабилизирующих операций часто является необходимостью. Древесина после гидротермической обработки становится более пластичной, качество получаемого шпона улучшается. Корректирующие операции устраняют последствия дестабилизирующих.

Новая продукция должна иметь лучшие показатели, чем ранее созданная. Процесс создания новых видов клееных древесных материалов может быть представлен в виде модели – инновационной спирали (см. рисунок). Совершенствование конструкции материала, способа его изготовления, применяемого оборудования и технологии должно производиться постоянно, т.е. на более высоком уровне.

Одновременно улучшить все показатели нового материала не представляется возможным. Улучшение одних показателей неизбежно приводит к снижению других. Например, с

повышением водостойкости и прочности фанеры путем применения при склеивании фенолоформальдегидных клеев увеличивается себестоимость ее изготовления за счет роста числа технологических операций и применения более дорогих клеев [1], но при этом могут ухудшаться экологические показатели. Для увеличения теплоизоляционных характеристик необходимо создавать воздушные прослойки в материале [3, 4]. При этом его плотность уменьшается и, как следствие, снижаются прочностные показатели.

После определения назначения и области применения нового материала устанавливают основную цель разработки и способ ее достижения. Основной целью производства клееных материалов является устранение наиболее существенных недостатков строения древесины: наличие объемно-влажностных деформаций и пороков; пористость; анизотропия свойств и др.

Способы воздействия выбирают в зависимости от улучшаемых характеристик. Так, для устранения анизотропии применяют склеивание слоев шпона с различным взаимным расположением волокон. Часто применяемый способ воздействия приводит к одновременному улучшению нескольких характеристик. Пропитка

шпона фенолоформальдегидными клеями перед склеиванием бакелизированной фанеры повышает не только ее водостойкость, но и прочностные показатели [1].

Значительно больший эффект достигается за счет комбинированного применения материалов. Корпусная мебель из древесностружечных или древесноволокнистых плит, облицованных строганным шпоном или синтетическими рулонными материалами, получила широкое распространение в настоящее время. Значительно упрочняет клееную слоистую древесину армирование металлической сеткой. Придание объемной пространственной структуры гнотоклееным изделиям позволило повысить их прочность при малом расходе сырья [1]. Выбор улучшаемых характеристик зависит от назначения или предполагаемой области применения нового материала. После установления целей разработки необходимо определить способы воздействия.

Создание новых материалов невозможно без хорошего знания технологий существующих материалов. Знание особенностей строения древесины, процессов, протекающих при ее обработке, во многом сможет облегчить решение поставленной задачи.

Правильность теоретических разработок подтверждается изготовлением опытных образцов, у которых необходимо определить качественные характеристики. Если в образцах новой продукции оцениваются ранее не известные свойства, например декоративные, то необходимо разработать методы их определения.

Завершающим этапом является организация серийного производства нового вида продукции. Характеристики нового материала отличаются от традиционных видов продукции.

Эти характеристики должны быть закреплены в технических регламентах, ГОСТах или ТУ. После начала серийного производства необходимо продолжить работу по совершенствованию технологии, применяемого оборудования и конструкции новой продукции.

Таким образом, разработка и внедрение в производство новых материалов будет более успешной, если ее выполнять в определенной последовательности, по специальной методике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вольнский В.Н.* Технология клееных материалов: Учеб. пособие для вузов. 2-е изд., исправл. и дополн. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2003. 280 с.
2. *Лукаш А.А., Дьячков К.А.* Строительные изделия из измельченной древесины. Строительные материалы. 2009. № 1. С. 54–55.
3. *Лукаш А.А.* Технологические особенности производства рельефной фанеры // Лесн. журн. 2009. № 2. С. 92–96.
4. Новые строительные материалы – рельефная фанера и плита фанерная ячеистая / А.А. Лукаш [и др.] // Строительные материалы. 2006. № 12. С. 38–39.
5. Пат. 2212334 РФ, МПК С 27 В 27 D 3/00. Устройство для склеивания древесных слоистых материалов / А.А. Лукаш. Оpubл. 20.09.2003. БИ № 26. 2 с.
6. Пат. 2252865 РФ, МПК С 1 В 27 D 1/06, В 32 В 3/22. Способ склеивания древесных слоистых материалов / В.Г. Савенко, А.А. Лукаш. Оpubл. 27.05.2005. БИ № 15. 2 с.
7. *Савенко В.Г., Лукаш А.А., Шкиль К.К.* Ячеистая фанерная плита // Деревообработ. пром-сть. 2006. № 6. С. 14–15.

A.A. Lukash

Bryansk State Academy of Engineering and Technology

Creation Technique for New Types of Glued Wood Materials

The technique is offered and sequence of development for new types of glued wood materials is justified.

Keywords: products, wood, gluing, goods, sequence, development, quality, patent, equipment, technical process.

УДК 674.055

В.И. Коняшкин

Брянская инженерно-технологическая академия

Коняшкин Владимир Ильич родился в 1948 г., окончил в 1971 г. Брянский технологический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии деревообработки Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет более 85 печатных работ в области деревообработки.
E-mail: Konyashkinbgita@bk.ru



ПРЕДЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Получены аналитические зависимости расчета напряжений в резце при действии нагрузки на его режущую часть.

Ключевые слова: прочность, режущая часть, нагрузки, напряжения, упрочнение, анализ.

Для изучения прочности режущих инструментов необходимо знать прочность материалов, из которых они изготовлены.

Цель нашей работы – разработать методику и выполнить расчет предельного напряжения в резце для случая действия на лезвие инструмента нормально распределенной нагрузки.

Исследование прочности инструментальных материалов проводили по принципиальной схеме (рис. 1).

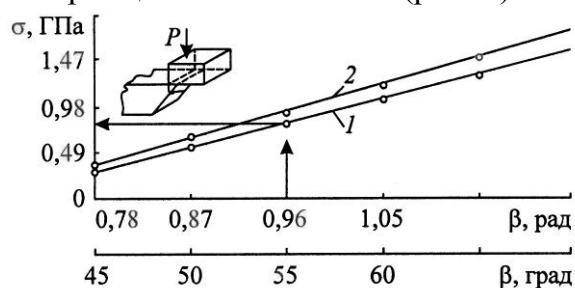


Рис. 1. Схема и результаты испытаний прочности режущей части резца: 1 – твердый сплав BK15; 2 – упрочненный твердый сплав BK15(TiN)

При достижении предельных значений напряжений происходит разрушение материала – скол. Разрушающую нагрузку регистрировали с помощью осциллографа. Для более равномерного распределения нагрузки на контактную площадку применяли прокладку толщиной 0,1 мм из стали 20.

Длина контакта – 0,5 мм. Скорость нагружения пуансона – 0,01 м/мин. За критерий прочности принято отношение разрушающей нагрузки к площади контакта образца с пуансоном. Результаты представлены в виде графика на рис. 1.

Изменение прочности однородного резца связано с изменением угла заострения β . На прочность материала влияет упрочнение – изменение физико-механических свойств, прежде всего, нагруженной поверхности резца.

Для расчета предельных напряжений в режущей части использовали точные аналитические зависимости для постоянной нормальной нагрузки [1]:

$$\begin{aligned} \sigma_x &= \frac{q}{\operatorname{tg}\beta \cdot \beta} \left(-\operatorname{arctg} \frac{y}{x} - \frac{xy}{x^2 + y^2} + \beta \right); \\ \sigma_y &= \frac{q}{\operatorname{tg}\beta \cdot \beta} \left(-\operatorname{arctg} \frac{y}{x} + \frac{xy}{x^2 + y^2} + \beta - \operatorname{tg}\beta \right); \\ \tau_{xy} &= -\frac{q}{\operatorname{tg}\beta - \beta} \frac{y^2}{x^2 + y^2}, \end{aligned} \quad (1)$$

где q – нормальная нагрузка на передней поверхности резца;

β – угол заострения резца;

x – расстояние от режущей кромки.

Определим напряжения на передней поверхности резца:

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= \frac{q\beta}{\operatorname{tg}\beta - \beta}; \\ \sigma_2 &= -q, \end{aligned} \quad (2)$$

где σ_1, σ_2 – соответственно главные растягивающие и сжимающие напряжения.

Для изучения предельного состояния применяли обобщенный критерий прочности Г.С. Писаренко и А.А. Лебедева [4], который использовали для расчета отношения $\sigma_{\text{экв}}/\sigma_1$ в зависимости от $|\sigma_2|/\sigma_1$ при различных значениях характеристик материала (β, χ и A).

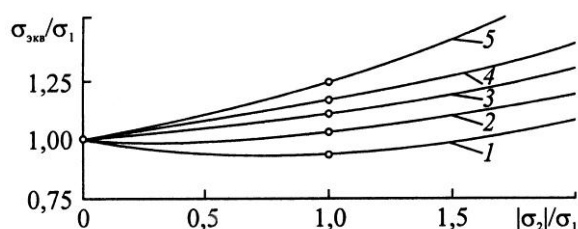


Рис. 2. Зависимость отношения $\sigma_{\text{экв}}/\sigma_1$ от $|\sigma_2|/\sigma_1$ при различных значениях χ и A : 1 – $\chi = 0,25; A = 0,7$; 2 – $0,25; 0,8$; 3 – $0,25; 0,9$; 4 – $0,35; 0,8$; 5 – $0,45; 0,8$

На рис. 2 показано изменение отношения $\sigma_{\text{экв}}/\sigma_1$ в зависимости от $|\sigma_2|/\sigma_1$ для нескольких материалов, у которых χ варьировали от 0,25 до 0,45, а A – от 0,7 до 0,9. Это более полно показано и обобщено в работе [2].

Расчет производили следующим образом. По формулам (2) рассчитывали $\sigma_1/q = \sigma_1/|\sigma_2|$ при некотором значении угла β . По зависимостям определяли $\sigma_{\text{экв}}/\sigma_1 = \eta(\chi, |\sigma_2|/\sigma_1)$ для полученного ранее $\sigma_1/|\sigma_2|$ и некоторых заданных значений A и χ . По полученному η и найденному σ_1/q определяли

$$\frac{q}{\sigma_{\text{экв}}} = \frac{q}{\sigma_1} \frac{\sigma_1}{\sigma_{\text{экв}}} = \frac{q}{\sigma_1 \eta(\chi, |\sigma_2|/\sigma_1)} \quad (3)$$

Расчитанные таким образом значения $q/\sigma_{\text{экв}}$ приведены в виде графиков на рис. 3 при тех же значениях A и χ , что и на рис. 2.

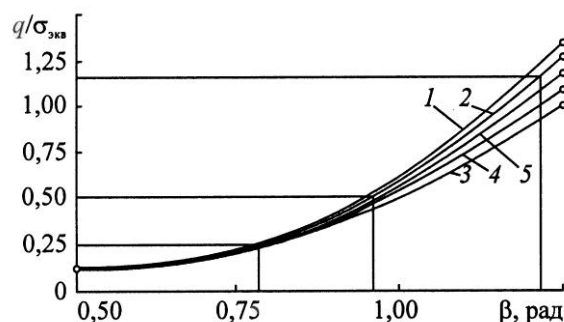


Рис. 3. Зависимость $q/\sigma_{\text{экв}}$ от угла заострения β при различных значениях χ и A

Для расчета предельных параметров инструментального материала реза вначале находили отношение $q_{\text{пр}2}/q_{\text{пр}1}$ (где $q_{\text{пр}2} = q_{\text{пр}}$ при $\beta = 1,22$ рад (70°); $q_{\text{пр}1} = q_{\text{пр}}$ при $\beta = 0,78$ рад (45°)).

Для полученных экспериментальных значений предельных внешних нагрузок это отношение изменялось от 5 до 6, что соответствует $\chi = 0,25; A = 0,7 \dots 0,8$. Это хорошо согласуется со значениями этих параметров для вольфрамокобальтового сплава ($\chi = 0,25 \dots 0,30; A = 0,8$ [3]).

Предельное значение $\sigma_{\text{экв}^{\text{пр}}}$ можно рассчитать следующим образом. Для $\beta = 0,96$ рад (55°) находим экспериментальное значение $q_{\text{пр}} = 0,83$ ГПа (см. зависимость 1, рис. 1), по графической зависимости (рис. 2) для $\chi = 0,25; A = 0,8$ находим $q_{\text{пр}}/\sigma_{\text{экв}^{\text{пр}}} = 0,5$. Тогда $\sigma_{\text{экв}^{\text{пр}}} = 1,66$ ГПа.

Для того же материала при $\beta = 0,78$ рад (45°) получим $q_{\text{пр}} = 0,25$ ГПа и по зависимости (рис. 2) находим $q_{\text{пр}}/\sigma_{\text{экв}^{\text{пр}}} = 0,28$. Тогда $\sigma_{\text{экв}^{\text{пр}}} = 0,90$ ГПа.

Для того же материала при $\beta = 1,22$ рад (70°) получим $q_{\text{пр}} = 1,55$ ГПа и по зависимости (рис. 2) находим $q_{\text{пр}}/\sigma_{\text{экв}^{\text{пр}}} = 1,15$. Тогда $\sigma_{\text{экв}^{\text{пр}}} = 1,35$ ГПа.

Выводы

1. Представлены методика, результаты испытания и выполнен расчет предельного напряжения в резце

для случая действия на лезвие инструмента нормально распределенной нагрузки (рис. 1), дающей наиболее сложного вида распределения напряжений в резце. При этом предельное значение рассчитывается исходя из угла заострения (β) и характеристик инструментального материала ($\chi, A, \beta, q_{\text{пр}}$).

2. Достигнуто увеличение на 10...20 % прочности при упрочнении.

3. Предложенная методика позволяет уменьшить объем изыскательных работ при создании новых инструментальных материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Киселев В.А.* Плоская задача теории упругости. М.: Высш. шк., 1976. 150 с.

2. *Коняшкин В.И.* Напряженное состояние режущей части инструмента // Лесн. журн. 2006. № 2. С. 74–89. (Изв. высш. учеб. заведений).

3. *Лоладзе Т.Н.* Прочность и износостойкость режущего инструмента. М.: Машиностроение, 1982. 315 с.

4. *Писаренко Г.С., Лебедев А.А.* Деформирование и прочность материала при сложном напряженном состоянии. К.: Наук. думка, 1976. 416 с.

V.I. Konyshkin

Bryansk State Academy of Engineering and Technology

Limiting Characteristics of Instrumental Materials

The analytical dependencies of a cutter stress analysis under the load effect on the cutting part are obtained.

Keywords: strength, cutting part, loads, stress, strengthening, analysis.

УДК 674.093.026

А.А. Лукаш

Брянская государственная инженерно-технологическая академия

ДЕФОРМАЦИИ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ СКЛЕИВАНИИ РЕЛЬЕФНОЙ ФАНЕРЫ

Установлены виды деформаций, возникающих при склеивании рельефной фанеры; дан анализ причин расслоения в рельефной фанере; разработана методика расчета параметров режима склеивания рельефной фанеры, при которых устраняется расслоение.

Ключевые слова: древесина, фанера, шпон, поверхность, рельеф, склеивание, пресс-форма, деформации, расслоение, режим.

Рельефная фанера склеивается из шпона в разнотолщинной пресс-форме. Рисунок на лицевой поверхности фанеры образуется из-за разной степени упрессовки шпона на участках выступов и впадин пресс-формы. В отличие от гнуто-клееных заготовок для склеивания рельефной фанеры используется одна пресс-форма, более простая в изготовлении. Объемный рисунок на лицевой поверхности улучшает декоративные свойства фанеры, поэтому ее можно использовать в качестве отделочного материала.

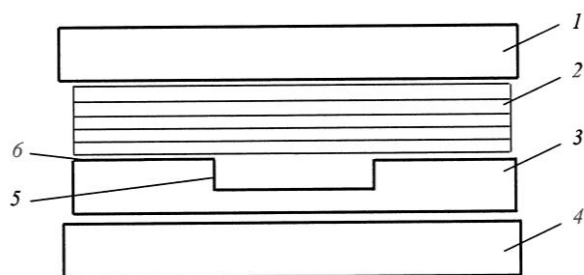


Рис. 1. Схема склеивания пакета шпона: 1 – верхняя плита пресса; 2 – склеиваемый пакет; 3 – пресс-форма; 4 – нижняя плита пресса; 5 – участок впадин пресс-формы; 6 – участок выступов пресс-формы

Остаточные деформации, возникающие при склеивании рельефной фанеры, определяют глубину рельефа и качество готовой продукции. В ряде

случаев при склеивании появляются расслоения между листами шпона. Для предотвращения этого дефекта необходимо проанализировать деформации, возникающие при изготовлении рельефной фанеры.

Продолжительность выдержки под давлением склеиваемого пакета составляет несколько минут, поэтому процесс создания нагрузки можно рассматривать как статический. Пакет шпона можно считать отдельными брусками, расположенными взаимно перпендикулярно. На рис. 1 приведена схема склеивания пятислойного пакета между двумя выступами и впадиной пресс-формы. На нижней плите пресса 4 установлена пресс-форма 3, имеющая выступы 6 и впадину 5. Пакет шпона 2 помещают между верхней плитой пресса 1 и пресс-формой 3. Действие плит пресса и пресс-формы на пакет шпона можно заменить равномерно-распределенной нагрузкой (рис. 2, а). Сверху на склеиваемый пакет действует равномерно распределенная нагрузка со стороны нагревательной плиты пресса 1. Участки пакета 2 сжимаются нагревательной плитой пресса и выступами пресс-формы. На участке 3 на пакет действует равномерно распределенная нагрузка только с одной стороны – со стороны нагревательной плиты.

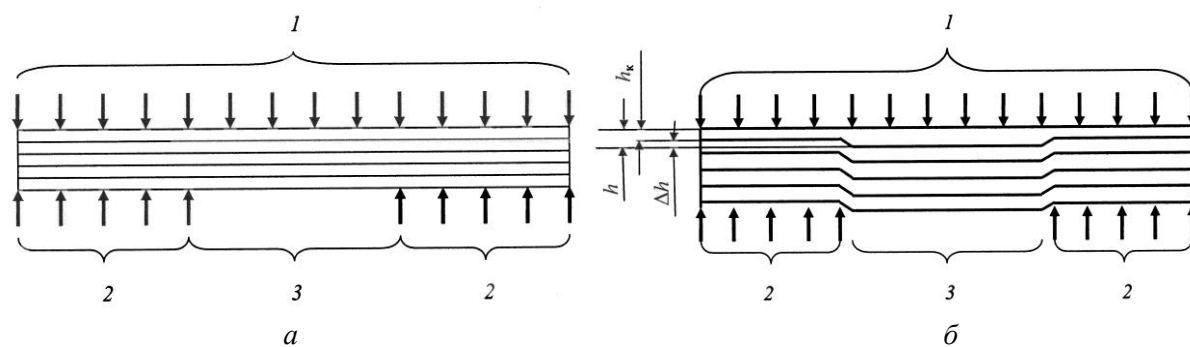


Рис. 2. Схема действия нагрузки на пакет шпона со стороны плиты пресса и пресс-формы (а) и схема деформирования шпона в процессе прессования (б): 1 – равномерно распределенная нагрузка со стороны нагревательной плиты пресса; 2 – равномерно распределенная нагрузка со стороны выступов пресс-формы; 3 – односторонняя нагрузка со стороны верхней нагревательной плиты

Действие температуры и давления со стороны плоской плиты пресса 1 и участков выступов 2 способствует образованию упругих и остаточных деформаций. Чем больше давление, тем больше будет упрессовка древесины, что весьма желательно. Однако на участке 3 действует только давление со стороны плоской плиты пресса. При большом давлении это может привести к скалыванию шпона в этой зоне.

При склеивании пакета шпона присутствуют три вида нагрузок: сжатие пакета – участок 2; изгиб шпона – участок 3; сдвиг – по границе между участками 2 и 3. Наряду с деформациями сжатия при склеивании рельефной фанеры возникают деформации изгиба. На рис. 2, б показано как деформируется пакет шпона в процессе прессования. На участке 3 на шпон действует давление только со стороны верхней нагревательной плиты, древесина не деформируется, толщина шпона в процессе склеивания не изменяется. На участке 2 в процессе склеивания возникают упругие и остаточные деформации. По мере прогревания пакета упругая деформация снижается, а остаточная увеличивается. Под действием давления и температуры толщина каждого листа шпона уменьшается от начального h до конечного h_k значения на $\Delta h = h - h_k$.

После снятия давления на пакет полная деформация снижается за счет деформации восстановления, которая включает упругую и высокоэластическую деформации древесного материала. Последняя не исчезает после снятия нагрузки.

По мере охлаждения и испарения влаги из пакета древесно-клеевой комплекс отверждается, восстановление деформаций прекращается. Изучим взаимодействие листов шпона в начальный период создания давления. Схема процесса склеивания приведена на рис. 3. Листы шпона рассматриваем как балки, установленные на опорах с расстоянием, равным расстоянию L между выступами пресс-формы. Первый верхний лист пакета, соприкасающийся с верхней плоской плитой пресса 1, испытывает равномерную нагрузку по всей поверхности листа и поэтому не изгибается.

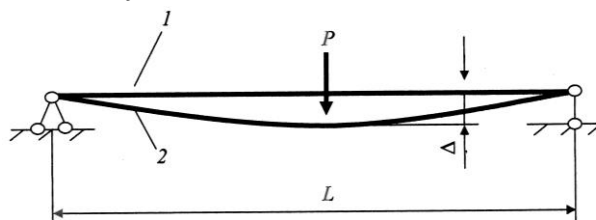


Рис. 3. Схема взаимодействия двух верхних листов в процессе прессования: 1 – первый верхний лист пакета, соприкасающийся с верхней плоской плитой пресса; 2 – второй лист

Под действием давления и температуры толщина первого верхнего листа шпона уменьшается на $\Delta h = h_0 - h_k$, что равноценно действию на второй лист нагрузки P . По сути Δh является прогибом f_2 второго листа под действием нагрузки P . Перед смыканием плит пресса наружные и внутренние листы имеют одинаковую температуру, влажность, модуль упругости и другие физико-механические показатели. Под действием нагрузки со стороны плит пресса листы шпона, имеющие одинаковые прочностные показатели, будут деформироваться одинаково. Под действием плит пресса в начальный момент создания давления толщина каждого склеиваемого листа шпона будет уменьшаться на одинаковую величину ($\Delta h_1 = \Delta h_2 = \Delta h_3 = \Delta h_4 = \Delta h_5$). Определим прогиб для каждого листа. Прогиб третьего листа f_3 складывается из прогиба второго листа f_2 и Δh :

$$f_2 = \Delta h; \quad (1)$$

$$f_3 = 2\Delta h; \quad (2)$$

$$f_4 = 3\Delta h; \quad (3)$$

$$f_5 = 4\Delta h. \quad (4)$$

Схема деформирования пакета шпона между выступами пресс-формы (рис. 3) совпадает со схемой испытания образцов при определении модуля упругости при статическом изгибе (рис. 4). Модуль упругости при статическом изгибе определяют [2] по формуле

$$E = 3FL^3/(64bh^3f), \quad (5)$$

где F – нагрузка, приложенная к образцу, Н;

L – расстояние между опорами, м;

b и h – соответственно ширина и высота образца, м;

f – прогиб, м.

Зная E , можно найти F , при которой прогиб будет равен f :

$$F = 64Eb^3h^3f/(3L^3). \quad (6)$$

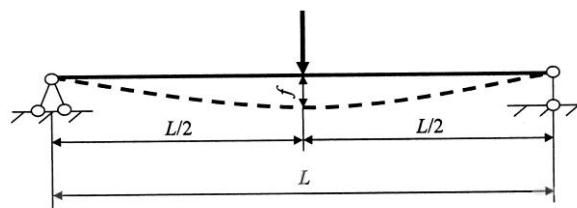


Рис. 4. Схема испытания образцов при определении модуля упругости при статическом изгибе

Первый верхний лист, соприкасающийся с верхней нагревательной плитой и не имеющий прогиба, не испытывает растягивающих нагрузок, т.е. $P_1 = 0$. Сила действия первого листа на второй, вызывающая прогиб второго листа, равна силе, прижимающей второй лист к первому.

С учетом (1) – (4) и (6) сила, которая прижимает второй лист к первому,

$$F_2 = 64Eb^3h^3\Delta h/(3L^3); \quad (7)$$

третий лист ко второму

$$F_3 = 64Eb^3h^32\Delta h/(3L^3); \quad (8)$$

четвертый лист к третьему

$$F_4 = 64Eb^3h^33\Delta h/(3L^3); \quad (9)$$

пятый лист к четвертому

$$F_5 = 64Eb^3h^34\Delta h/(3L^3). \quad (10)$$

Учитывая, что давление P , действующее на листы шпона, равно отношению силы на площадь, т.е. $P = F/(bL)$, можно найти давление, которое оказывает каждый последующий лист на предыдущий:

второй лист на первый

$$P_2 = 64Eh^3\Delta h/(3L^4); \quad (11)$$

третий лист на второй

$$P_3 = 128Eh^3\Delta h/(3L^4); \quad (12)$$

четвертый лист на третий

$$P_4 = 192Eh^3\Delta h/(3L^4); \quad (13)$$

пятый лист на четвертый

$$P_5 = 256Eh^3\Delta h/(3L^4). \quad (14)$$

Как видно из (11) – (14), с увеличением толщины шпона и изменением его толщины давление последующего листа на предыдущий возрастает, а с увеличением расстояния между опорами L оно снижается. Наименьшим является давление второго листа на первый.

Определим давление последующих листов на предыдущие при склеивании пятислойного пакета. Толщина листов шпона – 2 мм. Расстояние между выступами пресс-формы – 130 мм. Для определения Δh склеенный образец был распилен на две части. В упрессованной и неупрессованной зонах была измерена толщина каждого листа. Установлено, что $\Delta h = 0,32$ мм. По данным [2], для березы модуль упругости при статическом изгибе составляет $15,7 \cdot 10^9$ Па. Для данных условий давление, которое создает второй лист на первый, $P_2 = 0,003$ МПа, третий лист на второй $P_3 = 0,006$ МПа, четвертый лист на третий $P_4 = 0,009$ МПа, пятый лист на четвертый $P_5 = 0,015$ МПа. Следовательно, этого давления явно недостаточно для склеивания листов между собой. Наименьшим является давление второго листа на первый.

В исследованиях [1] установлено, что высокое качество склеивания относительно тонких пакетов может быть достигнуто при давлении $0,05 \dots 0,07$ МПа, если будет обеспечено равномерное его распределение по всей поверхности листа (для дальнейших расчетов принимаем $P_{\min} = 0,1$ МПа). Определим наибольшее расстояние между выступами пресс-формы для обеспечения минимально допустимого давления ($P_{\min} = 0,1$ МПа) второго листа на первый. Используя зависимость (11), найдем расстояние между выступами пресс-формы:

$$L = \sqrt[4]{\frac{64Eh^3\Delta h}{3P_{\min}}}. \quad (15)$$

При $P_{\min} = 0,1$ МПа, толщине шпона 2 мм, модуле упругости $E = 15,7 \cdot 10^9$ Па и $\Delta h = 0,32$ мм рас-

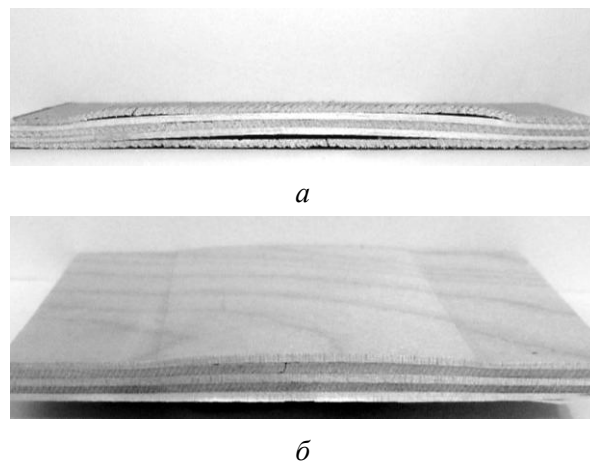


Рис. 5. Поперечное сечение середины образца рельефной фанеры, склеенной при различном расстоянии между выступами пресс-формы: *a* – 120 мм; *б* – 60 мм

стояние между выступами пресс-формы должно быть не более 54 мм.

При проведении экспериментов с различным расстоянием между выступами пресс-формы установлено, что при $L = 120$ мм наблюдалось расслоение между листами шпона внутри пакета (рис. 5, *a*), при $L = 60$ мм расслоения между листами шпона внутри пакета не было (рис. 5, *б*).

Таким образом, рассчитанное теоретически значение ($L = 54$ мм) более точно, чем найденное экспериментально ($L = 60$ мм).

Выводы

1. При склеивании рельефной фанеры пакет шпона испытывает три вида деформаций: сжатие, изгиб и сдвиг.

2. Между выступами пресс-формы пакет шпона испытывает изгибающие напряжения, из-за чего в некоторых случаях наблюдается расслоение.

3. Получена зависимость (15), позволяющая определить расстояние между выступами пресс-формы, при которых устраняется расслоение при склеивании рельефной фанеры из березового шпона толщиной 2 мм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куликов В.А. Проблема точности изготовления клееной слоистой древесины: Дис. ... д-ра техн. наук, 1966. 419 с.

2. Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения: Учеб. для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Лесн. пром-сть, 1986. 368 с.

A.A. Lukash

Bryansk State Academy of Engineering and Technology

Wood Deformations at Glueing Relief Plywood

The types of deformation are established that occur at relief plywood glueing; the analysis of the delamination causes in the relief plywood is provided; the calculation technique for the parameters of the relief plywood glueing under which the delamination is eliminated.

Keywords: wood, plywood, veneer, surface, relief, glueing, press-form, deformations, delamination, mode.

УДК 674.093:620.267

А.С. Торопов¹, В.М. Меркелов², В.Ф. Краснова¹¹Марийский государственный технический университет²Брянская государственная инженерно-технологическая академия

Торопов Александр Степанович родился в 1950 г., окончил в 1973 г. Марийский политехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры деревообрабатывающих производств Марийского государственного технического университета, заслуженный деятель науки республики Марий Эл. Имеет более 180 печатных работ в области интенсификации процессов распиловки лесоматериалов.
E-mail: kafedradop@mail.ru



Краснова Валентина Феликсовна родилась в 1978 г., окончила в 2000 г. Марийский государственный технический университет, старший преподаватель кафедры деревообрабатывающих производств МарГТУ. Имеет около 10 печатных работ в области раскряжки круглых лесоматериалов.
E-mail: 8felix@mail.ru



МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМНОГО ВЫХОДА ПИЛОПРОДУКЦИИ ПРИ РАСКРОЕ ХЛЫСТОВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ

Предложено математическое описание расчета выхода пилопродукции из хлыстов, загрязненных радионуклидами; на основании математической модели определены оптимальные схемы как раскряжевки, так и продольного раскряга сортиментов на пилопродукцию.

Ключевые слова: радиоактивное загрязнение, математическая модель, хлыст, раскряжевка.

В зоне радиоактивного загрязнения, возникшей в результате аварии на Чернобыльской АЭС, находится значительная часть лесного фонда ряда областей России. При эксплуатации таких лесов следует учитывать плотность радиоактивного загрязнения местности и применять такие способы переработки древесины, которые могут обеспечить получение древесной продукции с минимально допустимым радиоактивным загрязнением.

Государственными органами управления лесным хозяйством России в результате наземного поквартального радиационного обследования, проведенного в 1991–1994 гг. по ранее действовавшей методике [1], выявлено, что радиоактивному загрязнению при аварии на ЧАЭС подвергся лесной фонд площадью 982,6 тыс. га, находящийся в ведении Рослесхоза. Площади загрязненных цезием-137 земель лесного фонда на части территории пят-

надцати субъектов Российской Федерации (по состоянию на 1 января 1997 г.) приведены в таблице.

Брянские леса являются наиболее пострадавшими в России. Общая площадь государственного лесного фонда Брянской области, загрязненного радионуклидами, в 1990 г. составила 228,5 тыс. га (28,7 %) из 795,4 тыс. га лесов области, в результате повторного радиационного обследования в 1995 г. – 170,5 тыс. га.

Следует обратить внимание на то, что, как правило, наибольшее количество радионуклидов содержится в лесной подстилке и минеральном слое почвы. Из лесных ресурсов чаще всего наиболее загрязнены грибы, ягоды и напочвенный покров. У древесной растительности в большинстве случаев удельная радиоактивность коры, мелких веточек и листвы (хвои) значительно выше, чем древесины. Соответственно окоренная древесина содержит

Органы управления лесным хозяйством в субъектах РФ	Всего загрязне- но лесного фонда, тыс. га	В том числе по плотности загрязнения, Ки/км ²			
		1...5	5...15	15...40	> 40
Управление лесами:					
Брянское	171,0	103,1	39,7	26,0	2,2
Калужское	177,8	132,6	43,8	1,4	–
Орловское	97,1	95,6	1,5	–	–
Рязанское	70,3	70,2	0,1	–	–
Смоленское	5,0	5,0	–	–	–
Белгородское	15,4	15,4	–	–	–
Воронежское	25,3	25,3	–	–	–
Курское	21,3	21,2	0,1	–	–
Липецкое	15,4	15,4	–	–	–
Тамбовское	1,7	1,7	–	–	–
Пензенское	148,4	148,4	–	–	–
Комитет по лесу:					
Тульской области	77,5	66,0	11,4	0,1	–
Ленинградской «	85,7	85,7	–	–	–
Ульяновской «	69,4	69,4	–	–	–
Госкомитет Республики Мордовия по лесу	1,3	1,3	–	–	–
<i>Всего</i>	982,6	856,3	96,6	27,5	2,2

меньше радионуклидов, чем неокоренная. В вершинной части окоренной древесины цезия-137 больше, чем в комлевой. Древесина в коре содержит приблизительно в 2 раза больше радионуклидов, чем окоренная древесина; наибольшее количество радионуклидов содержится в слоях, прилегающих к коре. Используя механическую обрезку наиболее загрязненных периферийных частей с корой, можно получать деловую древесину с допускаемыми уровнями радиоактивного загрязнения.

В условиях рыночной экономики обеспечение лесоперерабатывающей промышленности Брянской области сырьем и лесоматериалами за счет собственных лесосырьевых ресурсов без их истощения становится актуальной задачей, в решении которой важную роль должно сыграть рациональное использование древесины, заготовленной в районах, загрязненных радионуклидами.

В мировой практике наиболее распространенной является хлыстовая технология, по которой заготавливается более 70 % всей древесины. В нашей

стране заготовка и вывозка леса в хлыстах имеет безусловное преимущество.

Цель данного исследования – разработка математической модели определения выхода пилопродукции из хлыстов, загрязненных радионуклидами.

Трудности, возникающие при раскросе древесины, загрязненной радионуклидами, связаны с переносом радиоактивных элементов на пилопродукцию в процессе обработки режущим органом. Для решения этой проблемы нами разработаны новые способы раскряжевки хлыстов, загрязненных радионуклидами [3], и продольного раскроя полученных из них сортиментов [2]. Суть их заключается в том, что предварительно в местах намеченных продольных пропилов производится удаление верхнего 3-сантиметрового слоя, наиболее загрязненного радионуклидами, в продольном направлении сортимента, а затем – продольная распиловка. Ширина продольного удаляемого слоя должна быть больше ширины пропила для устранения контакта режущего инструмента с наиболее загрязненными слоями древесины.

Предварительно определяются геометрические параметры хлыста в коре, без коры, а также загрязненного слоя. Пользуясь аллометрическим методом, можно получить зависимости, описывающие образующую лесоматериала в коре, без коры и здоровой части:

$$\begin{aligned} d &= d_0 + a_1 l^{b_1}; \\ d_6 &= d_{60} + a_2 l^{b_2}; \\ d_{3,ч} &= d_{3,ч0} + a_3 l^{b_3}, \end{aligned} \quad (1)$$

где $d, d_6, d_{3,ч}$ – соответственно диаметры хлыста в коре, без коры, а также здоровой части в произвольном сечении, м;

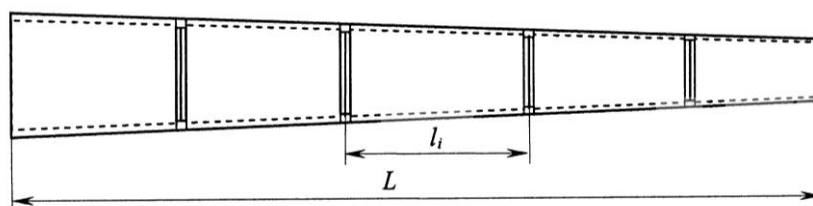
$d_0, d_{60}, d_{3,ч0}$ – соответственно диаметр лесоматериала в коре, без коры а также здоровой части в комле, м;

a_1, a_2, a_3 – константы начального состояния;

l – расстояние от комля до произвольного сечения, м;

b_1, b_2, b_3 – константы равновесия, передающие темп изменения диаметра относительно l .

На рис. 1 представлена схема раскряжевки хлыста с пропилами в местах удаления загрязненного радионуклидами слоя с помощью специализированного оборудования. Используя формулы (1), можно определить геометрические параметры каждого сортимента после раскряжевки, а также выход бруса и другой пилопродукции из них.



Для уменьшения разброса степени дробности диаметров бревен на этапе раскряжевки хлыста необходимо определить длину бревна:

$$l_i = \frac{L_x \sqrt{D_x^2 - d^2}}{D_x^2 - d^2},$$

где L_x – длина хлыста, м;

d_x – расчетный диаметр бревна, см;

D_x, d – диаметр хлыста в комле и вершине, см.

Рассмотрим раскрой сортимента с получением бруса (рис. 2).

На первом этапе удаляют загрязненный радионуклидами верхний слой в местах предполагаемых пропилов. Ширина a этого слоя немного больше ширины пропила. Затем выполняют продольный раскрой сортимента с получением двухкантного бруса и боковых пиломатериалов. Боковые пиломатериалы обрезают по кромке. При этом вместе с обзолной рейкой удаляют и загрязненные радионуклидами периферийные части.

На втором этапе производят раскрой полученного двухкантного бруса. Сначала из центральной части выпиляют четырехкантный брус, а оставшиеся боковые части двухкантного бруса раскраивают вдоль на две части, из которых получают заготовки путем удаления загрязненной радионуклидами древесины по сбегу под углом к пластям.

Объем четырехкантного бруса, получаемого из i -го сортимента, загрязненного радионуклидами:

$$V_{бр} = B_i H_i l_i,$$

Рис. 1. Схема раскряжевки хлыста: l_i – длина i -го сортимента, L – длина хлыста

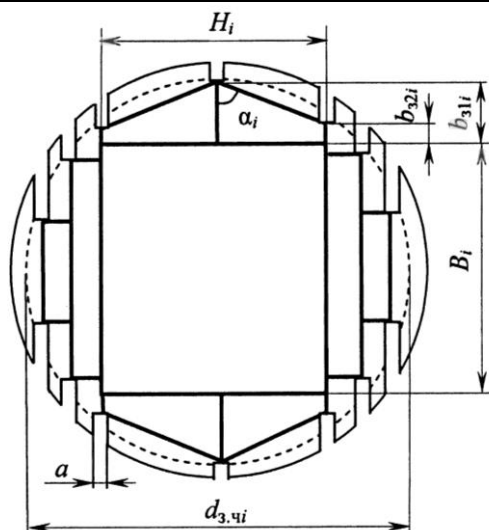


Рис. 2. Схема продольного раскроя сортимента

где B_i , H_i – соответственно ширина и толщина четырехкантного бруса, полученного из i -го сортимента, м;

l_i – длина i -го сортимента, м.

Из боковых частей двухкантного бруса получают заготовки переменного поперечного сечения.

Ширина заготовок из i -го сортимента в произвольном сечении: по наружной пласти

$$b_{31i} = \frac{1}{2} \left[\sqrt{d_{3,чi}^2 - 4(0,5H_i + a + 3p)^2} - \frac{a-p}{\operatorname{tg}\alpha_i} - B_i \right]; \quad (2)$$

по внутренней пласти

$$b_{32i} = \frac{1}{2} \left[\sqrt{d_{3,чi}^2 - 4(0,5H_i + a + 3p)^2} - \frac{a-p}{\operatorname{tg}\alpha_i} + B_i \right]; \quad (3)$$

где $d_{3,чi}$ – диаметр здоровой части i -го сортимента в произвольном сечении, м;

p – ширина пропила при продольном раскрое сортимента, м;

α_i – угол наклона пропилов при удалении загрязненной радионуклидами древесины из боковых частей двухкантного бруса, полученного из i -го сортимента.

Для определения объема полученных заготовок из i -го сортимента необходимо найти их ширину по наружной и внутренней пластям в поперечном сечении на середине длины. Для этого в формулы (2) и (3) необходимо вместо $d_{3,чi}$ ввести диаметр здоровой части i -го сортимента в поперечном сечении на середине длины заготовок.

Объем заготовок из двухкантного бруса, полученного из i -го сортимента:

$$V_{3i} = l_i(b_{31i} + b_{32i})(H_i - p).$$

Кроме четырехкантного бруса и заготовок из сортиментов, загрязненных радионуклидами, согласно представленной схеме раскроя (рис. 2), получают обрезные пиломатериалы. Их ширина определяется по наружной пласти. Это могут быть обрезные пиломатериалы как постоянного, так и переменного поперечного сечения. В последнем случае обрезка загрязненных частей осуществляется параллельно боковым кромкам. Ширина пиломатериалов в таком случае определяется в среднем поперечном сечении.

Общий объем пилопродукции из хлыстов, загрязненных радионуклидами:

$$V_{п/п} = \sum_{i=1}^n (V_{бр_i} + V_{п/м_i} + V_{3_i}),$$

где $V_{п/п}$ – общий объем пилопродукции из хлыста, загрязненного радионуклидами, м³;

n – количество сортиментов, полученных из хлыста;

$V_{бр_i}$ – объем четырехкантного бруса, полученного из i -го сортимента, м³;

$V_{п/м_i}$ – объем обрезных пиломатериалов из i -го сортимента, м³;

V_{3_i} – объем заготовок из i -го сортимента, м³.

Таким образом, предлагаемое математическое описание позволяет аналитически определять геометрические параметры и выход получаемой пилопродукции, выбирать оптимальные схемы как раскряжевки, так и продольного раскряжения сортиментов на пилопродукцию. Критериями оптимизации в данном случае могут быть наибольший выход пилопродукции, производительность, наименьшие трудозатраты и т.д.

Для оценки способа раскряжения сырья, загрязненного радионуклидами, наряду с традиционным показателем (полезный выход), необходимо ввести качественный показатель, характеризующий загрязнение пилопродукции радионуклидами. На оценку того или иного способа раскряжения влияют два разнонаправленных процесса: с одной стороны, чем больше объем древесины удаляется с периферийной части сортимента, тем меньше объемный выход пилопродукции, с другой – снижается ее удельная активность. Для оценки эффективности раскряжения древесины, загрязненной радионуклидами, нами введен коэффициент эффективности поставки (K_λ , Бк/кг·м³), который характеризует использование сырья с допустимым содержанием радионуклидов:

$$K_\lambda = \frac{\sum_{j=1}^m \lambda_j q_j}{\lambda_0 \left(\sum_{j=1}^m q_j \right)^2} Q,$$

где m – количество сортиментов;

j – номер сортимента;

λ_j – удельная активность радионуклидов в j -м сортименте, Бк/кг;

q_j – объем j -го сортимента, м³;

Q – объем хлыста, м³;

λ_0 – удельная активность радионуклидов в хлысте, Бк/кг.

Очевидно, что чем меньше данный показатель, тем лучше используется объем сортимента с допустимым содержанием радионуклидов.

Таким образом, предлагаемое математическое описание позволяет обосновать технологию переработки древесины, загрязненной радионуклидами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методика выполнения гамма-спектрометрических измерений активности радионуклидов в пробах почвы и растительных материалов. М.: Рослесхоз, 1994. 16 с.

2. Способ раскряжения круглых лесоматериалов, пораженных радионуклидами: Пат. 2350460 РФ, МПК В 27 В 1/00 / Торопов А.С., Торопов С.А., Меркелов В.М., Микрюкова Е.В., Шакирова А.И.; заявитель и патентообладатель МарГТУ. № 2007117657/03; заявл. 11.05.07; опубл. 27.03.09, Бюл. № 9.

3. Способ раскряжевки лесоматериалов, пораженных радионуклидами: Заявка 2006126505 РФ, МПК G 01 N 33/46 / Торопов А.С., Меркелов В.М., Тимофеева С.С., Кабышева Ю.А.; заявитель ГОУ ВПО МарГТУ. № 2006126505/03; заявл. 20.07.06; опубл. 27.01.08, Бюл. № 3; приоритет 20.07.06. 1 с.

A.S. Toropov¹, V.M. Merkelov², V.F. Krasnova¹

¹Mari-El State Technical University

²Bryansk State Academy of Engineering and Technology

Mathematical Model for Determination of Three-dimensional Output of Sawn Products in Cutting of Tree-length Timber Polluted by Radionuclides

The mathematical description is offered for product output from tree-length timber polluted by radionuclides; based on the mathematical model the optimal schemes are determined both for cutting and longitudinal sawing of cut-to-length timber into sawn products.

Keywords: radioactive pollution, mathematical model, tree-length, cutting.



УДК 630*794

И.А. Кузовлева, Т.Я. Силкина

Брянская государственная инженерно-технологическая академия

Кузовлева Ирина Анатольевна родилась в 1957 г., окончила в 1979 г. Брянский технологический институт, профессор, доктор экономических наук, декан экономического факультета, заведующий кафедрой экономики и управления в строительстве Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет более 120 печатных работ по исследованиям тенденций в инвестиционно-строительном и лесопромышленном комплексах.
E-mail: ikuzovleva@yandex.ru



Силкина Татьяна Яковлевна родилась в 1983 г., окончила в 2005 г. Брянскую государственную инженерно-технологическую академию, ассистент кафедры экономики и управления в строительстве БГИТА, оценщик ООО «Ко-Инвест Брянск». Имеет 9 печатных работ в области обеспечения уровня конкурентоспособности предприятий на основе стоимостного подхода.
E-mail: tanuchkina@yandex.ru



ИМУЩЕСТВЕННЫЙ ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ КОНКУРЕНТНЫХ ПРЕИМУЩЕСТВ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Представлены результаты исследований в области теоретико-методических основ формирования конкурентных преимуществ предприятий лесопромышленного комплекса на основе управления их имущественным комплексом.

Ключевые слова: предприятия лесопромышленного комплекса, конкурентные преимущества, конкурентоспособность, имущественный комплекс предприятия.

В настоящее время кризисные явления в мировой и отечественной экономике ставят новые задачи перед наукой и практикой управления предприятиями. В сложной финансово-экономической ситуации на первый план выступают вопросы эффективного функционирования хозяйствующих субъектов, поступательного и устойчивого их развития. Одной из главных задач является достижение такого уровня конкурентоспособности предприятия, который позволит выдержать напряженную конкуренцию на отраслевом рынке. Это относится и к предприятиям лесопромышленного комплекса (ЛПК) России. В настоящее время им крайне необходим выход на мировой рынок глубокой переработки лесопродукции. Для этого имеются объективные предпосылки: значитель-

ные запасы древесины в стране, развитие производства лесоматериалов. Однако предприятия используют и реализуют потенциал лесной отрасли не в полной мере. Современное состояние лесного фонда, его размерно-качественные характеристики, большая изношенность основных фондов снижают уровень конкурентоспособности предприятий и ЛПК России в целом.

Повысить конкурентоспособность предприятий можно путем формирования устойчивых долгосрочных конкурентных преимуществ. Особую актуальность приобретает поиск современных инструментов для их выявления, развития и реализации. Авторами на основе анализа различных подходов к классификации конкурентных преимуществ предлагается делить их на внутренние и внешние.

Таблица 1

Эволюция научных представлений об имущественном комплексе предприятий [1–6]

Источники	Характеристика
XVII в.	Понятие имущественного комплекса отождествлялось с понятием активов, под которыми имели в виду капитал
Дж. Локк А. Смит	Под имуществом понимались денежные средства Ввел различие между основным и оборотным капиталом. Оборотный капитал, по его мнению, состоит из товаров, приносящих своим владельцам прибыль. В состав основного капитала включаются не только орудия труда и постройки, но и «человеческий капитал» – «приобретенные и полезные способности всех жителей и членов общества»
Д. Рикардо	Факторы классификации капитала – время и скорость, с которой капитал возвращается к предпринимателю
К. Маркс А.К. Рошаховский	Впервые вводит категории: переменный и постоянный капитал Расширил перечень элементов этих категорий. Под ними стали понимать не только реальное имущество, но и дебиторскую задолженность, финансовый результат
В.В. Григорьев, И.М. Островкин	По их мнению, имущественный комплекс промышленного предприятия состоит из движимого и недвижимого имущества, запасов, денежных средств, прочих финансовых активов, а также не отраженных в балансе, нематериальных
ГК РФ, ст.128	Термин «имущество» используется для обозначения отдельных вещей или их совокупности (включая деньги и ценные бумаги). К имуществу относят также имущественные права, работы и услуги, информацию, результаты интеллектуальной деятельности и нематериальные блага
ГК РФ, ст. 132	Предприятие как имущественный комплекс признается недвижимостью: объекты недвижимого и движимого имущества, иные составляющие имущественного комплекса предприятия (сырье, продукция, права требования, долги, а также права на обозначения, индивидуализирующие предприятие, его продукцию, работы и услуги (фирменное наименование, товарные знаки, знаки обслуживания) и другие исключительные права)

Поскольку предприятие может оказывать влияние, в первую очередь, на внутренние факторы, существенное значение приобретает процесс оценки «внутренних» конкурентных достоинств предприятий. К их числу относятся производственные мощности, материально-техническое обеспечение производства, прогрессивность применяемых технологий, кадровый потенциал и т. д. Как показали исследования, в настоящее время предприятиями ЛПК реализуются только отдельные конкурентные преимущества, что явно недостаточно для удержания позиций на рынке.

Учитывая особенности ЛПК, конкурентоспособность лесопромышленных предприятий целесообразно

рассматривать как их потенциальную способность системно реализовать конкурентные преимущества в долгосрочном периоде, что возможно и целесообразно на основе управления элементами имущественного комплекса предприятия. Изучение научных подходов к пониманию сущности имущественного комплекса, отраженное в табл. 1, позволило нам представить собственную трактовку этого понятия. *Имущественный комплекс предприятия – это сочетание различных элементов, органично встроенных в целостный механизм ресурсного потенциала предприятия, определяющего возможности формирования его конкурентных преимуществ. В этом смысле к элементам имущественного*



Рис. 1. Состав имущественного комплекса предприятия ЛПК

комплекса относятся объекты недвижимого и движимого имущества, а также элементы в форме активов, которые прямо или косвенно участвуют в оперативном управлении предприятием (рис. 1).

Элементы имущественного комплекса, предлагаемого к рассмотрению авторами, включают активы, которые обладают достаточной степенью ликвидности и могут быть использованы для формирования конкурентных преимуществ предприятий. Таким обра-

зом, повысить уровень конкурентоспособности предприятий можно на основе управления элементами их имущественного комплекса.

Это осуществляется в нескольких направлениях: распределение и комбинирование прав на элементы имущественного комплекса; их содержание и эксплуатация. В результате управления можно изменять долю элементов в общей структуре имущественного комплекса, что позволяет формировать его оптимальную структуру,



Рис. 2. Система управления имущественным комплексом лесопромышленных предприятий

принимать управленческие решения с учетом степени ликвидности активов, достигать локальных целей предприятия. Следовательно, управление имущественным комплексом предприятия – это совокупность управленческих решений по выбору возможных вариантов изменений его структуры в целях комплексной реализации конкурентных преимуществ предприятий ЛПК (рис. 2).

Оценку результатов управления имущественным комплексом можно осуществлять на основе стоимостного подхода. Простота понимания, относительная легкость применения данного подхода позволили ему занять достойное место среди методов системного управления предприятием. Для предприятий ЛПК суть подхода состоит в расчете денежного потока, который

подвержен изменениям вследствие совершения сделок с элементами имущественного комплекса (купля – продажа, сдача в аренду свободных помещений и т. д.). Приоритет выбора совершаемой операции при изменении структуры имущественного комплекса заключается в стремлении к достижению максимума денежного потока, т. е. $K = f(ДП) \rightarrow \max$.

В условиях преодоления экономического кризиса формирование положительных денежных потоков на предприятии является его абсолютным конкурентным преимуществом. Результаты управления имущественным комплексом находят отражение и в других конкурентных преимуществах предприятия, которые систематизированы в табл. 2.

Таблица 2

Конкурентные преимущества предприятий ЛПК, достигаемые в процессе управления их имущественными комплексами

Управленческое решение	Достижимое конкурентное преимущество
Строительство зданий и сооружений, приобретение земельных участков	Создание дополнительных производственных площадей
Приобретение машин, механизмов, транспортных средств	Снижение уровня изношенности машин и оборудования
Оптимизация запасов материально-технических ценностей	Оснащенность ресурсами для бесперебойного производства
Приобретение и оформление исключительных прав на элементы имущественного комплекса	Формирование деловой репутации предприятия (гудвилл)
Снижение дебиторской задолженности	Повышение финансовой устойчивости предприятия

Таким образом, предприятие в процессе управления элементами имущественного комплекса может более успешно, чем другие, реализовать свои конкурентные преимущества, обеспечить устойчивое превосходство над конкурентами в долгосрочном периоде и эффективное функционирование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григорьев В.В., Островкин И.М. Оценка предприятий: имущественный подход: учеб.-практ. пособие. 2-е изд. М.: Дело, 2000. 224 с.
2. Ковалев А.П. Управление имуществом на предприятии. М.: ЗАО Финстатинформ, 2003. 240 с.

3. *Ковалев В.В.* Управление активами фирмы: учеб.-практ. пособие. М.: ТК Велби. Проспект, 2007. 392 с.

4. *Локк Дж.* Сочинения. В 2-х т. Т. 2. М., 1960. 230 с.

5. *Рикардо Д.* Сочинения. В 5-и т. Т. 1. М., 1961. 325 с.

6. *Смит А.* Исследование о природе и причине богатства народов. В 2-х т. Т. 1. М.: Наука, 1993. 570 с.

I.A. Kuzovleva, T.Ya Silkina

Bryansk State Academy of Engineering and Technology

Property Factor of Competitive Advantages Formation for Forest Industry Enterprises

The research results are presented on theoretical-methodical principles of competitive advantages formation for the forest industry enterprises based on their property management.

Keywords: forest industry enterprises, competitive advantages, competitiveness, property complex of the enterprise.

УДК 674.093.26

А.А. Лукаш

Брянская государственная инженерно-технологическая академия

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНЫ НА НОВЫЕ ВИДЫ ФАНЕРНОЙ ПРОДУКЦИИ

Дан анализ методов ценообразования при выпуске новых видов продукции. Обосновано применение метода ценообразования. Приведен пример расчета цены на новый вид фанерной продукции – рельефную фанеру.

Ключевые слова: продукция, ценообразование, фанера, метод, эксперт, согласованность, показатели, качество, ранжирование.

При организации выпуска новых видов фанерной продукции необходима оценка экономической целесообразности их производства. Правильно установленная цена существенно влияет на финансовое положение предприятия. Поэтому вопросы ценообразования при изготовлении новых видов продукции являются актуальными.

Методы ценообразования базируются на идее, что потребитель при оценке полезности продукции ориентируется на ее основные параметры и готов платить определенную сумму [4]. Одним из них является метод баллов, который заключается в использовании экспертных оценок значимости параметров товаров [5]. Он может применяться при обосновании цен на товары, когда важно оценить их внешний вид. Метод баллов осуществляется по следующему алгоритму: отбор параметров, начисление баллов по каждому параметру, суммирование баллов по базисному (эталон) и искомому товару, расчет цен на товары по отношению суммарных баллов. Цена нового товара C_n (р.) определяется по формуле

$$C_n = C_0 (B_{ni} / B_{0i}), \quad (1)$$

где C_0 – цена базисного товара, р.;
 B_{ni} , B_{0i} – балльная оценка i -го параметра нового и базисного товара.

Оценить потребительские свойства новой продукции возможно путем опроса экспертов, которыми могут стать ученые вузов, сотрудники предприятий и магазинов. Экспертная оценка декоративных свойств различных древесных материалов заключается в их ранжировании [3, 5]. Среди ранжируемых изделий должен быть хотя бы один общеизвестный серийно выпускаемый материал, который продается по известной цене. Таким базисным материалом является фанера общего назначения. Результаты исследований заносятся в табл. 1, где a_{ij} – балл, присвоенный i -му материалу j -м экспертом.

Степень согласованности мнений экспертов характеризуется коэффициентом конкордации W [3]. Он соответствует случаю, когда в матрице (табл. 1) нет связанных рангов (факторов) оценки древесных материалов. Значение коэффициента определяется по формуле

$$W = \frac{12 S}{m^2(n^3 - n)}, \quad (2)$$

где m – число экспертов;

n – число образцов;

S – дисперсия,

$$S = \sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^m a_{ij} - 0,5 m^3 (n + 1)^2 \right]^2. \quad (3)$$

Таблица 1

Результаты ранжирования материалов экспертами

Эксперты	Древесные материалы			
	X_1	X_2	...	X_n
1-й	a_{11}	a_{21}	...	a_{n1}
2-й	a_{12}	a_{22}	...	a_{n2}
...
m -й	a_{1m}	a_{2m}	...	a_{nm}
Сумма	$\sum_{j=1}^m a_{1j}$	$\sum_{j=1}^m a_{2j}$...	$\sum_{j=1}^m a_{nj}$

Коэффициент конкордации находится в пределах $0 \leq W \leq 1$. Чем ближе к единице значение W , тем больше согласие между экспертами. Для оценки значимости коэффициента конкордации используется распределение χ^2 . Расчетное значение $\chi^2_{\text{рас}}$ определяется по формуле

$$\chi^2_{\text{рас}} = m(n-1)W.$$

Затем $\chi^2_{\text{рас}}$ сравнивается с табличной величиной $\chi^2_{\text{таб}}$, которая определяется при уровне значимости q и числе степеней свободы $f = n - 1$. Если $\chi^2_{\text{рас}} > \chi^2_{\text{таб}}$, то фиксируется согласие экспертов. Цена C_n на новый материал X_n рассчитывается на основе данных табл. 1. Для известного древесного отделочного материала X_i ценой C_i сумма баллов (нижняя строка табл. 1) составляет B_i ; для нового древесного отделочного материала X_2 сумма баллов (нижняя строка табл. 1) составляет B_n . Отношение цен C_n и C_i прямо пропорционально отношению сумм баллов B_n и B_i , набранных соответственно новым и известным материалами. Цена на новый материал C_n определяется по формуле (1).

Для оценки декоративных свойств древесных отделочных материалов использованы три вида материала (фанера общего назначения, ламинированная древесностружечная плита и ламинированная древесноволокнистая плита) и четыре новых вида

фанерной продукции, разработанных автором [1, 2]. Этим изделиям присвоены следующие номера: рельефная фанера – № 1; филленчатая – № 2; композиционная профильная с наружными слоями из лущеного шпона и внутренними слоями из осмоленной стружки – № 3; плита фанерная ячеистая – № 4; фанера общего назначения с плоской поверхностью – № 5; ламинированная древесностружечная плита – № 6; ламинированная древесноволокнистая плита – № 7. Экспертами, оценивающими качество продукции, были преподаватели Брянской государственной инженерно-технологической академии, специалисты деревообрабатывающих предприятий и сотрудники магазинов.

В результате исследований оценены потребительские свойства материалов в баллах (табл. 2).

При дисперсии $S = 10\,708$ получаем коэффициент конкордации W :

$$W = \frac{12 \cdot 10\,708}{28^2 \cdot (7^3 - 7)} = 0,49.$$

Расчетное значение $\chi^2_{\text{рас}}$ составляет:

$$\chi^2_{\text{рас}} = 28 \cdot (7 - 1) \cdot 0,49 = 82,32.$$

Табличное значение $\chi^2_{\text{таб}}$ при уровне значимости $q = 0,05$ и числе степеней свободы $f = 7 - 1 = 6$ равно 12,6. Условие $\chi^2_{\text{рас}} > \chi^2_{\text{таб}}$ выполняется, так как $82,32 > 12,6$, поэтому фиксируется согласие экспертов.

Таблица 2

**Результаты оценки потребительских свойств
новых и традиционных древесных отделочных материалов**

№ эксперта	№ оцениваемого древесного отделочного материала						
	1	2	3	4	5	6	7
1	4	7	6	5	2	3	1
2	4	1	7	3	5	6	2
3	7	4	2	3	6	5	1
4	7	4	2	3	6	5	1
5	7	6	5	4	1	3	2
6	4	7	6	3	5	2	1
7	7	5	6	3	4	2	1
8	7	6	5	4	3	2	1
9	7	6	4	5	3	1	2
10	6	5	4	7	1	3	2
11	7	5	6	1	2	4	3
12	6	7	5	4	1	3	2
13	7	6	5	4	2	3	1
14	7	5	6	1	2	4	3
15	7	5	6	4	3	1	2
16	5	6	7	4	3	1	2
17	4	7	6	5	3	2	1
18	6	4	3	7	5	2	1
19	7	6	5	2	1	4	3
20	6	7	4	5	1	2	3
21	6	7	5	4	3	1	2
22	6	7	5	4	3	1	2
23	5	7	6	3	4	1	2
24	1	6	7	5	2	3	4
25	4	7	6	3	1	5	2
26	1	7	6	5	4	3	2
27	7	4	3	2	1	5	6
28	6	7	5	1	2	4	3
Σ	158	161	143	104	79	81	58

Цену 1 м² рельефной фанеры определяли следующим образом. При расчетах базисным образцом служит фанера общего назначения марки ФК. По данным фанерного предприятия ОАО «Селецкий ДОК», стоимость 1 м² этого вида фанеры толщиной 6 мм составляет 114,37 р., толщиной 8 мм – 135,9 р. По результатам опроса экспертов, суммарное количество баллов у рельефной фанеры равно 158, а у фанеры общего назначения марки ФК – 79 баллов. Цена 1 м² рельефной фанеры толщиной 6 мм составит

$114,37 \cdot (158/79) = 228,8$ р.; толщиной 8 мм – $135,9 \cdot (158/79) = 271,7$ р. Аналогичным образом можно определить цену и на другие виды фанерной продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лукаш А.А., Дьячков К.А. Строительные изделия из измельченной древесины // Строительные материалы. 2009. № 1. С. 54–55.
2. Новые строительные материалы – рельефная фанера и плита фанерная ячеистая / А.А. Лукаш [и др.] // Строительные материалы. 2006. № 12. С. 38–39.

3. Пижурин А.А., Розенблит М.С. Исследования процессов деревообработки. М.: Лесн. пром-сть, 1986. 232 с.

4. Тарасевич В.М. Ценовая политика предприятия: учеб. для вузов по экон. специальностям / под общ. ред. Г.Л. Багиева. 3-е изд. СПб.: Питер, 2010. 320 с.

5. Тарасевич В.М., Ведерников Н.М. Методы экспертных оценок и их приложение к ценообразованию. Л.: ЛФЭИ, 1989. 336 с.

A.A. Lukash
Bryansk State Academy of Engineering and Technology

Price Determination on New Types of Plywood Products

The analysis of price-formation methods is provided for new types of plywood products. The use of price-formation method is justified. The example of price calculation for a new type of plywood product – relief plywood is given.

Keywords: products, price formation, plywood, method, expert, coordination, indicators, quality, ranking.



КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 674.047.45

А.П. Решетников, В.М. Меркелов, А.П. Решин

Брянская государственная инженерно-технологическая академия

Решетников Анатолий Петрович родился в 1937 г., окончил в 1959 г. Брянский лесохозяйственный институт, кандидат сельскохозяйственных наук, профессор кафедры радиационной экологии и безопасности жизнедеятельности Брянской государственной инженерно-технологической академии, заслуженный работник высшей школы РФ. Имеет 120 печатных работ в области обеспечения безопасности производственных процессов и комплексной механизации лесозаготовительных работ.

Тел.: 8(4832)74-67-44



Решин Александр Петрович родился в 1951 г., окончил в 1973 г. Брянский технологический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии деревообработки Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет более 50 печатных работ в области пропитки и сушки древесины.

E-mail: vromanov62@mail.ru

**ТЕПЛОГЕНЕРАТОР МНОГОЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Предложена конструкция теплогенератора многоцелевого назначения, имеющего значительные преимущества по сравнению с аналогичными.

Ключевые слова: теплогенератор, топливо, сжигание, металлоемкость, мощность.

В настоящее время огромное значение приобретают проблемы энергосбережения. Ожидаемые инвестиции в развитие этой сферы деятельности будут занимать одно из ведущих мест, что должно привести к интенсификации научных исследований в данном направлении.

После периода, когда роль древесины как топлива была снижена, в последнее время очень существенно возрос интерес к энергетическому использованию низкокачественной древесины и отходов лесозаготовительной, лесопильно-деревообрабатывающей и лесохимической промышленности. Для многих регионов это наиболее доступный вид топлива. В отличие от каменного угля и нефти оно при сжигании не образует сернистых соединений, загрязняющих окружающую среду.

В начале 90-х годов на этот вид топлива в первую очередь вынуждена была переходить деревообрабатываю-

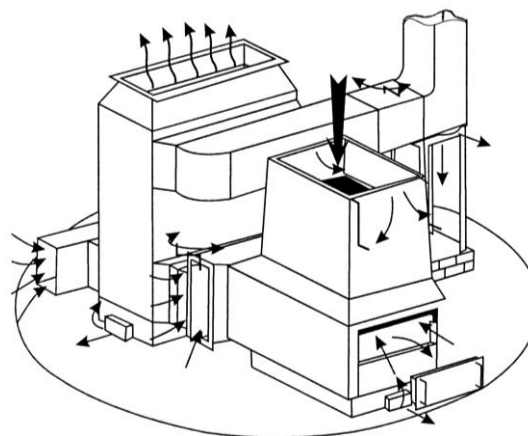


Рис. 1. Общий вид теплогенератора

щая промышленность из-за резкого увеличения расходов на транспортировку мазута. В настоящее время практически все деревообрабатывающие предприятия работают на древесном топливе. Для сжигания древесных отходов появились специальные установки – теплогенераторы. На рис. 1 показан общий вид теплогенератора, разработанного в БГИТА [4], а на рис. 2 – его принципиальная схема.

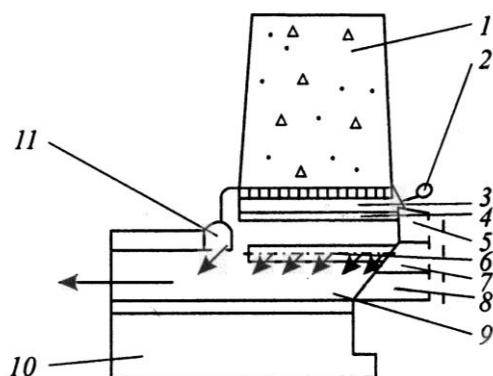


Рис. 2. Схема теплогенератора

Теплогенератор содержит вертикальную шахту 1 для подвода топлива, камеру сгорания 3 с колосниковой решеткой 4 и устройствами подачи воздуха 5 для сгорания топлива, снабженными регулирующим органом 2, камеру дожигания 9, в которой размещены дожигательные решетки 6 и 11, устройства подачи воздуха 7 и 8 для дожигания, а также золовую камеру 10. Шахта выполнена расширяющейся к колосниковой решетке, а устройства подачи воздуха расположены по всему внутреннему контуру камеры сгорания с таким расчетом, чтобы подводимый для сгорания воздух был направлен над поверхностью колосниковой решетки.

Работает теплогенератор следующим образом. Топливо, находящееся в шахте, под действием своего веса поступает на колосниковую решетку. Растопка устройства производится горелкой (не показана). В камеру сгорания через устройство подачи поступает воздух – топливо горит. При этом образуется горящий поток, равномерно срезающий слой топлива, прилегающий к колосниковой решетке. Поскольку конструкция шахты обеспечивает свободное опускание топлива на колосниковую решетку, то процесс сжигания идет устойчиво. Конструкция устройств подачи позволяет управлять процессом сжигания. Продукты горения, взвешенные части-

цы топлива и летучие поступают в камеру дожигания, где на решетках и происходит их дожигание. Процесс дожигания управляем за счет регулируемой известным образом подачи воздуха в камеру дожигания через дожигательные решетки. Зола и шлак накапливаются в золовой камере и удаляются.

Испытание опытного, а затем и промышленного образца, позволило определить наиболее существенные его показатели (см. таблицу).

Предлагаемый теплогенератор имеет принципиальные преимущества по сравнению с аналогами как по эксплуатационным, экологическим, экономическим показателям, так и по энерго- и металлоемкости [1]:

небольшой расход топлива (древесного, в т.ч. сыпучего – опилки, стружки и др., и торфа);

экологичность, обусловленная наличием камеры для дожигания, которая позволяет обеспечить практически полное отсутствие дыма и снижение выбросов вредных веществ в атмосферу;

небольшая металлоемкость установки; ее масса с теплообменником при небольших габаритных размерах не превышает 300 ... 800 кг;

регулирование мощности в широком диапазоне (от 8 до 300 кВт);

возможность размещения установки как внутри, так и вне помещения;

Сравнительная характеристика теплогенераторов

Показатель	Установка, предложенная БГИТА	Сравниваемые аналоги		
		«Емеля»	«Макил» (г. Гродно)	АГГУ (завод «Агрегат»)
Мощность, кВт	8...300	50...500	100...500	60...250
Расход опилок в сутки для установок мощно- стью 50 кВт, м ³	280*	360*	2,0	3,5...4,5
Установленная мощность электродвигателей, кВт	до 0,50	2,20...37,00	–	0,55...1,10
Габаритные размеры, мм	2000×1300× ×1800	1520×780× ×1450	1500×2800× ×2600	–
Масса, кг	300...800	700...4000	–	1300...3000
Теплоноситель	Воздух	Воздух	Воздух	Вода

* Расход в килограммах.

пожаро- и взрывобезопасность, так как пиролиз топлива происходит только в пространстве, прилегающем к горящему слою (его толщина не превышает 60 мм).

Использование теплогенератора для камерной сушки пиломатериалов дало возможность разработать новую систему подачи теплоносителя в сушильное пространство и отказаться от применения в камере традиционных калориферов и вентиляторов [3].

Хорошие технические и эксплуатационные характеристики позволяют рекомендовать его не только для отопления жилых и производственных помещений [2, 3], бань, теплиц и др., а также обеспечения тепловой энергией камер для сушки зерна [5], фруктов и т.д.

зование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: Сб. науч. тр. Брянск: Изд-во БГСХА, 2007. С. 24–25.

3. Меркелов В.М., Решин А.П. Направления совершенствования технологии сушки пиломатериалов // Вестник БГИТА. 2005. № 1. С. 155–157.

4. Пат. 2267698 С1 RU, МПК F 23В 10/00. Устройство для сжигания твердого топлива / А.П. Решетников, А.П. Большаков, В.М. Меркелов, А.П. Решин / БГИТА. Заявл. 25.05.2004; Оpubл. 10.01.2006, Изобретения. Полезные модели. № 1 (IV ч). С. 1027.

5. Теплогенератор для зерносушилок / В.М. Меркелов [и др.] // Сб. науч. тр. Брянск: Изд-во БГСХА, 2009. С. 27–29.

A.P. Reshetnikov, V.M. Merkelov, A.P. Reshin
Bryansk State Academy of Engineering and
Technology

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бахирева Г.М. Получение тепловой энергии путем сжигания биотоплива с применением МТС «Емеля» // Деревообаб. пром-сть. 2000. № 1. С. 18–19.

2. Меркелов В.М., Решин А.П., Большаков А.П. К вопросу отопления животноводческих помещений // Конструирование, исполь-

Multipurpose Heat-generator

The design of a multipurpose heat-generator possessing considerable advantages in comparison with the analogous one is offered.

Keywords: heat-generator, fuel, combustion, quantity of metal, capacity.

УДК 630*221.4

А.В. Ерохин

Брянская государственная инженерно-технологическая академия

Ерохин Александр Владимирович родился в 1951 г., окончил в 1977 г. Брянский технологический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства, лесных культур и почвоведения Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет 24 печатные работы в области изучения естественного возобновления, комплексных и равномерно-постепенных рубок.
Тел.: 8(4832) 73-48-42



ОТБОР ДЕРЕВЬЕВ ПРИ КОМПЛЕКСНЫХ РУБКАХ В СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЯХ С ЯРУСОМ ЕЛИ

Исследованы деревья яруса ели в сосновом насаждении по продуктивности и положению крон в пологе древостоя. Предложен порядок отбора деревьев при проведении комплексных рубок для доращивания ели до балансовых размеров.

Ключевые слова: категория продуктивности, балансы, комплексные рубки.

Регулирование воздействия экологических факторов лесохозяйственными методами достигается с помощью различных рубок в соответствии с формой, составом, строением древостоев и особенностями почвенно-гидрологических условий. В сосняках с еловым ярусом при достижении спелости сосны ель тонкомерна, и рациональным способом ее доращивания на балансы является применение комплексных рубок [6]. Их результаты зависят от оптимальности организационно-технических элементов, в том числе от принципов отбора деревьев в рубку.

Объектами исследования служили сосняки с ярусом ели, а также спелые двухъярусные сосново-еловые насаждения, в которых производились комплексные рубки. По классификации типов леса В.Н. Сукачева [5], изучаемые насаждения относятся к естественно-исторической группе сосняков-зеленомошников, которые доминируют в сосняках Брянского лесного массива [7].

По лесорастительному районированию С.Ф. Курнаева [2], Брянский лесной массив расположен в зоне смешанных лесов с равным участием хвойных и лиственных древесных пород. В дробном лесорастительном районировании массив отнесен к подзоне теневых широколиственных лесов. По провинциальному подразделению, массив находится в Скандинавско-Русской провинции евро-азиатской области лесов умеренного пояса, в Брянском округе зоны широколиственных лесов [3].

Для обоснования принципа отбора деревьев ели в рубку в спелых сосняках необходимо изучить их распределение по категориям толщины и осветленности и исследовать средний периодический радиальный прирост по этим категориям.

Исследования в сосняках различных с ярусом ели проведены на четырех пробных площадях, где выполняли пересчет деревьев ели и фиксировали их положение в пологе древостоя. Категории толщины выделяли по

отношению к среднему диаметру деревьев елового яруса. Известна методика лимитов распределения деревьев по диаметру от минимального до максимального, но в нашей работе использован принцип классификации по продуктивности (толщине) Б.Д. Жилкина [1]. Осветленность устанавливали по положению кроны в пологе древостоя. К осветленным относились деревья ели, растущие в «окнах» полога древостоя, к неосветленным – под кронами. Средний периодический радиальный прирост деревьев ели по ка-

тегориям толщины изучали на кернях древесины. В ярусе ели выделены три категории деревьев по продуктивности: мелкие, средние, крупные и две по осветленности: осветленные, неосветленные.

Значения среднего периодического радиального прироста деревьев различных категорий приведены в таблице. Как видим, прирост крупных осветленных елей выше, чем у неосветленных, на 0,7 мм (38,8 %), средних – соответственно на 0,3 мм (33,0 %), мелких – на 0,1 мм (12,0 %).

Средний периодический радиальный прирост деревьев ели различных категорий

Категория толщины	Статистические показатели				
	<i>M</i> , мм	<i>m</i> , мм	σ , мм	<i>C</i> , %	<i>P</i> , %
Осветленные деревья					
Мелкие	0,6	0,04	0,18	29,0	5,8
Средние	1,3	0,07	0,38	28,8	5,6
Крупные	2,5	0,10	0,62	24,8	4,8
Неосветленные деревья					
Мелкие	0,5	0,02	0,12	26,0	5,2
Средние	1,0	0,05	0,27	28,1	5,6
Крупные	1,8	0,07	0,35	19,4	3,9

Результаты исследования среднего периодического радиального прироста свидетельствуют о целесообразности выделения структурных частей яруса ели по толщине и осветленности. Различия в приросте крупных и средних осветленных и неосветленных деревьев достоверны на 99 %-м доверительном уровне по *t*-критерию Стьюдента ($t_{\text{факт}}$ равно соответственно 6,65; 3,44; $t_{\text{табл}} = 2,68$); мелких – на 95 %-м доверительном уровне ($t_{\text{факт}} = 2,24$; $t_{\text{табл}} = 2,00$).

Подтверждаются различия по категориям толщины в однородных по осветленности совокупностях деревьев. Осветленные деревья отличаются по радиальному приросту в зависимости от категории продуктивности на самом высоком (99,9 %) доверительном уровне ($t_{\text{факт}}$ равно 8,68; 18,57; 10,65, $t_{\text{табл}} = 3,52$); у неосветленных деревьев существенность различий также подтверждается на 99,9 %-м уровне значимости.

В связи с изложенным целесообразно разделить деревья ели на три группы по продуктивности (толщине), а те, в свою очередь, на две категории по степени освещенности: А (осветленные с высокой интенсивностью роста по диаметру) и Б (неосветленные с низкой интенсивностью роста по диаметру). Объединив группы по толщине и категориям освещенности, получаем классы деревьев: 1А – крупные осветленные, 2А – средние осветленные, 3А – мелкие осветленные, 1Б – крупные неосветленные, 2Б – средние неосветленные, 3Б – мелкие неосветленные. В 4-м классе остаются деревья ели, поврежденные вредителями и болезнями, усыхающие, сухие (независимо от толщины).

Данную классификацию предлагается использовать при отборе деревьев в комплексную рубку в спелых сосняках с ярусом ели для ее доращивания до балансовых размеров под пологом сосны. Предлагается объединить по среднему периодическому радиальному приросту и диаметру крупные (1А;1Б) и средние (2А) осветленные деревья в количестве 400...500 шт. в целевые для ускоренного доращивания до балансового (средний диаметр 22 см) сырья. Средние деревья 2Б класса могут стать резервом при недостаточном количестве деревьев 1А, 1Б и 2А классов. Мелкие осветленные ели (3А класс) должны выполнять вспомогательную функцию в роли подгона, экологического экрана, препятствующего разрастанию живого напочвенного покрова, и поддержания устойчивости экосистемы [4].

Метод рубки в первом ярусе при уходе за вторым еловым верховой.

Разреживание первого яруса необходимо проводить в сформировавшихся биогруппах деревьев, под кронами которых находятся кроны перспективных крупных и средних деревьев второго яруса ели. В рубку следует отводить перестойную березу, крупные ели из первого яруса, сформировавшиеся из предварительного или сопутствующего подроста первого поколения, и деревья сосны в зависимости от их состояния и размещения. Интенсивность изреживания – до 30 % по запасу, снижение относительной полноты – не ниже 0,4.

Во втором ярусе рекомендуется уход по низовому методу. В рубку необходимо отводить деревья 4-го класса (фаутные, пораженные вредителями, болезнями, с плохой формой ствола) и проводить отбор во 2-й и 3-й группах, назначая в рубку средние и мелкие деревья 2Б и 3Б классов.

Использование данной классификации позволяет повысить эффективность комплексных рубок при доращивании ели до балансовых размеров под пологом сосны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жилкин Б.Д. Классификация деревьев по продуктивности. М.: Лесн. пром-сть, 1965. 110 с.
2. Курнаев С.Ф. Лесорастительное районирование СССР. М.: Наука, 1973. 204 с.
3. Курнаев С.Ф. Дробное лесорастительное районирование Нечерноземного центра. М.: Наука, 1982. 120 с.
4. Мелехов И.С. Лесоводство. М.: Лесн. пром-сть, 1989. 302 с.
5. Сукачев В.Н. Избранные труды. Т. 1. Основы лесной типологии и биогеоценологии. Л.: Наука, 1972. 418 с.

6. *Тихонов А.С., Зябченко С.С.* Теория и практика рубок леса. Петрозаводск: Карелия, 1990. 224 с.

7. *Тихонов А.С.* Морфология, экология и динамика Брянского лесного массива: отчет о НИР по теме № 1.1.97 / БГИТА. Брянск, 1997. 71 с.

A.V. Erochin

Bryansk State Academy of Engineering and Technology

Selection of Trees in Complex Cuttings of Pine Stands with Spruce Story

Trees of spruce stories in pine stands according to productivity and situation the crowns forestry canopy stands are investigated. The order of trees selection is offered, when we are carried out the complex cuttings to continue growing of the balance pine size.

Keywords: category of productivity, balance, complex cuttings.

УДК 528.489

Ю.А. Варфоломеев, И.В. Клепиков, В.В. Рыльчиков

Северный (Арктический) федеральный университет.

Варфоломеев Юрий Александрович родился в 1953 г., окончил в 1975 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, проректор по инновационному развитию Северного (Арктического) федерального университета, заслуженный деятель науки РФ. Имеет более 300 научных трудов в области обеспечения долговечности древесины в строительстве экологически безопасными методами.
E-mail: y.varfolomeev@narfu.ru



Клепиков Игорь Владимирович родился в 1963 г., окончил в 1986 г. Московский институт инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии, кандидат технических наук, доцент кафедры геодезии и земельного кадастра Северного (Арктического) федерального университета. Имеет более 60 научных работ в области прикладной геодезии.
Тел.: 8(8182) 21-61-25



Рыльчиков Владимир Викторович родился в 1944 г., окончил в 1967 г. Московский институт инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии, кандидат технических наук, доцент кафедры геодезии и земельного кадастра Северного (Арктического) федерального университета. Имеет более 90 научных работ, в том числе в области прикладной геодезии, геодезической астрономии и астрономической навигации.
Тел.: 8(8182) 21-61-25



ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ АЭРОДРОМОВ НА СЕВЕРЕ

Обоснована актуальность восстановления заброшенных и модернизации эксплуатируемых аэродромов на арктических и субарктических территориях для транспортировки людей и грузов, мониторинга природных и промышленных объектов, борьбы с лесными и торфяными пожарами и т.д. Предложена методика геодезической съемки аэродромов и препятствий с использованием спутниковых систем и другого высокотехнологичного оборудования. Выполнено построение опорных сетей аэродромов с привязкой к Всемирной геодезической системе координат.

Ключевые слова: аэродромы, препятствия, аэронавигационные ориентиры, геодезическая съемка, спутники, координатная привязка, инфраструктура Арктики.

Арктические и субарктические территории обладают значительными запасами природных ресурсов. Однако их освоение затруднено по многим причинам, в том числе из-за удаленности этих малонаселенных территорий от основных промышленных и населенных центров страны, а также из-за низкого уровня развития транспортной инфраструктуры. Контроль любой деятельности на указанных территориях, включая активизирующееся освоение природных ресурсов, выявление и тушение лесных, торфяных пожаров на осушенных территориях и т.п., невозможно эффективно осуществлять без организации устойчивого

авиационного сообщения. Учитывая слабую сеть наземных транспортных путей сообщения на субарктических территориях, воздушные перевозки с широким использованием малой авиации приобретают особую значимость.

Рациональное применение авиамониторинга территорий в сочетании с космическими технологиями [1, 2, 5] позволит значительно повысить качество управленческих решений при оперативной деятельности, особенно в чрезвычайных ситуациях. В Институте леса им. В.Н. Сукачева СО РАН создано учение о природе лесных пожаров. Большая роль при решении задач своевременного выявления и тушения

лесных пожаров отведена авиации. Использование развитой сети аэродромов при тушении лесных пожаров в труднодоступных районах без дорог [2] позволит значительно снизить себестоимость пожарных работ и повысить их эффективность.

О необходимости поддержания соответствующего технического состояния аэродромов, которые являются дорогостоящими объектами, и расширения их сети свидетельствует известный инцидент, произошедший 7 сентября 2010 г. с самолетом Ту-154, совершившим вынужденную посадку в Республике Коми на длительно неэксплуатируемый аэродром пос. Ижма. К сожалению, случаи вынужденных посадок самолетов известны и в Арктическом регионе, например, при обслуживании объектов нефтегазового сектора вахтовым методом. Это свидетельствует о необходимости восстановления заброшенных и модернизации эксплуатируемых аэродромов на арктических и субарктических территориях не только для быстрого транспортирования людей и грузов, но и для мониторинга природных и промышленных объектов, эффективной борьбы с лесными и торфяными пожарами, а также другой подобной деятельности.

В Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Северный (Арктический) федеральный университет» (С(А)ФУ) в ноябре 2010 г. была завершена разработка инновационного проекта технологической платформы «Развитие инфраструктуры арктических и субарктических территорий для безопасного освоения ресурсов и повышения качества жизни населения» (краткое название – «Инфраструктура Арктики»), в реализации которого согласились принять участие ведущие науч-

ные, образовательные, проектные и производственные организации Архангельской и Мурманской областей, Ненецкого автономного округа, Республики Коми, Москвы и Санкт-Петербурга.

В декабре 2010 г. для практической реализации одного из важных направлений предложенного инновационного проекта технологической платформы в С(А)ФУ была разработана долгосрочная региональная программа комплексных обследований существующих на Севере аэродромов, включая заброшенные, с целью последующего их восстановления. После соответствующих согласований университет заключил соглашение о стратегическом инновационном сотрудничестве с Архангельским межрегиональным территориальным управлением воздушного транспорта Федерального агентства воздушного транспорта (АРХ МТУ ВТ ФАВТ) по оказанию высокотехнологичных инжиниринговых и образовательных услуг по подготовке специалистов для строительства и обслуживания аэродромов в холодном климате. Важнейшим этапом этой многопрофильной работы по развитию инфраструктуры арктических и субарктических территорий является выполнение специалистами С(А)ФУ геодезической съемки на соответствующих территориях аэродромов, в том числе и под воздушными трассами на северо-западной части Российской Федерации, в соответствии с требованиями Международной организации гражданской авиации (ИКАО) [6]. Первым объектом комплексного обследования стал аэродром в Котласе. В состав геодезических групп включены аспиранты и студенты, которые уже в процессе обучения приобретают опыт работы на сложном оборудовании, применяя на практике наукоемкие космические технологии и получая дополнительный доход.

На территории Архангельской области и Ненецкого автономного округа расположены 43 аэродрома. Координатная привязка аэродромов и препятствий в соответствии с требованиями ИКАО проведена лишь на четырех из них. Взлетно-посадочные полосы выполнены: из железобетонных аэродромных плит – 5, асфальтобетона – 1, металлических плит – 5, грунтовые – 32.

Известно, что каждые 5 лет необходимо производить геодезическую съемку препятствий в районе аэродромов. Например, в Котласе на основании результатов предыдущего геодезического обследования пришлось удалить высокие деревья на территории городского кладбища, расположенного по линии взлетно-посадочной полосы аэродрома. Методика съемки аэродромов и препятствий включает построение опорных сетей аэродромов с привязкой к Всемирной геодезической системе координат WGS-84 (ITRF); определение аэронавигационных данных ориентиров на аэродромах и воздушных трассах; выполнение топографической съемки; определение местоположений и высот препятствий в зонах захода на посадку и взлета, а также в зоне визуального маневрирования.

Определение координат аэронавигационных ориентиров и препятствий на аэродромах и воздушных трассах выполняется в WGS-84 (ITRF) и в государственной системе координат ПЗ-90.02, используемой в отечественной спутниковой навигационной системе ГЛОНАСС. Высоты ориентиров и препятствий необходимо определять как геодезические в указанных геоцентрических системах, так и ортометрические в EGM-96 и нормальные в Балтийской системе высот 1977 г. [3, 4]. Кроме того, координаты и высоты препятствий представляются в системе координат аэродрома.

Опорная сеть аэродрома строится с помощью спутниковых определений и включает как минимум четыре пункта с минимальным расстоянием между ними 500 м. При этом привязка одного опорного пункта производится непосредственно к пунктам международной сети ITRF. В качестве исходных используются не менее трех пунктов сети ITRF. Точность определения (предельные ошибки) координат опорных пунктов и координат взлетно-посадочных полос: по широте и долготе – не более 1 м, по высоте – не более 0,25 м.

Спутниковые определения производятся двухчастотными приемниками Leica Viva GS10 (Leica Geosystems, Швейцария) в неперекрывающиеся интервалы времени в два-три сеанса по 3...12 ч. Для обработки спутниковых данных используются программные продукты GrafNav/GrafNet (NovAtel Inc., Канада), Giodis (Javad GNSS, США).

Съемочная сеть создается также с помощью спутников как минимум от двух пунктов опорной сети. Относительно пунктов опорных и съемочных сетей выполняется координация аэронавигационных ориентиров и препятствий. Навигационные средства на аэродроме требуют привязки с точностью 3 м по широте и долготе и 1 м по высоте. Точки осевых линий рулежных дорожек и стоянки воздушных судов определяются с точностью 0,5 м.

В тех случаях, когда установка спутникового геодезического приемника в точку привязки невозможна, определение координат и высот выполняется с помощью безотражательных электронных тахеометров Sokkia-SET230R и SokkiaSET550RX-L. Превышения ориентиров и препятствий относительно пунктов съемочной сети определяются методом тригонометрического нивелирования. При этом в качестве исходных применяются два пункта съемочной сети.

Для определения ортометрических высот ориентиров и препятствий используются результаты уравнивания спутниковых определений и модель геоида EGM-96. Для определения нормальных высот в Балтийской системе выполняется нивелирование от реперов нивелирной сети или создается локальная модель геоида (квазигеоида) по результатам спутниковых определений на пунктах нивелирной сети.

Выводы

1. По результатам геодезической съемки аэродромов и препятствий с использованием спутниковых систем и другого высокотехнологичного оборудования осуществляется построение актуальных опорных сетей аэродромов с привязкой к Всемирной геодезической системе координат.

2. В состав геодезических групп включены аспиранты и студенты С(А)ФУ, которые на практике получают навыки применения сложного оборудования и наукоемких космических технологий, а также дополнительный доход к стипендиям.

3. Обосновано, что восстановление на арктических и субарктических территориях заброшенных аэродромов и модернизация эксплуатируемых аэродромов даст толчок к развитию малой авиации и позволит быстро транспортировать людей и грузы, а также вести мониторинг природных и промышленных объектов, эффективную борьбу с лесными и торфяными пожарами и т.п.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Варфоломеев Ю.А., Гурьев А.Т., Алешко Р.А. Методические и технические аспекты космического мониторинга биоповреждения и усыхания еловых лесов // Лесн. журн. 2010. № 5. С. 149–156. (Изв. высш. учеб. заведений).

2. Высокотехнологичное проектирование строительства и реконструкции дорог с непрерывным жизненным циклом в лесах с биоповреждениями / Варфоломеев Ю.А. [и др.] // Лесн. журн. 2010. № 6. С. 145–152. (Изв. высш. учеб. заведений).

3. Информационно-методическое письмо №8 по вопросам организации и проведения геодезической съемки аэронавигационных ориентиров и препятствий на гражданских аэродромах и воздушных трассах России в геоцентрических системах координат ПЗ-90.02 (WGS-84). ФГУП «ГосНИИ «Аэронавигация».

4. Методические рекомендации по проведению геодезической съемки АНО на гражданских аэродромах и воздушных трассах России: Приложение к распоряжению Минтранса России № КР-14-р от 4 апр. 2003 г.

5. Пономарев Е.И., Буряк Л.В. Исследование применимости съемки со спутников серии ДМС для мониторинга нарушенности лесов // География и природные ресурсы. 2007. № 4. С. 3–11.

6. Руководство по всемирной геодезической системе – 1984 (WGS-84). Doc 9674 – AN/946. ICAO, 2002.

Yu.A. Varfolomeev, I.V. Klepikov, V.V. Rylshchikov

Northern (Arctic) Federal University

High-technology Geodetic Equipment of Airdromes in the North

The actual character of neglected airdromes recovery and modernization of operating ones in the Arctic and Subarctic territories is justified for transporting people and cargo, monitoring of natural and industrial objects, forest and peat fire control, etc. The geodetic surveying technique for airdromes and obstacles is offered by using satellite systems and other high-technology equipment. The basic network of reference points is built for airdromes related to the Global Geodesic Coordinate System.

Keywords: airdromes, obstacles, air navigation reference points, geodetic surveying, satellites, coordinate reference, infrastructure of the Arctic.