

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

АРХАНГЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

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

5

2008

ИЗДАТЕЛЬ – АРХАНГЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Главный редактор – д-р хим. наук, проф. **О.М. Соколов**

Заместители главного редактора:

д-р техн. наук, проф. **А.Л. Невзоров**, д-р экон. наук, проф. **Е.С. Романов**,

д-р техн. наук, проф. **С.И. Морозов**

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

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 с.-х. наук, проф. **Е.Н. Наквасина**, канд. с.-х. наук, доц. **О.А. Неволин**, д-р техн. наук, проф. **А.Н. Обливин**, д-р техн. наук, проф. **А.В. Питухин**, д-р хим. наук, проф. **Д.А. Пономарев**, д-р с.-х. наук, проф. **Е.М. Романов**, д-р с.-х. наук, проф. **В.П. Рябчук**, д-р техн. наук, проф. **Э.Н. Сабуров**, д-р биол. наук, проф. **Е.Н. Самошкин**, д-р техн. наук, проф. **В.Г. Санаев**, д-р биол. наук, проф. **А.В. Селиховкин**, д-р техн. наук, проф. **В.В. Сергеевичев**, д-р техн. наук, проф. **В.А. Суслов**, д-р техн. наук, проф. **Ф.Х. Хакимова**, д-р техн. наук, проф. **В.Я. Харитонов**, д-р с.-х. наук, проф. **А.И. Чернодубов**, д-р с.-х. наук, проф. **Г.А. Чибисов**, д-р техн. наук, проф. **Ю.А. Ширнин**, проф. **Х.-Д. Энгельманн**

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

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 5

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

Сдан в набор 21.11.2008. Подписан в печать 29.12.2008. Заказ № 299
Форм. бум. 70×108 1/16. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 13,48. Усл. кр.-отт. 13,48.
Уч.-изд. л. 17,26. Тираж 1000 экз.
Архангельский государственный технический университет

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

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



СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- А.И. Лобанов, Г.С. Вараксин, В.И. Поляков, П.В. Черкашин, В.С. Литвинова.* Опыт выращивания лиственничных полезащитных лесных полос на черноземах аридной зоны Средней Сибири..... 7
- Ф.М. Хабибуллина, Т.А. Творожникова, И. А. Лиханова.* Изменение состава микробиоты в ходе разложения опада посттехногенных экосистем средней тайги..... 13
- О.А. Неволин, С.В. Третьяков, О.О. Еремина.* Динамика высокопродуктивных сосново-березовых насаждений..... 21
- Н.А. Прожерина, Е. Н. Наквасина.* Внутри- и межвидовые метаболические особенности у лиственницы при адаптации на Севере..... 30
- Л.Н. Анищенко.* Динамика сообществ бриофитов на ветровально-почвенных комплексах Брянского округа зоны широколиственных лесов..... 36
- А.В. Манов.* Строение древостоев притундровых ельников европейского Северо-Востока..... 43

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

- А.С. Миляев.* Прочностные расчеты конструкций зимних лесовозных автомобильных дорог методом конечных элементов..... 52
- А.А. Карякин.* К определению запасов древесины на складах лесоперерабатывающих предприятий..... 61
- О.Н. Галактионов.* Применение метода линейных пересечений при оценке объемов отходов лесозаготовок..... 66
- А.А. Попов.* Методика проведения опытов по контактному сжатию двух тел... 72

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

- В.Г. Уласовец.* Раскрой боковой зоны бревен на доски одинаковой толщины... 77
- С.М. Плотников.* Исследование вращательного движения древесных частиц в ориентирующем устройстве..... 82
- Л.С. Суровцева, О.А. Лисицына.* Эффективность процесса производства пиломатериалов..... 87
- А.А. Лукаш.* Технологические особенности изготовления рельефной фанеры... 91
- Л.В. Кремлева, В. И. Малыгин.* К вопросу о динамической устойчивости ленточных пил..... 96

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- Ф.Х. Хакимова, Т.Н. Ковтун, Р.Р. Хакимов.* Обессмоливание целлюлозы поверхностно-активными веществами на стадии бисульфитной варки..... 108
- Э.И. Гермер.* Современная концепция экологического нормирования технологических процессов ЦБП и возможные пути ее реализации в России. 3. Проблемы нормирования твердых отходов и побочных производств; о лимитах и получении комплексного разрешения на природопользование. 113
- Л.Н. Григорьев, И.Н. Анушин, О.А. Шанова, Д.А. Костина.* Адсорбционная очистка воздуха от диоксида серы при низких концентрациях..... 122

- Ю.Г. Хабаров, Н.Д. Камакина, В.А. Вешняков. Фотометрический метод количественного определения редуцирующих сахаров в растворах..... 129

ИСТОРИЯ НАУКИ

- Г.А. Чибисов. Северному научно-исследовательскому институту лесного хозяйства – 50 лет..... 135

- Н.А. Моисеев. Об истоках Архангельского института леса и лесохимии АН СССР (СевНИИЛХ)..... 138

- Филиал ФГУ «СПбНИИЛХ» – Северный НИИ лесного хозяйства, Архангельское отделение Общества почвоведения им. В.В. Докучаева, Архангельский центр Русского географического общества. Памяти Анатолия Леонидовича Паршевникова..... 146

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

- Н.А. Бабич, В.Ф. Цветков. Солидное учебное пособие 148

- А.В. Пластинин. Полезная и ценная книга..... 149

ЮБИЛЕИ

- Е.Н. Виноградов, В.Г. Лисиенко – 75 лет..... 151



CONTENTS

FORESTRY

- A.I. Lobanov, G.S. Varaksin, V.I. Polyakov, P. V. Cherkashin, V.S. Litvinova. Experience of Growing Larch Shelterbelt Forests in Chernozem Arid Zone of Middle Siberia..... 7
- F.M. Khabibullina, T.A. Tvorozhnikova, I. A. Likhanova. Change of Microbiota Composition in Process of Tree Waste Decay in Post-anthropogenic Ecosystems of Middle Taiga..... 13
- O.A. Nevolin, S.V. Tretyakov, O.O. Eremina. Dynamics of High-yield Pine-and-birch Stands..... 21
- N.A. Prozherina, E.N. Nakvasina. Intra- and Interspecies Metabolic Peculiarities of Larch under Adaptation to North..... 30
- L.N. Anishchenko. Briophyte Community Dynamics on Windfall-soil Complexes in Bryansk Area of Broad-leaved Forest Zone..... 36
- A.V. Manov. Forest Stands Structure of Pre-tundra Spruce Forests in European North-East..... 43

WOODEXPLOITATION

- A.S. Milyaev. Strength Design Calculations for Winter Wood Tracks by Finite Element Method..... 52
- A.A. Karyakin. To Determination of Timber Stocks in Storages of Woodworking Mills..... 61
- O.N. Galaktionov. Application of Linear Crossing Method in Assessment of Logging Wastes Volumes..... 66
- A.A. Popov. Technique of Experiment Conduction on Contact Compression of Two Bodies..... 72

MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOODSCIENCE

- V.G. Ulasovets. Sawing of Side Log Zone into Boards of Similar Thickness..... 77
- S.M. Plotnikov. Study of Rotation Movement of Wood Particles in Orientation Device..... 82
- L.S. Surovtseva, O.A. Lisitsyna. Efficiency of Sawed Timber Production Process... 87
- A.A. Lukash. Technological Characteristics of Producing Relief Plywood..... 91
- L.V. Kremleva, V.I. Malygin. To Question on Dynamic Stability of Band Saws..... 96

CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD

- F.Kh. Khakimova, T.N. Kovtun, R.R. Khakimov. Pulp Deresination by Surfactants at Bisulfite Pulping Stage..... 108
- E.I. Hermer. Modern Concept of Ecological Rationing of PPP Technological Processes and Possible Ways of its Realization in Russia. 3. Problems of Solid Wastes Rationing and By-production; on Restrictions and Obtaining Complex Permission for Nature Management..... 113

-
- L.N. Grigorjev, I.N. Anushin, O.A. Shanova, D.A. Kostina.* Adsorption Refining of Air Sulfur Dioxide at Low Concentrations..... 122
- Yu.G. Khabarov, N.D. Kamakina, V.A. Veshnyakov.* Photometric Method of Quantitative Determination of Reducing Carbohydrates in Solutions

HISTORY OF SCIENCE

- G.A. Chibisov.* Northern Research Institute of Forestry is 50 Years Old..... 135
- N.A. Moiseev.* On Background of Arkhangelsk Institute of Forest and Forestchemistry of USSR Academy of Sciences (NRIF)..... 138
- Branch of FSI «SPbRIF» – Northern Research Institute of Forestry, Arkhangelsk Branch of Soil Scientists' Association Named after V. V. Dokuchaev, Arkhangelsk Centre for Russian Geographic Association. In memory of Anatoly L. Parshevnikov..... 146*

CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY

- N.A. Babich, V.F. Tsvetkov.* Sound Textbook..... 148
- A.V. Plastinin.* Useful and Valuable Book..... 149

JUBILEES

- E.N. Vinogradov, V.G. Lisienko – 75 Years Old..... 151*
-



УДК 630*266

***А.И. Лобанов, Г.С. Вараксин, В.И. Поляков,
П.В. Черкашин, В.С. Литвинова***

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН

Лобанов Анатолий Иванович родился в 1952 г., окончил в 1975 г. Сибирский технологический институт, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории искусственных лесных фитоценозов Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН. Имеет 102 печатные работы в области лесной фенологии, интродукции древесных растений и защитного лесоразведения.
E-mail: anatoly-lobanov@yandex.ru



Вараксин Геннадий Сергеевич родился в 1957 г., окончил в 1979 г. Сибирский технологический институт, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией искусственных лесных фитоценозов Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН. Имеет более 80 печатных работ в области лесоведения, лесных культур, лесной селекции, лесной таксации, биологической рекультивации, интродукции древесных растений и защитного лесоразведения.
E-mail: var@ksc.krasn.ru



Поляков Вадим Иванович родился в 1949 г., окончил в 1981 г. Марийский политехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории таксации и лесопользования Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН. Имеет более 40 научных работ по вопросам хода роста, продуктивности, товарности и устойчивости насаждений.
E-mail: vsokolov@forest.akadem.ru



Черкашин Павел Вячеславович родился в 1983 г., окончил в 2005 г. Красноярский государственный университет, аспирант, старший лаборант-исследователь лаборатории искусственных лесных фитоценозов Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН.
Тел: (3912) 494-130



Литвинова Валентина Сергеевна родилась в 1983 г., окончила в 2005 г. Сибирский государственный технологический университет, аспирант, старший лаборант-исследователь лаборатории искусственных лесных фитоценозов Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН.
Тел.: (3912) 494-130



ОПЫТ ВЫРАЩИВАНИЯ ЛИСТВЕННИЧНЫХ ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС НА ЧЕРНОЗЕМАХ АРИДНОЙ ЗОНЫ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

Проанализирован опыт выращивания различных конструкций лиственничных полезащитных полос в суровых экологических условиях аридной зоны Средней Сибири. Приведены показатели роста и сохранности лиственницы.

Ключевые слова: полезащитные лесные полосы, конструкции, приживаемость, сохранность.

В аридной зоне в общем комплексе мероприятий по интенсификации лесного и сельского хозяйства ведущая роль принадлежит защитным лесным насаждениям [2–4, 6]. Актуальность их создания подтверждена в Федеральной целевой программе «Экология и природные ресурсы России (2002–2010 гг.)», утвержденной Правительством РФ 7 декабря 2001 г., в которой мероприятия по лесоразведению намечены на площади 160 тыс. га [5].

Новая концепция и подходы к лесоразведению [1, 4] предусматривают разработку перспективных технологий выращивания полезащитных насаждений, а также использование в каждом агролесомелиоративном районе устойчивых местных и интродуцированных древесных видов.

Изучение опыта выращивания лесных полос и формирования их конструкций позволяет определить степень соответствия того или иного древесного вида условиям среды, установить оптимальные межполосные расстояния исходя из фактической высоты главных пород, обосновать способы выращивания лесополос, оценить долговечность и пути повышения их защитных свойств.

Более чем 40-летний научный опыт Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН в области защитного лесоразведения на черноземах аридной зоны Средней Сибири показал, что лесополосы из лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) – наиболее долговечной древесной породы в этих условиях – успешно растут, защищают почву от дефляции и повышают эффективность сельскохозяйственного производства [2, 6]. Однако биологическая устойчивость и сохранность полос разных конструкций в практике защитного лесоразведения Сибири изучена еще недостаточно, что затрудняет выбор оптимального варианта.

Цель настоящей работы – обобщить опыт выращивания лиственничных полезащитных полос разных конструкций на черноземах аридной Ширинской степи. Климат района исследований резко континентальный: среднегодовая температура воздуха $-0,4$ °С; амплитуда абсолютных температур достигает 85 °С при максимуме $+36$ °С и минимуме -49 °С; годовая сумма осадков 248 мм. Зимние и летние ветры имеют большую скорость, в результате в среднем 23 дн. в году наблюдаются пыльные бури. Преобладающими типами почв являются южные и обыкновенные черноземы.

Объектами исследований служили лиственничные полезашитные полосы плотной (№ 33а), вертикально-продуваемой (№ 29, 30, 33в₁, 46) и диагонально-крупносетчатой конструкции (№ 33б₁). Вертикально-продуваемую и диагонально-крупносетчатую конструкции формируют во время посадки: первую, равномерно размещая саженцы в шахматном порядке; вторую, исключая посадочные места из коридоров шириной 4 м, последовательно ориентированных под углами 27 и 153° к направлению полосы. Конструктивные особенности лесополос показаны в табл. 1.

Таблица 1

Конструктивные особенности лиственничных лесополос

№ полосы	Год и сезон посадки	Конструкция лесополосы	Схема размещения, м	Схема смешения по рядам	Почва и особенности ее обработки
33а	1987, осень	Плотная	4,0×1,5	Л-Л-Л-Л	Чернозем южный среднесуглинистый без щелевания
33в ₁	1987, осень	Вертикально-продуваемая	4,0×5,0	Л-Л-Л-Л	То же
29	1969, весна	«	2,0×6,0	Л-Л-Л-Л	Чернозем южный суглинистый без щелевания
30	1969, весна	«	2,0×6,0	Л-Л-Л-Л	Чернозем южный среднесуглинистый со щелеванием
46	1968, весна	«	2,0×6,0	Л-Л-Л-Л-Л	Чернозем обыкновенный среднесуглинистый со щелеванием
33б ₁	1987, осень	Диагонально-крупносетчатая	4,0×1,5	Л+КБ-Л-Л-Л+КБ	Чернозем южный среднесуглинистый без щелевания

Примечание. Л – лиственница сибирская; КБ – карагана Бунге.

Почву обрабатывали по системе 2-летнего черного пара с тремя культивациями за период вегетации, выполняя безотвальное рыхление почвы на глубину 40 ... 45 см в августе второго года парования, а под лесополосы 30 и 46 – по той же схеме, но со щелеванием на глубину до 60 см щелерезом конструкции Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН перед выпадением максимума летних осадков.

Защита посадок от повреждений мелкоземом достигнута предварительным ослаблением эрозии благодаря введению почвозащитного севооборота при полосном размещении сельскохозяйственных культур, применению противозерозионной агротехники и непосредственной защите с наветренной стороны кулисой из горчицы белой шириной 1 м.

В качестве посадочного материала использовали 2-летние сеянцы (лесополосы 29, 30, 46) и 3-летние саженцы (лесополосы 33а, 33б₁, 33в₁) лиственницы сибирской. Саженцы выращивали из семян, собранных в полезащитных насаждениях первого поколения, а сеянцы – из семян Сонского лесхоза Хакасии.

Для изучения хода роста и сохранности лесополос осенью 2004 г. в них были заложены пробные площади. Полевые работы выполнены в соответствии с техническими указаниями [6] и требованиями ОСТ 56-69–83 «Площади пробные лесоустроительные».

Из комплекса наблюдений за посадками наибольший интерес представляют сведения об их средних таксационных показателях (табл. 2).

Таблица 2

Показатели лиственницы в лесополосах

№ поло-сы	Способ посадки, кон-струкция лесополосы	Биологический возраст, лет	Площадь питания одного дерева, м ²	Высота, м	Диаметр на высоте 1,3 м, см
33а	Рядовой, плотная	20	6,0	6,0±0,09	10,8±0,31
33б ₁	То же, диагонально-крупносетчатая	20	8,1	6,5±0,12	12,8±0,44
33в ₁	Шахматный, вертикально-продуваемая	20	20,0	6,9±0,11	14,4±0,36

Так, если средняя высота 20-летней лиственницы в 4-рядной полосе (33а) плотной конструкции, заложенной рядовым способом, составляла 6,0 м, то в рядовой полосе диагонально-крупносетчатой конструкции (33б₁) – 6,5 м, а в полосе шахматного способа посадки вертикально-продуваемой конструкции (33в₁) – 6,9 м. Та же тенденция просматривается и при сравнении средних диаметров (100, 118 и 133 % соответственно). Различия между этими показателями в полосах достоверны ($t_{\phi} = 2,45 \dots 7,57 > t_{st} = 1,96$) и обусловлены главным образом влагообеспеченностью, напрямую связанной с площадью питания одного дерева.

Таблица 3

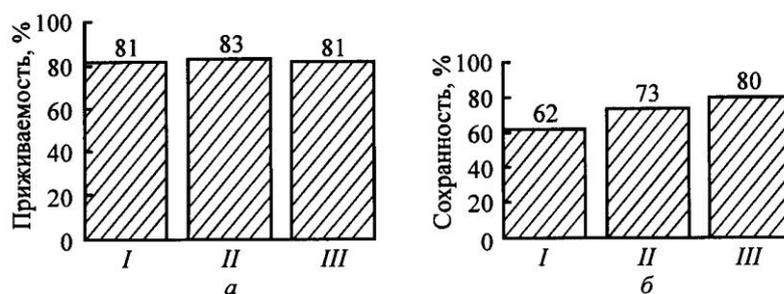
Коэффициенты вариации морфологических показателей лиственницы

Способ посадки, кон-струкция лесополосы	CV, %				
	по высоте	по диаметру на высоте 1,3 м	по ширине кроны		по высоте очищения от сучьев
			в ряду	между рядами	
Рядовой, плотная	9,3	18,1	27,5	22,9	67,9
То же, диагонально-крупносетчатая	10,6	20,3	28,4	19,3	48,9
Шахматный, вертикально-продуваемая	10,1	16,4	16,9	18,7	38,7

Изменчивость морфологических показателей 20-летней лиственницы в лесополосах на южных черноземах с разными схемами размещения деревьев и видами конструкций весьма различна (табл. 3).

Низкий уровень изменчивости ($CV = 9,3 \dots 10,6 \%$) имеет высота деревьев, средний ($CV = 16,4 \dots 20,3 \%$) – таксационный диаметр (независимо от схем размещения и конструкций лесополос), а высокий и очень высокий характерен для морфологических признаков крон деревьев. Так, изменчивость высоты очищения их от сучьев увеличивается от сильной ($CV = 38,7 \%$) в шахматной лесополосе вертикально-продуваемой конструкции, посаженной по схеме $4,0 \times 5,0$ м, до очень сильной ($CV = 67,9 \%$) в рядовой лесополосе плотной конструкции с размещением деревьев $4,0 \times 1,5$ м. В этом же направлении возрастают коэффициенты вариации ширины крон деревьев. Изменчивость всех показателей увеличивается с густотой посадки, что объясняется обострением конкуренции между деревьями за свет, а особенно за почвенную влагу и минеральное питание.

Способность адаптации лиственницы к условиям аридной Ширинской степи хорошо характеризует приживаемость и сохранность посадок. Результаты инвентаризации 2004 г. показали, что сохранность лесополос на южных черноземах зависит от густоты посадки, конструкции лесополос и варьирует от 62 до 80 % (см. рисунок). Так, при густоте 1667 шт./га (33а) сохранность лиственницы через 17 лет после посадки составляла 62, при густоте 500 шт./га (33в₁) – 80 %. На сохранность лиственницы в немалой степени повлияли и многократные повреждения молодых растений орудиями обработки в процессе агротехнических уходов. Следовательно, в степных условиях, где растения испытывают общий недостаток влаги, запасы которой пополняют при регулярных агротехнических уходах, увеличение густоты посадки и невнимательное проведение самих уходов приводят к снижению сохранности защитных полос и их экономической эффективности. В целом же причинами уменьшения сохранности посадок, кроме нарушений агротехники выращивания, являются засухи, пожары, пыльные бури, потравы скотом и самовольные рубки.



Приживаемость (а) и сохранность (б) 20-летней лиственницы в полосах разных конструкций: I – плотная; II – диагонально-крупносетчатая; III – вертикально-продуваемая

Не меньший научный и практический интерес представляют сведения о сохранности лиственницы в лесополосах, обработанных по технологиям со щелеванием почвы (30, 46) и без него (29). В лесополосах вертикально-продуваемой конструкции с шахматным размещением деревьев и густотой посадки 833 шт./га при обработке почвы со щелеванием сохранность лиственницы на южном черноземе составила 86, на обыкновенном – 72, на южном без щелевания – только 22 %.

Таким образом, система обработки почвы (со щелеванием или без него), густота посадки, конструкция лесополосы, регулярность и качество агротехнических уходов являются важнейшими факторами успешного роста и сохранности лиственницы в степных насаждениях. Чрезмерная густота посадки (более 1500 шт./га) в аридной зоне, где растения испытывают общий дефицит влаги, приводит к резкому снижению сохранности насаждений, ухудшению их состояния и потере защитных функций.

В заключение отметим, что при проектировании и выращивании агрономически эффективных конструкций лиственничных лесополос на пахотных черноземах в аридной зоне Средней Сибири предпочтение следует отдавать вертикально-продуваемой и диагонально-крупносетчатой конструкциям. Полезащитные насаждения таких конструкций на землях сельскохозяйственных предприятий следует размещать поочередно, что связано с их мелиоративными свойствами в разные по обилию снега годы. Эти лесные полосы в отличие от рядовых посадок плотной конструкции растут быстрее, имеют хорошую сохранность, не требуют уходов и, следовательно, имеют повышенную агроэкономическую эффективность. От загущенных полосных посадок плотной конструкции на степных пахотных землях следует полностью отказаться.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Жданов, Ю.М.* Концептуальные подходы технологического и технического обеспечения агролесомелиорации России на период до 2010 г. [Текст] / Ю.М. Жданов // Лесн. хоз-во. – 2005. – № 1. – С. 12–13.
2. *Лобанов, А.И.* Пути повышения качества и эффективности защитных лесных насаждений в степях Средней Сибири [Текст] / А.И. Лобанов // Структурно-функциональная организация и динамика лесов: матер. Всерос. конф. – Красноярск: ИЛ СО РАН, 2004. – С. 60–62.
3. *Лобанов, А.И.* Технология создания древесно-кустарниковых насаждений диагонально-крупносетчатой конструкции на подверженных дефляции землях [Текст] / А.И. Лобанов // Защитное лесоразведение по природным районам СССР. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1991. – Вып. 2 (103). – С. 56–60.
4. *Маттис, Г.Я.* Новая концепция лесоразведения в аридной зоне [Текст] / Г.Я. Маттис // Лесомелиорация и адаптивное освоение аридных территорий. – Волгоград, 2000. – С. 15–16.
5. *Новосельцева, А.И.* Долгосрочная программа лесовосстановления в лесном фонде Российской Федерации [Текст] / А.И. Новосельцева // Лесн. хоз-во. – 2003. – № 3. – С. 49–51.

6. Технические указания по проведению инвентаризации лесных культур, защитных лесных насаждений, питомников, площадей с проведенными мерами содействия естественному возобновлению леса и вводу молодняков в категорию ценных древесных насаждений [Текст]. – М.: Гослесхоз СССР, 1990. – 80 с.

Поступила 24.02.06

A.I. Lobanov, G.S. Varaksin, V.I. Polyakov, P.V. Cherkashin, V.S. Litvinova

Forest Institute named after V.N. Sukacheva Siberian Branch of RAS

Experience of Growing Larch Shelterbelt Forests in Chernozem Arid Zone of Middle Siberia

Experience of growing larch shelterbelt forests of different design in the rigorous ecological conditions of arid zone of Middle Siberia is analyzed. Larch growth and conservation parameters are provided.

Keywords: shelterbelt forests, design, survival, conservation.

УДК 582. 288:631.466. 1/2

Ф.М. Хабибуллина, Т.А. Творожникова, И.А. Лиханова

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Хабибуллина Флюза Мубараковна родилась в 1952 г., окончила в 1975 г. Московский государственный университет, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, докторант Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Имеет около 80 печатных работ в области микологии и фитопатологии.
E-mail: directorat@ib.komisc.ru



Творожникова Татьяна Александровна родилась в 1983 г., окончила в 2005 г. Сыктывкарский государственный университет, аспирант Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Имеет 2 печатные работы в области ботаники, экологии.
E-mail: directorat@ib.komisc.ru



Лиханова Ирина Александровна родилась в 1978 г., окончила в 2000 г. Сыктывкарский государственный университет, кандидат биологических наук, научный сотрудник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Имеет 20 печатных работ в области лесной рекультивации нарушенных земель на Крайнем Севере.
E-mail: directorat@ib.komisc.ru



ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА МИКРОБИОТЫ В ХОДЕ РАЗЛОЖЕНИЯ ОПАДА ПОСТТЕХНОГЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ

Изучены микромицеты опада и органогенного слоя почвы двух посттехногенных сообществ – травянистого и ольшаника, сформировавшихся на техногенном суглинистом субстрате. Установлено, что численность всех физиологических групп микроорганизмов как в растительном опаде, так и в органогенных слоях почв обоих сообществ увеличивалась в весенний период и уменьшалась в осенний.

Ключевые слова: микробиота, микромицеты, деструкция растительного опада, физиологические группы микроорганизмов.

Ежегодное возрастание площади земель, нарушенных в результате хозяйственной деятельности человека, требует изучения основных компонентов посттехногенных экосистем, в том числе микробоценоза. Основная роль микробного комплекса – деструкция поступающего органического вещества, существенная доля которого приходится на растительный опад. Первичными колонизаторами растительного опада в биогеоценозах Севера являются грибы. Успешно осуществлять деструкцию растительного вещества позволяет их мощный и разнообразный ферментативный аппарат; высокая радиальная скорость роста; способность утилизировать трудноминерализуемые вещества при низких температурах [4, 7]. В связи с тем, что мик-

ромицеты, разлагающие растительный опад, изучены недостаточно, необходимы исследования в данном направлении.

Цель настоящей работы – изучить состав и количество микроорганизмов, участвующих в разложении опада; определить состав микробиоты в органогенном слое; рассмотреть сезонную сукцессию микромицетов, участвующих в минерализации растительных остатков в посттехногенных экосистемах среднетаежной зоны Республики Коми.

Исследования проводили в 2002 – 2004 гг. на стационарном участке лаборатории проблем природовосстановления Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Участок находится в 17 км к юго-западу от г. Сыктывкара, в верхней части пологого склона водораздельного возвышения. Объекты исследования – два сообщества, расположенные вдоль автодороги и образованные в процессе самозарастания техногенного суглинистого субстрата (покровные отложения, вскрытые при прокладке дороги).

Первое сообщество – ольшаник. Древостой представлен ольхой серой. Возраст 20 ... 25 лет, высота 5 ... 8 м, сомкнутость крон 0,9 ... 1,0. Единично встречается береза пушистая. Напочвенный покров представлен 33 видами сосудистых растений, среди которых преобладают хвощ лесной и звездчатка ланцетолистная. Новообразованная лесная (неоподзоленная) суглинистая почва характеризуется наличием рыхлой подстилки, в нижней части гумусированной до 5 см. Под подстилкой буровато-коричневый суглинок.

Второе сообщество – разнотравно-злаковое. В нем доминируют полевица гигантская, тимофеевка, щучка дернистая, вейники седеющий и пурпурный. В последние десять лет участок начали колонизировать древесные растения – березы пушистая и повислая, ива козья, осина, сосна обыкновенная. Высота их варьирует от 0,5 до 3,0 м. Под воздействием разнотравно-злакового травостоя сформировалась одернованная суглинистая новообразованная почва, характеризующаяся выраженным дерновым слоем мощностью до 10 см.

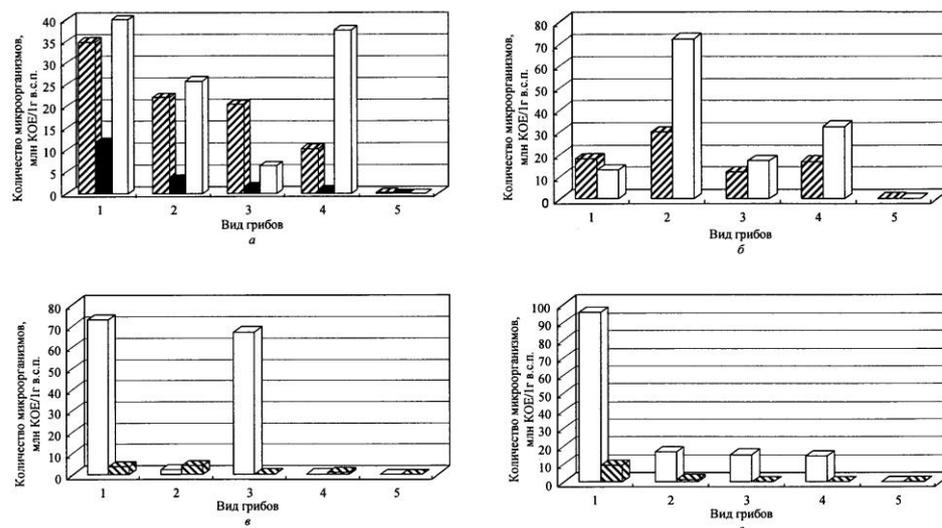
В данных сообществах изучали микобиоту растительного опада и органогенного слоя почвы. Образцы опада закладывали осенью 2002 г. и отбирали поэтапно: весной 2003, осенью 2003 и весной 2004 г. в трех повторностях. Пробы почвы отбирали в весенний и осенний периоды 2004 г. также в трех повторностях. Микробиологический анализ образцов проводили с помощью общепринятых методов [1, 2, 6], идентификацию микромицетов – по определителям таксономических групп грибов.

Микробиота опада и почв ольшаника. В ольшанике количество ежегодно поступающего растительного опада колебалось от 165 до 285 г/м², причем в нем преобладала листовая фракция. Видовой состав микромицетов, разлагающих опад, в зависимости от степени его деструкции и сезонных условий сильно различался. Так, весной 2003 г. (через 9 мес. разложения) в опаде выделено 7 видов микромицетов, принадлежащих к 6 родам из 3 классов. Класс *Zygomycetes* представлен родом *Mucor*, класс *Coe-*

lomyces – родом *Phoma*, класс *Hyphomycetes* – родами *Penicillium*, *Trichoderma*, *Aureobasidium*, а также *Mycelia sterilia*. По мере разложения видовое богатство микромицетов в опаде повышалось. Осенью 2003 г. (через 11 мес. после закладки опыта) выделено 11 видов микромицетов, принадлежащих к 8 родам класса *Hyphomycetes*: *Chrysosporium*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Aspergillus*, *Diheterospora*, *Cephalosporium*, *Aureobasidium*, *Fusarium*, весной 2004 г. (через 17 мес. разложения опада) – 16 видов микромицетов, относящихся к 11 родам из 2 классов. Класс *Zygomycetes* представлен родом *Mortierella*, класс *Hyphomycetes* – 10 родами из 2 семейств: *Moniliaceae*, *Tuberulariaceae*, а также темно- и светлоокрашенным стерильным мицелием из порядка *Mycelia sterilia*.

По мере разложения опада существенно изменялось обилие микромицетов. Весной 2003 г. в разлагающемся опаде ольшаника наиболее обильными являлись роды *Phoma* (64 %), *Penicillium* (6 %), а также *Mycelia sterilia* (24 %). К осени этого же года высокое развитие получают рода *Chrysosporium* (41 %), *Aspergillus* (30 %), *Trichoderma* (8 %), а также *Mycelia sterilia* (10 %). При последующем разложении весной следующего года отмечено преобладание родов *Sepedomium* (45 %), *Stachybotris* (35 %), *Fusarium* (12 %), которые активно участвовали в разложении лигнина, уменьшалось обилие *Mycelia sterilia* (0,4 %) и *Penicillium* (3 %). Эту закономерность изменения видов микромицетов при переходе от сезона к сезону подтвердили В.И. Билай и др. [3]. В весенний период на опавших листьях и хвое в лесах Крыма и Карпат преобладали виды родов *Stachybotris*, *Penicillium* и др., в осенний – *Trichoderma* и др.

Анализ изменения количества микроорганизмов в разлагающемся опаде показал их высокую численность в образцах, отобранных весной 2003 г., причем максимум отмечен у аммонификаторов (см. рисунок). В этой группе микроорганизмов выделено 3 вида микромицетов: *Aspergillus ochraceus* Wilhelm, *Chrysosporium merdarium* (Link) Carmichael, *Ch. pannorum* (Link) Hughes. Также наблюдалась высокая численность сахаролитиков и олигонитрофилов. Сахаролитические микромицеты представлены *Penicillium purpurogenum* Stoll, *Chrysosporium meridianum*, *Ch. pannorum*, *Fusarium oxysporum* Schlecht. emend. Snyder et Hansen, *Mycelia sterilia*, *Aspergillus* sp. Целлюлозолитики были в меньшем количестве и представлены *Chrysosporium pannorum* – видом с широкой экологической амплитудой, растущим на разнообразных источниках питания. В данных образцах, разлагавшихся в течение 9 мес., численность аммонификаторов превосходила численность нитрификаторов, что свидетельствует о незначительной степени минерализации растительных остатков.



Количественный и качественный состав микроорганизмов в разлагающемся опаде (а, б) и органогенном слое почвы (в, г): а, в – ольшаник; б, г – травяное сообщество; 1 – аммонификаторы, 2 – олигонитрофилы, 3 – сахаролитики, 4 – нитрификаторы, 5 – целлюлозолитики; □ – весна 2003 г., ▨ – осень 2003 г., □ – весна 2004 г., ▨ – осень 2004 г.

К осени 2003 г. количество микроорганизмов значительно уменьшилось (см. рисунок). При этом также преобладали аммонификаторы. Примерно одинакова численность олигонитрофилов и нитрификаторов. Целлюлозолитиков было меньше всего. Среди гетеротрофов выделены *Penicillium* sp., *P. velutinum* J.F.H. Beuma, *Trichoderma viride* Persoon ex Fries., *Aureobasidium pullulans* (d. By) Arn., *Mucor globosus* P. Micheli, *Mycelia sterilia*, среди сахаролитиков – *Phoma* sp., целлюлозолитиков – *Mycelia sterilia*.

В отобранных весной 2004 г. образцах опада, период разложения которых был свыше 17 мес., в отличие от предыдущих образцов с меньшим сроком разложения, наблюдалось значительное увеличение численности нитрификаторов. Это подтверждает высокую к этому времени степень минерализации растительных остатков. Значительно увеличилось количество целлюлозолитиков и олигонитрофилов. Среди микроорганизмов, употребляющих минеральные формы азота, выделены *Penicillium jensenii* K.M. Zalessky, *Aureobasidium pullulans*, *Monilia grisea* Daszewska, *Fusarium* sp., *Mycelia sterilia*, среди аммонификаторов – *Stachybotrys parvispora* Hughes, *Sepedonium albo-griseum* Balfour-Browne, *Mycelia sterilia*, *Fusarium* sp.; олигонитрофилов – *Penicillium velutinum* Terui & Shibas, *Aspergillus tamari* Kita, *Mycelia sterilia*, *Monilia koningii* Oudem., *Chrysosporium pannorum*, *Ch. merdarium*; сахаролитиков – *Oospora sulphurea*, *Rhizoctonia* sp., *Mycelia sterilia*; целлюлозолитиков – *Mortierella ramanniana* (A. Moller) Linnem., *M. verticil-*

lata Linnem., *Sepedonium albo-griseum*, *Penicillium canescens* Sopp, *Mycelia sterilia*.

В органогенном слое почвы ольшаника по сравнению с опадом выделено значительно меньшее количество грибов, всего 13 видов микромицетов из 3 классов – *Zygomycetes*, *Ascomycetes* и *Hyphomycetes*, из них 10 видов – в весенних образцах 2004 г., 6 – в осенних образцах этого же года.

В весенних образцах почвы были выделены виды, принадлежащие родам *Aspergillus*, *Penicillium*, *Phoma*, *Chaetomium*, *Cladosporium*. Среди типичных часто встречаемых микромицетов можно отметить *Chaetomium globosum* Kunze и *Cladosporium herbarum* (Pers.) Link, которые являются активными целлюлозолитиками [8]. Наиболее обильными в почве ольшаника весной 2004 г. были грибы, принадлежащие родам *Penicillium* (55 %), *Paecilomyces* (27 %). В осенний период преобладали грибы рода *Penicillium* (92 %), их обилие значительно возросло по сравнению с весенними образцами почвы.

Анализ численности основных физиологических групп микроорганизмов показал, что наибольшее количество микроорганизмов в весенний период наблюдалось в группе аммонификаторов и сахаролитиков, микромицеты которых представлены в основном родом *Penicillium*. Численность олигонитрофилов и целлюлозолитиков была невысокой, причем микромицеты этих физиологических групп были соответственно представлены *Penicillium jensenii*, *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samson, *Aspergillus ochraceus* G. Wilh. и *Chaetomium globosum*, *Chrysosporium pannorum*, *Cladosporium foecundisimum* Link., *Phoma* sp.

В осенних образцах максимальная численность отмечена у олигонитрофилов, немного меньшая – у аммонификаторов, низкая – у нитрификаторов: *Penicillium simplicissimum* (Oud.) Thom, *Mycelia sterilia*, *Cladosporium herbarum*. Количество сахаролитических и целлюлозолитических микроорганизмов самое низкое, микромицеты этих групп соответственно представлены *Mycelia sterilia*, *Penicillium expansum* Link и *Mortierella alpina* Peyronel.

При сравнении изменения численности почвенных микромицетов 2 необходимо отметить значительное снижение в осенний период численности аммонификаторов и сахаролитиков и возрастание численности олигонитрофилов, целлюлозолитиков и нитрификаторов. Это свидетельствует о преимущественном использовании органических форм азота и, следовательно, о более активном разложении опада в весенний период [3].

Результаты исследований в травяном сообществе. По сравнению с ольшаником количество опада в данном сообществе было немного больше и составляло 323 ... 445 г/м² за год. Через 9 мес. после закладки опыта в деструкции опада принимали участие 5 видов микромицетов, относящихся к 4 родам класса *Hyphomycetes* – *Chrysosporium*, *Aspergillus*, *Aureobasidium*, *Torula*, а также *Mycelia sterilia*. В образцах опада, отобранных весной 2004 г. (на 17-й месяц после разложения), выделено всего 2 вида микромицетов, принадлежащих к 2 родам класса *Hyphomycetes* –

Stachybotris, *Rhinocladium*, а также темноокрашенный *Mycelia sterilia*. При этом наибольшее обилие весной как 2003 г., так и 2004 г. (свыше 90 %) наблюдалось у *Mycelia sterilia*.

Таким образом, по мере разложения видовое богатство микромицетов травяного сообщества в отличие от сообщества ольшаника уменьшилось, однако, как и в ольшаннике, общая численность микроорганизмов увеличилась. При этом динамика численности основных физиологических групп различна. Так, численность сахаролитиков, олигонитрофилов, целлюлозолитиков и нитрофилов в образцах, отобранных весной 2004 г., была выше, чем в образцах весны 2003 г., а численность аммонификаторов – наоборот. Уменьшение количества аммонификаторов свидетельствует о разложении большей части органики к 17-му месяцу после закладки опыта.

Среди физиологических групп в опаде травяного сообщества как через 9 мес., так и через 17 мес. его разложения по численности преобладали олигонитрофилы. Наименьшее количество микроорганизмов наблюдалось у группы целлюлозолитиков. Отношение численности нитрификаторов к аммонификаторам больше 1, что свидетельствует об активной минерализации растительных остатков в травяном сообществе.

Среди микромицетов в группе сахаролитиков присутствовали *Chrysosporium pannorum*, *Aspergillus ochraceus* G. Wilh., *Aureobasidium pullulans* (de Bary) G. Arnaud, целлюлозолитиков – *Stachybotrys alternans* Bonord, нитрификаторов – *Rhinocladium* sp.

При исследовании образцов органогенного горизонта почв выделено 11 видов микромицетов, принадлежащих к 8 родам из 2 классов: *Zygomycetes* и *Hyphomycetes*. В весенний период 2004 г. выделено 6 видов микромицетов из 4 родов: *Chrysosporium*, *Penicillium*, *Monilia*, *Paecilomyces*, а также *Mycelia sterilia*, в осенний период этого же года – 5 видов, принадлежащих к родам *Monilia*, *Trichoderma*, *Mortierella*, *Cladosporium*, а также *Mycelia sterilia*.

В органогенном слое почвы травяного сообщества наибольшая численность среди всех групп микроорганизмов была отмечена в образцах, отобранных весной 2004 г., причем максимальная – у аммонификаторов. Более равномерное распределение по численности обнаружено у остальных физиологических групп, кроме целлюлозолитиков, количество которых минимально. Среди нитрификаторов выделен *Penicillium jensenii*, сахаролитиков – *Monilia koningii*, олигонитрофилов – *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samson, *Paecilomyces* sp., *Penicillium jensenii*, целлюлозолитиков – *Chrysosporium pannorum*.

В осенних пробах почвы количество микроорганизмов сильно уменьшилось. Среди физиологических групп преобладали аммонификаторы, численность остальных групп мала. Микромицеты были выделены среди нитрификаторов (*Mortierella alpina*, *Trichoderma atroviride* P. Karsten, *Monilia geophila* Oudem.) и олигонитрофилов (*Mortierella alpina*, *Cladosporium cladosporioides* (Fresen.) G.A. de Vries, *C. herbarum*).

В почвенных образцах в весенний период 2003 г. наблюдалось преобладание *Penicillium* (43 %) и *Paecilomyces* (49 %). В осенний период наиболее обилён род *Mortierella* (92 %), кроме того, появился род *Trichoderma* (1 %).

Таким образом, можно отметить относительную бедность видового состава микромицетов в опаде и почве травяного сообщества, преобладание большого количества стерильных форм. Наличие повышенного содержания в разлагающемся опаде и органогенном слое почвы темноокрашенных гифомицетов свидетельствует о некоторой загрязнённости данного сообщества [5], что, вероятно, связано с близким расположением автодороги.

Анализ видового состава микромицетов показал значительное превышение видового богатства грибов в ольшанике по сравнению с травяным сообществом. Так, в разлагающемся опаде ольшаника выделено 30 видов грибов из 17 родов, в травяном сообществе – всего 7 видов, относящихся к 6 родам, в органогенном слое почвы ольшаника – 13 видов микромицетов, принадлежащих к 8 родам, в травяном сообществе – 11 видов из 8 родов.

Численность всех физиологических групп микроорганизмов как в растительном опаде, так и органогенных слоях почв обоих сообществ увеличивалась в весенний период и уменьшалась в осенний. Причем как осенью, так и весной в опаде травяного сообщества наибольшей численности достигали олигонитрофилы – основные микроорганизмы северных регионов [2], а в опаде ольшаника – аммонификаторы, которые являются основными микроорганизмами лесных подстилок. Наибольшая численность в органогенных слоях почв обоих сообществ отмечена у аммонификаторов. Как в опаде, так и в почвах, среди всех физиологических групп, наименьшей оказалась численность целлюлозолитиков.

Численность аммонификаторов в ольшанике превышала численность нитрификаторов, что свидетельствует о незначительной скорости процесса минерализации, а в травяном сообществе – наоборот: численность нитрификаторов превышала численность аммонификаторов, т. е. здесь наблюдалась довольно активная минерализация. По-видимому, это связано с тем, что растительные остатки травяного сообщества разлагаются легче по сравнению с ольшаником.

Анализ видового состава микромицетов по физиологическим группам показал, что среди целлюлозолитиков в опаде и почве преобладали *Chaetomium globosum*, *Chrysosporium pannorum*. Олигонитрофилы были представлены *Aureobasidium pullulans*, разными видами родов *Penicillium* и *Aspergillus*, нитрификаторы – видами родов *Aspergillus*, *Mucor*, *Trichoderma*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Mortierella*. Наибольшим видовым разнообразием обладали сахаролитические микромицеты, представленные родами *Aspergillus*, *Mucor*, *Trichoderma*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Mortierella*.

Общими видами в разлагающемся опаде травяного сообщества и ольшаника являются *Mycelia sterilia*, *Aspergillus ochraceus*, *Chrysosporium pannorum*, *Aureobasidium pullulans*. Специфичные для ольшаника виды – *Cephalosporium charticola*, *Diheterospora catenulata*, *Fusarium oxysporum*, *Monilia grisea*, *M. koningii*, *Mortierella ramanniana*, *M. verticola*, *Oospora sul-*

phurea, *Penicillium canescens*, *P. velutinum*, *Phoma* sp., *Rhizoctonia* sp., *Sepe-donium albo-griseum*, *Stachybotrys parvispora*, для травяного сообщества – *Stachybotrys alternans*.

Общими видами для органогенного слоя почв травяного сообщества и ольшаника являются *Chrysosporium pannorum*, *Penicillium jensenii*, *Mortie-rella alpine*, *Paecilomyces lilacinus*, а также *Mucelia sterilia*. Специфичные для ольшаника виды – *Aspergillus ochraceus*, *Chaetomium globosum*, *Clador-rinum foecundisimum*, *Penicillium glauco-lanosum*. Только в травяном сообществе встречаются *Monilia koningii*, *Paecilomyces variotii*, *Trichoderma virna-ceae*, *Mucor racemosum*.

Сравнение по видовому составу микромицетов, разлагающих растительные остатки, показало низкую степень сходства исследованных сообществ (9,8 %), что связано с составом опада и условиями его разложения. При исследовании органогенного слоя почвы также отмечена незначительная степень сходства сообществ (34 %).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аникеев, В.В. Руководство к практическим занятиям по микробиологии [Текст] / В.В. Аникеев, К.А. Лукомская. – М.: Просвещение, 1977. – С. 66–80
2. Аристовская, Т.В. Микробиология подзолистых почв [Текст] / Т.В. Аристовская. – М.: Наука, 1965. – 345 с.
3. Билай, В.И. Микромицеты почв [Текст] / В.И. Билай, И.А. Элланская, Т.С. Кириленко. – К.: Наук. думка, 1984. – 264 с.
4. Гришкан, И.Б. Микобиота и биологическая активность почв верховий Колымы [Текст] / И.Б. Гришкан. – Владивосток: Дальнаука, 1997. – 136 с.
5. Гузев, В.С. Техногенные изменения сообщества почвенных микроорганизмов [Текст] / В.С. Гузев, В.С. Левин // Перспективы развития почвенной биологии: всерос. конф., 22 февр. 2001. – М.: МАКС Пресс, 2001. – С. 178–220.
6. Добровольская, Т.Г. Структура бактериальных сообществ почв [Текст] / Т.Г. Добровольская. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2002. – 282 с.
7. Хабибуллина, Ф. М. Почвенные микромицеты ельника чернично-зеленомошного средней тайги [Текст] / Ф.М. Хабибуллина // Лесоведение. – 2001. – № 1. – С. 43–48.
8. Частухин, В.Я. Биологический распад и ресинтез органических веществ в природе [Текст] / В.Я. Частухин. – Л.: Наука, 1969. – 326 с.

Поступила 18.05.07

F.M. Khabibullina, T.A. Tvorozhnikova, I.A. Likhanova

Institute of Biology of Komi Research Centre, Ural Branch of RAS

Change of Microbiota Composition in Process of Tree Waste Decay in Post-anthropogenic Ecosystems of Middle Taiga

Micromycetae of tree waste and organic soil layer of two post-anthropogenic cenoses – grassy and alder forest formed on anthropogenic loamy substrate are studied. It is found

out that number of all physiological groups of microorganisms both in plant waste and organic soil layers of both cenoses increased in the spring period and decreased in the autumn one.

Keywords: microbiota, micete, destruction of plant waste, physiological groups of microorganisms.

УДК 630*5:630*6

О.А. Неволин, С.В. Третьяков, О.О. Еремина

Архангельский государственный технический университет

Неволин Олег Алексеевич родился в 1929 г., окончил в 1952 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесной таксации и лесоустройства Архангельского государственного технического университета, заслуженный лесовод России. Имеет 135 печатных трудов в области изучения высокопродуктивных лесов Севера и организации хозяйства в них, истории лесного хозяйства и лесоустройства.

Тел.: (8182) 21-61-73



Третьяков Сергей Васильевич родился в 1956 г., окончил в 1978 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой лесной таксации и лесоустройства Архангельского государственного технического университета. Имеет 45 печатных трудов в области изучения лесных ресурсов и лесопользования, закономерностей роста и продуктивности смешанных лесов Севера.

Тел.: (8182) 21-61-73



Еремина Ольга Олеговна родилась в 1956 г., окончила в 1978 г. Архангельский лесотехнический институт, старший преподаватель кафедры геодезии и земельного кадастра Архангельского государственного технического университета. Имеет 15 печатных трудов в области возобновления и продуктивности сосновых лесов Севера.

Тел.: (8182) 21-61-25



ДИНАМИКА ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ СОСНОВО-БЕРЕЗОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ

По результатам 40-летних исследований изучено изменение состава древостоев, средних высот и диаметров, полноты, запаса древесины, древесного отпада и общей продуктивности. Прослежена динамика подроста и формирование второго яруса из ели.

Ключевые слова: сосняк-кисличник, динамика насаждений, сосна, береза, ель, высокопродуктивные сосновые леса.

Сосново-березовые леса широко распространены на Европейском Севере России. Наиболее представлены молодые и средневозрастные насаждения кисличных (*Pinetum betuleto-oxalidosum*) и черничных (*Pinetum betuleto-myrttilosum*) типов леса. Все они имеют послепожарное происхождение, отличаются высокой продуктивностью и, как правило, абсолютно разновозрастны [5, 6]. Возникновение, формирование, рост и продуктивность этих древостоев изучены слабо. Стационарные исследования смешанных сосняков, ведущиеся кафедрой лесной таксации и лесоустройства Архангельского государственного технического университета с 1963 г., позволяют получить бесценные сведения для организации и ведения высококультурного лесного хозяйства и приблизить решение важнейшей проблемы – восстановления высокопродуктивных сосновых лесов на Европейском Севере.

Накопленные материалы [2, 4, 5, 7, 9] являются надежной научной базой для составления наиболее совершенных таблиц хода роста, решения вопросов по уходу за лесонасаждениями, определения оптимальных режимов промежуточного пользования древесиной, установления возрастов главной рубки, уточнения и разработки новых лесотаксационных нормативов.

В статье приведены сведения по двум постоянным пробным площадям, заложенным О.А. Невוליным в 1963 г. в Емцовском учебно-опытном лесхозе АГТУ с повторными исследованиями в 1973, 1985, 1994, 1998, 2004 гг. Основные таксационные показатели исследуемых насаждений в динамике представлены в табл. 1*.

Сосново-березовый древостой на первой пробной площади сформировался в 1922 г. по гари 1918 г. Источниками семян послужили уцелевшие при лесных пожарах деревья сосны, березы и ели. В 1963 г. учтено 10 материнских деревьев сосны в возрасте 200 ... 250 лет, одна 140-летняя береза и 6 елей 120 ... 125 лет. Все они имели пожарные подсушины в комлевой части стволов и поражены грибными болезнями (сосновая губка – *Trametes pini*, еловая губка – *T. abietis*, настоящий трутовик – *Fomes fomentarius* и трутовик Швейнитца – *Polyporus Schweinitzii*). За истекшие с 1963 г. 40 лет из материнских деревьев погибла от еловой губки и короедов (типограф – *Ips typographus*, еловый гравер – *Pityogenes chalcographus*, еловый лубоед – *Dendroctonus micans*) только одна ель.

Таблица 1

Основные таксационные показатели исследуемых насаждений

Таксационные показатели	Значение показателей по годам исследований						Изменение таксационных показателей	
	1963	1973	1985	1994	1998	2004	за 40 лет	за год
Пробная площадь № 1, сосняк-кисличник								
Состав древостоя	7СЗБ+Е, ед. Ос			7СЗБ+Е			-	-
Возраст лет:								
сосна	41+71	51+81	62+92	71+101	76+106	81+111	40	1
береза	43	53	64	73	78	83	-	-
Средняя высота, м:								
сосна	12,4	15,7	20,6	22,3	24,6	26,4	+14,0	+0,35
береза	13,3	15,5	16,8	17,9	20,0	21,6	+8,3	+0,21
осина	10,3	11,1	11,5	-	-	-	-	-
ель I яруса	8,0	11,0	16,0	16,0	16,3	16,5	+8,5	+0,21
ель II яруса	4,6	6,6	6,6	7,0	7,6	6,0	+1,4	+0,04
Средний диаметр, см:								
сосна	10,6	12,6	17,7	19,1	21,4	25,1	+14,5	+0,36

* В исследованиях принимал участие студент А.В. Еремин.

береза	10,2	11,4	13,9	15,2	16,0	17,4	+7,2	+0,18
осина	6,0	6,8	7,0	-	-	-	-	-
ель I яруса	9,7	13,0	13,4	13,3	13,8	14,1	+4,4	+0,11
ель II яруса	4,5	6,7	6,9	7,0	7,5	5,7	+1,2	+0,03
Число деревьев на 1 га	4174	3121	2686	2387	1819	1929	-2245	-56
В том числе:								
сосна	1507	980	573	467	426	363	-1144	-29
береза	2403	1677	1183	913	393	380	-2023	-51
осина	40	10	7	-	-	-	-40	-
ель I яруса	33	47	69	100	140	153	+120	+3
ель II яруса	191	407	854	907	860	1033	+842	+21
Класс бонитета	III-II	III-II	II	II-I	I	I	-	-
Полнота	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	-	-
Запас на 1 га, м ³	136	187	274	309	321	348	+212	+5,3
Отпад на 1 га, м ³	6	18	45	70	129	148	+142	+3,6
Общая продуктивность на 1 га, м ³	142	205	319	379	450	496	+354	+8,9
Среднее накопление запаса на 1 га, м ³	3,3	3,7	4,4	4,4	4,2	4,3	+1,0	-
Средний прирост на 1 га, м ³	3,5	4,0	5,2	5,3	5,9	6,1	+2,6	-

Окончание табл. 1

Таксационные показатели	Значение показателей по годам исследований						Изменение таксационных показателей	
	1963	1973	1985	1994	1998	2004	за 40 лет	за год
Пробная площадь № 2, сосняк-кисличник								
Состав древостоя	5С5Б + Ос					5С4Б1Ос, ед. Е	-	-
Возраст лет:								
сосна	28	38	49	58	63	68	40	1
береза	30	40	51	60	65	70	-	-
Средняя высота, м:								
сосна	8,3	11,5	16,9	18,1	20,2	23,6	+15,3	+0,38
береза	9,2	11,7	15,8	16,6	18,7	21,2	+12,0	+0,30
осина	7,5	10,0	16,3	19,6	21,4	25,6	+18,1	+0,45
ель I яруса	-	-	-	-	-	16,1	-	-
ель II яруса	2,1	3,5	5,0	6,0	7,6	7,9	+5,8	+0,15
Средний диаметр, см:								
сосна	6,9	8,7	14,1	15,8	18,3	20,1	+13,2	+0,33

береза	7,5	9,0	11,3	14,4	15,7	16,8	+9,3	+0,23
осина	5,2	7,0	12,1	15,4	18,2	21,1	+16,0	+0,40
ель I яруса	-	-	-	-	-	14,7	-	-
ель II яруса	2,0	3,3	5,5	6,0	7,8	8,0	+6,0	+0,15
Число деревьев на 1 га	7226	5333	3300	2840	2353	2273	-4953	-124
В том числе:								
сосна	3746	2473	993	900	620	527	-3219	-80
береза	2820	2073	1553	1134	940	773	-2047	-51
осина	480	387	174	153	133	113	-367	-9
ель I яруса	-	-	-	-	-	20	+20	-
ель II яруса	180	400	580	653	660	840	+660	+17
Класс бонитета	III	III	II	II	I	I	-	-
Полнота	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	-	-
Запас на 1 га, м ³	104	163	271	319	323	377	+273	+6,8
Отпад на 1 га, м ³	3	13	56	80	122	158	+155	+3,9
Общая продуктивность на 1 га, м ³	107	176	327	399	445	535	+428	+10,7
Среднее накопление запаса на 1 га, м ³	3,7	4,3	5,5	5,5	5,1	5,5	+1,8	-
Средний прирост на 1 га, м ³	3,8	4,6	6,7	6,9	7,1	7,6	+3,8	-

Исследование в 1963 г. пожарных подсушин у 263-летней сосны показало, что она перенесла три лесных пожара в возрасте 72, 158 и 192 лет. Лесные пожары прошли в 1798, 1884 и 1918 гг, давность которых к году закладки пробной площади составила 165, 79 и 45 лет.

Сосновый древостой на пробной площади № 1 в 1963 г. состоял (в пересчете на 1 га) из 1437 деревьев 41-летнего возраста и 70 равномерно расположенных 71-летних сосен от поколения, появившегося после пожара 1884 г. и уцелевших при пожаре в 1918 г. Вполне вероятно, что эти, в то время 26-летние, сосенки, наряду с материнскими соснами, обеспечивали успешное возобновление сосны по гари как обсеменители. Обильное плодоношение 20–25-летних сосенок после беглого низового пожара мы наблюдали в 1976 г. в сосновом бору-беломошнике вблизи с. Усть-Ваги Виноградовского района Архангельской области, а впервые это удивительное явление описал И.С. Мелехов [3]. За истекшие 40 лет три дерева сосны этого поколения погибли, а оставшиеся к 2004 г. 67 сосен 111-летнего возраста по внешнему виду и размерам уже не выделялись среди наиболее развитых 81-летних деревьев, органически вписавшись в сосновый древостой, возникший в 1922 г.

На пробной площади № 2 сосново-березовый древостой сформировался в 1934 г. на гари 1932 г. Судя по обугленным пням, лесной пожар прошел по вырубке.

Массовый налет семян на подготовленную огнем почву в обоих случаях произошел через два года после пожара. Это вызвано большим притоком питательных веществ, солнечного света и тепла к уцелевшим от пожара соснам. Возможно также, что увеличенный для фотосинтеза приток углекислого газа и высокая температура пожара, воздействию которой подверглись уцелевшие сосны, оказали стимулирующее действие на физиологические процессы, связанные с усилением плодоношения. Здесь уместно вспомнить интересные опытные работы в Сиверском лесхозе Ленинградской области [1]. Они показали, что на второй год после обжигания коры стволов на деревьях сосны завязывается большое количество шишек. К сожалению, эти исследования забыты лесоводами. А ведь научно поставленные опыты в лесах Европейского Севера при различном режиме воздействия огня на семенные деревья сосны и почву помогли бы найти наиболее эффективные методы огневой очистки лесосек, обеспечивающие успешное естественное восстановление высокопродуктивных сосновых лесов.

Исследуемые сосново-березовые сообщества очень устойчивы во времени. Несмотря на большую изменчивость числа деревьев по породам из-за естественного отпада сосны, березы, осины и постоянного поселения ели, состав древостоя почти не изменился.

Анализ роста сосново-березового древостоя в высоту показывает, что сосновая часть до 40-летнего возраста растет по III классу бонитета, к 50 годам переходит во II класс и, миновав 60–65-летний рубеж, входит в I, неуклонно стремясь к Ia классу. Береза на обеих пробных площадях обычно оказывается между III и II классами бонитета. Наиболее развитые деревья сосны и березы во всех возрастах бонитируются I и Ia классами. Осина, входящая в состав сосново-березового древостоя на второй пробной площадке, к 70 годам вышла в Ia класс бонитета.

При формировании жизнеустойчивых сосново-березовых сообществ с момента их возникновения идет процесс естественного отбора при массовой гибели особей, не выдерживающих конкуренции и отставших в росте. Отпад происходит за счет деревьев низших ступеней толщины. Так, к 60-летнему возрасту погибли все деревья 6-сантиметровой ступени толщины, а более тонкие выпали из древостоев к 40-летнему возрасту. У сосны 95 % отпада по числу деревьев приходится на тонкомерную часть древостоя, ограниченную 10 см на высоте груди. У березы 97 % отпада составляют деревья до 8 см.

За 40-летний период отпад на 1 га у сосны к 81-летнему возрасту древостоя (пробная площадь № 1) составил 1144 дерева (76 %), у березы 2023 (84 %). Осина выпала полностью к 70-летнему возрасту. На пробной площадке № 2 к 69-летнему возрасту погибло 3219 сосен (86 %), берез – 2047 (73 %), осин – 367 деревьев (76 %). Доля погибших деревьев по запасу от общей продуктивности исследуемых насаждений составляет 30 %.

Отпад в сосново-березовом древостое за 40-летний период по числу деревьев и среднегодовая интенсивность его указаны в табл. 2.

Таблица 2

Отпад в сосново-березовом древостое за 40-летний период по числу деревьев и его среднегодовая интенсивность

Период исследований		Отпад на 1 га			Интенсивность отпада, %		
Календарные годы	Продолжительность, лет	Сосна	Береза	Всего	Сосна	Береза	В среднем
1963–1973	10	<u>527</u>	<u>726</u>	<u>1253</u>	<u>3,5</u>	<u>3,0</u>	<u>3,2</u>
		1273	747	2020	3,4	2,7	3,1
1974–1985	12	<u>407</u>	<u>494</u>	<u>901</u>	<u>3,5</u>	<u>2,5</u>	<u>2,8</u>
		1480	520	2000	5,0	2,1	3,7
1986–1994	9	<u>106</u>	<u>270</u>	<u>376</u>	<u>2,0</u>	<u>2,5</u>	<u>2,4</u>
		93	419	512	1,0	3,0	2,2
1995–1998	4	<u>41</u>	<u>520</u>	<u>561</u>	<u>2,2</u>	<u>14,2</u>	<u>10,2</u>
		280	194	474	7,8	4,3	5,8
1999–2004	5	<u>63</u>	<u>13</u>	<u>76</u>	<u>3,0</u>	<u>0,7</u>	<u>1,9</u>
		93	167	260	3,0	3,6	3,3
1963–2004	40	<u>1144</u>	<u>2023</u>	<u>3167</u>	<u>2,0</u>	<u>2,1</u>	<u>2,0</u>
		3219	2047	5266	2,1	1,8	2,0

Примечание. В числителе данные для пробной площади № 1; в знаменателе – № 2.

Таблица 3

Динамика елового элемента леса под пологом смешанных сосново-березовых насаждений

Показатели	1963	1973	1985	1994	1998	2004	Изменения	
							за 40 лет	в среднем за год
Возраст сосново-березового древостоя, лет	<u>41</u>	<u>51</u>	<u>62</u>	<u>71</u>	<u>76</u>	<u>81</u>	<u>40</u>	<u>1</u>
	28	38	49	58	63	68	40	1
Густота елового подроста, шт./га	<u>1687</u>	<u>1550</u>	<u>1966</u>	<u>2025</u>	<u>3000</u>	<u>3100</u>	<u>+1413</u>	<u>+35</u>
	766	969	1267	1533	1667	1750	+984	+25
Появилось елей за период между исследованиями, шт./га	–	<u>79</u>	<u>863</u>	<u>112</u>	<u>1028</u>	<u>173</u>	<u>+2255</u>	<u>+56</u>
	–	423	478	339	147	263	+1650	+41
Перешло елей из подроста во II ярус, шт./га	–	<u>216</u>	<u>447</u>	<u>53</u>	<u>53</u>	<u>73</u>	<u>+842</u>	<u>+21</u>
	–	220	180	73	7	180	+660	+17

Ель II яруса, шт./га	<u>191</u> 180	<u>407</u> 400	<u>854</u> 580	<u>907</u> 653	<u>960</u> 660	<u>1033</u> 840	<u>+ 842</u> + 660	<u>+ 21</u> + 17
Перешло елей из II яруса в I, шт./га	–	<u>14</u> –	<u>22</u> –	<u>31</u> –	<u>40</u> –	<u>13</u> 20	<u>+ 120</u> + 20	<u>+ 3</u> –
Ель I яруса, шт./га	<u>33</u> –	<u>47</u> –	<u>69</u> –	<u>100</u> –	<u>140</u> –	<u>153</u> 20	<u>+ 120</u> + 20	<u>+ 3</u> –
Общее количество елей, шт./га	<u>1911</u> 946	<u>2004</u> 1369	<u>2889</u> 1847	<u>3032</u> 2186	<u>4100</u> 2327	<u>4286</u> 2610	<u>2375</u> 1664	<u>+ 59</u> + 42
Из них, %:								
подрост	<u>88,3</u> 81,0	<u>77,3</u> 70,8	<u>68,0</u> 68,8	<u>66,8</u> 70,1	<u>73,2</u> 71,6	<u>72,3</u> 67,0	<u>59,5</u> 59,1	–
II ярус	<u>10,0</u> 19,0	<u>20,3</u> 29,2	<u>29,6</u> 31,4	<u>29,9</u> 29,9	<u>23,4</u> 28,4	<u>24,1</u> 32,2	<u>35,5</u> 39,7	–
I ярус	<u>1,7</u> –	<u>2,4</u> –	<u>2,4</u> –	<u>3,3</u> –	<u>3,4</u> –	<u>3,6</u> 0,8	<u>5,0</u> 1,2	–

Примечание то же, что в табл. 2.

Несмотря на значительные колебания среднегодовой интенсивности отпада по периодам исследований (сосна от 1,0 до 7,8 %, береза от 0,7 до 14,2 %, в среднем от 1,9 до 10,2 %), за 40-летний период она составила 2,0 % (от 1,8 до 2,1 %). Интересно, что при исследовании интенсивности отпада деревьев в сосново-березовом насаждении кисличного типа леса в Березниковском лесхозе были получены близкие цифры – 1,6 % с колебанием от 1,2 до 2,5 % [6]. Очевидно, что просматриваемая закономерность может быть использована при составлении таблиц хода роста и установлении выборки по числу деревьев и запасу при рубках ухода.

Тонкомерные сосны, испытывая угнетение хорошо растущими деревьями, быстро погибают, чего обычно не происходит с березой. Отставшие в росте березы под сосново-березовым пологом влачат жалкое существование, но многие годы и десятилетия продолжают выполнять свое биологическое предназначение почвоулучшающей породы, пополняя опадом листвы запасы мягкого гумуса и способствуя лучшему росту сосновой части смешанных древостоев.

Ель в исследуемых насаждениях жизнеустойчива и занимает особое место. С первых лет жизни сосново-березовых насаждений под их пологом непрерывно массово поселяется ель, со временем образуя второй ярус с выходом некоторой части елей в основной сосново-березовый полог. Динамизм этого биологического явления в исследуемых насаждениях показан в табл. 3.

Примечательно, что почти все елочки хорошего роста здоровые; лишь некоторые из них испытывают незначительное угнетение, находясь

под кронами соседних деревьев. Погибшими за 40-летний период оказались только 28 елочек на первой пробной площади и 10 на второй.

Сосновый подрост, обнаруженный в 1963 г. в количестве 75 шт. на пробной площади № 1 и 266 на пробе № 2, полностью погиб к 1985 г. Главная причина его плохого состояния и гибели – недостаток солнечного света, необходимого для фотосинтеза.

В 1963 г. на пробной площади № 2 в подросте имелись 33 лиственницы 29-летнего возраста высотой от 1,4 до 1,9 м. Все они страдали от затенения и через 10 лет (в 1973 г.) обнаружены погибшими. Находящиеся в подросте 167 осинки также погибли к 1973 г.

Таким образом, в сосново-березовых древостоях к 50–60-летнему возрасту остается только подрост ели; сосна, лиственница и осина выпадают полностью. Повсеместное расселение ели под пологом при наличии источников обсеменения объясняется не только ее теневыносливостью, но и еще одной биологической особенностью – массовым поселением на органическом субстрате из полуразложившихся и разложившихся остатков древесины (валежник, пни и т.д.), образующих микроповышения. На этих участках микрорельефа и селятся молодые елочки, чего нет у сосны. На эту особенность ели обратил внимание еще М.Е. Ткаченко. «Проходит иногда полстолетия, – писал он, – прежде чем ель достигнет своими корнями почвы» [8]. Интересно, что на корнях таких елочек очень хорошо развита микориза. Поселение ели под пологом сосново-березовых насаждений заслуживает пристального внимания лесоводов. При хорошем втором ярусе из ели наиболее полно используется среда обитания, сосна и береза формируют хорошо очищенные от сучьев полндревесные стволы, а к возрасту главной рубки древесные запасы и продуктивность увеличиваются на 15 ... 20 %.

Подлесок, напочвенный покров и почва за многие годы наших наблюдений существенно не изменились.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гиргидов, Д.Я.* Лесосеменные участки сосны [Текст] / Д.Я. Гиргидов. – Л., 1956.
2. *Левин, В.И.* Результаты исследования динамики сосняков Архангельской области [Текст] / В.И. Левин. – Архангельск: Арханг. кн. изд-во, 1959. – 132 с.
3. *Мелехов, И.С.* Влияние пожаров на лес [Текст] / И.С. Мелехов. – М.; Л.: Гослестехиздат, 1948. – 126 с.
4. *Неволин, О.А.* Динамика сосново-березового насаждения в типе леса сосняк-кисличник и лесоводственная эффективность рубок ухода [Текст] / О.А. Неволин, С.В. Третьяков, О.О. Еремина // Лесн. журн. – 2002. – № 2. – С. 17–23. – (Изв. высш. учеб. заведений).
5. *Неволин, О.А.* Динамика сосново-березового насаждения при проточном увлажнении почвы в типе леса сосняк-кисличник [Текст] / О.А. Неволин, С.В. Третьяков, О.О. Еремина // Лесн. журн. – 2001. – № 3. – С. 36–40. – (Изв. высш. учеб. заведений).

6. *Неволин, О.А.* Основы хозяйства в высокопродуктивных сосняках Севера [Текст] / О.А. Неволин. – Архангельск: Сев-Зап. кн. изд-во, 1969. – 102 с.

7. *Неволин, О.А.* Подрост и его значение в формировании высокопродуктивных сосновых лесов Европейского Севера России [Текст] / О.А. Неволин, О.О. Еремина // Лесн. журн. – 1998. – № 4. – С. 12–18. – (Изв. высш. учеб. заведений).

8. *Ткаченко, М.Е.* Леса Севера. Из лесохозяйственных исследований в Архангельской губернии [Текст] / М.Е. Ткаченко. – СПб., 1911. – 91 с.

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

Поступила 03.05.06

O.A. Nevolin, S.V. Tretyakov, O.O. Eremina
Arkhangelsk State Technical University

Dynamics of High-yield Pine-and-birch Stands

Change of stand composition, mean heights and diameters, density, wood stock, wood attrition and total productivity is studied based on the results of forty-year research. Undergrowth dynamics and formation of second spruce layer are traced.

Keywords: shamrock pine forest, stand development, pine, birch, spruce, high-productive pine forests.

УДК 630*181.28:582.475

Н.А. Прожерина¹, Е.Н. Наквасина²

¹Институт экологических проблем Севера УрО РАН

²Архангельский государственный технический университет

Прожерина Надежда Александровна родилась в 1973 г., окончила в 1995 г. Поморский международный педагогический университет, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института экологических проблем Севера УрО РАН. Имеет более 45 печатных работ в области экологической физиологии древесных растений.

E-mail: dirnauka@iepn.ru



Наквасина Елена Николаевна родилась в 1952 г., окончила в 1975 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой лесоводства и почвоведения Архангельского государственного технического университета. Имеет более 100 печатных работ в области лесовосстановления и экологии экосистем.

E-mail: nakvasina@agtu.ru



ВНУТРИ- И МЕЖВИДОВЫЕ МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ У ЛИСТВЕННИЦЫ ПРИ АДАПТАЦИИ НА СЕВЕРЕ*

Изучены особенности метаболических процессов у лиственниц различных видов и географических рас в Архангельской области. Показано, что при относительно равных условиях произрастания различия физиологических показателей определяются в основном наследственно закрепленными признаками.

Ключевые слова: лиственница, метаболизм, внутри- и межвидовая изменчивость, адаптация.

Лиственница – основная лесообразующая порода России, имеющая на территории Евразии непрерывный ареал, представленный разными видами. Несмотря на довольно большое таксономическое разнообразие этой породы (по мнению разных авторов, насчитывается 16 ... 20 видов лиственницы), все они имеют одного предка – древние доплейстоценовые лиственницы, которые произрастали еще в неогене. В процессе эволюции совершенствовалась организация породы и шло становление ее таксономического состава: отдельные виды адаптировались, другие поглощались и вытеснялись более приспособленными гибридами, прежде всего лиственницы сибирской и даурской [2, 3, 5].

В результате все современные лиственницы имеют типичный внешний облик, отличаются рядом морфологических признаков в таксономическом отношении и обладают высокой адаптационной пластичностью,

* Исследования поддержаны грантом РФФИ-север № 05-04-97509 и Фондом содействия отечественной науке.

выработанной в процессе филогенеза. Однако и у видов, и у рас, сформировавшихся в определенных условиях среды, часть признаков закрепляется наследственно, а часть имеет метаморфический характер, изменяясь под воздействием внешних факторов. Характер наследуемости и модификации признаков проявляется при интродукции.

В коллекциях лиственницы в ботанических садах и географо-интродукционных культурах чаще изучали ростовые признаки, реже – особенности метаболизма [1, 6, 7, 9]. В то же время характер физиологических процессов в однотипных условиях произрастания может быть информативным не только для изучения процесса адаптации и отбора наиболее устойчивых образцов, но и для выявления таксономического сходства и различия. Это относится, в частности, к лиственнице Сукачева, вопрос о таксономической принадлежности которой до сих пор не решен.

При изучении физиолого-биохимических особенностей адаптации видов и рас породы к новым условиям среды важно выявить амплитуду колебаний признаков между видами и в их пределах. Различия в приспособительно-адаптационных реакциях, в том числе сезонных, или, наоборот, проявления их стабильности, закрепленной наследственно, наиболее резко будут сказываться при выращивании потомства. В этом случае есть также возможность выявить признаки-маркеры для разработки методов диагностики устойчивости растений к климатическому стрессу.

Целью нашего исследования было изучить особенности изменчивости метаболических процессов у лиственниц различных видов и географических рас в Архангельской области.

В качестве объектов исследования выбраны потомства пяти популяций лиственницы Сукачева (*Larix sukaczewii* Dyl.), в том числе три из локальных популяций Архангельской области (ст. Обозерская, Пинежский, Каргопольский районы) и популяции из Челябинской и Свердловской областей, а также различные виды лиственницы: сибирская (*L. sibirica* Ldb.), Каяндера (*L. cajanderi* Mayr.), Гмелина (*L. gmelinii* (Rupr.) Rupr.), польская (*L. × polonica* Racib.), принца Рупрехта (*L. principis rupprechtii* Mayr.), произрастающие в дендрологическом саду Северного НИИ лесного хозяйства, возраст культур 23-24 года. Образцы хвои любезно предоставлены научным сотрудником СевНИИЛХ П.Р. Тихоновым при проведении совместных исследований [8].

Сумму пластидных пигментов определяли спектрофотометрически экстракцией в этаноле [10], активность пероксидазы по А.Н. Бояркину [4], содержание свободного пролина по реакции с нингидрином [11]. Исследования проводили в течение сезона вегетации (июнь – сентябрь). Достоверность сходства и различия популяций и видов устанавливали по уровню значимости $P < 0,05$ с использованием однофакторного дисперсионного анализа (ОДА), критерия Тьюки, функции повторяющихся измерений (Repeated Measures) в программе SPSS 11.0.

Содержание хлорофилла в хвое лиственницы рассматривается как надежный физиологический признак вида и климатипа в пределах вида,

сохраняющийся при интродукции [7]. В наших исследованиях были также выявлены достоверные различия в сумме пластидных пигментов в хвое лиственниц разных видов и происхождений.

Изменения в компонентном составе фотосинтетических пигментов зависели главным образом от концентрации хлорофилла *a* (ОДА, $P = 0,001 \dots 0,006$), в то время как фонд пигментов светособирающего комплекса (каротиноиды и хлорофилл *b*) оказался более стабильным (ОДА, $P = 0,06 \dots 0,24$). В третьей декаде июня, ко времени завершения формирования хвои в брахибластах и активного роста побегов текущего года, сумма пигментов была наименьшей в хвое лиственницы Сукачева, семена которой получены из Челябинской области. Максимальная концентрация пластидных пигментов отмечена у лиственницы польской (см. таблицу). Подобная тенденция сохранилась в июле, а также к концу сезона вегетации в сентябре.

Сравнение содержания пигментов хвои в целом за сезон вегетации у разных видов лиственницы показало, что филогенетически близкие виды сходны по этому показателю. Так, не было различий в накоплении фотосинтетических пигментов между лиственницей Сукачева и сибирской ($P = 0,999$), а также лиственницей Гмелина, Каяндера и принца Рупрехта ($P = 0,998 \dots 1,000$). В то же время содержание пластидных пигментов группы лиственниц польской и принца Рупрехта было достоверно выше, чем у группы лиственниц Сукачева и сибирской ($P = 0,001 \dots 0,045$).

На формирование фотосинтетических пигментов в хвое большое влияние оказывают факторы внешней среды. По изменчивости этого показателя у потомств разных популяций одного вида, произрастающих в однородных условиях, можно судить о степени наследуемости признака и его способности сохраняться в следующих поколениях. Важность для формирования хлорофиллов не специфических особенностей вида, а условий среды подчеркивают в своих исследованиях В.В. Надеждин [7] и Л.И. Милютин [6], которые показали, что различия в содержании хлорофилла у лиственниц Подмосковья и Сибири проявляются больше у климатипов одного вида, чем у разных. Наши данные подтверждают этот вывод. Сумма пигментов в хвое лиственницы Сукачева каргопольской популяции практически в течение всего сезона вегетации была выше, чем у лиственниц двух других популяций Архангельской области – пинежской и обозерской ($P < 0,001$), различия между которыми не были достоверны ($P = 0,975$). Неодинакова сумма пигментов и у лиственницы из двух уральских популяций: челябинской и свердловской ($P < 0,001$).

Содержание фотосинтетических пигментов изменялось в течение сезона вегетации и зависело от фенологической фазы развития побегов. Оно оставалось высоким у всех видов и географических рас в период активного роста побегов и до начала видимого пожелтения хвои. В конце июня и июля, времени интенсивной фотосинтетической активности хвои, достоверных различий не выявлено. В осенний период содержание пигментов связано с фенологическим состоянием, в частности осенним расцветиванием хвои. В первой декаде сентября у потомств всех популяций лиственницы Сукачева,

а также сибирской и Каяндера оно достоверно снизилось на 17 ... 25 % по сравнению с данными июля. Тогда же началось видимое пожелтение хвои. У лиственниц Гмелина, польской и принца Рупрехта сумма пигментов в начале сентября уменьшилась незначительно (5 ... 8 %) и недостоверно, у этих видов пожелтение хвои отмечалось только со второй декады сентября.

Растения, подвергаясь негативному воздействию факторов среды, включая климатические, отвечают защитно-приспособительными реакциями, в том числе повышением уровня окислительных процессов в клетках. Одним из показателей окислительного стресса у растений является активирование пероксидазы, фермента, имеющего большое число молекулярных форм, изоферментный состав которого является генетически закрепленным признаком и может служить диагностическим критерием при анализе популяций. В то же время уровень активности этого фермента определяется как внешними факторами среды, так и генетически определенными возможностями популяций и видов. Исследования активности пероксидазы выявили различия как между видами, так и популяциями в пределах вида лиственницы Сукачева.

На протяжении всего сезона вегетации наибольшими они были между видами (см. таблицу). Минимальная активность пероксидазы отмечена у лиственницы польской, максимальная у лиственницы Каяндера, различие оказалось 14-15-кратным в июне – июле и 10-кратным в сентябре. Между географическими расами лиственницы Сукачева оно гораздо меньше. В течение всего сезона вегетации активность пероксидазы была выше у потомства уральских популяций, чем у архангельских. Среди локальных популяций лиственницы Сукачева повышенная активность фермента наблюдалась у хвои обозерской популяции, у потомств каргопольской и пинежской популяций она достоверно не различалась.

Все климатипы лиственницы Сукачева в течение сезона вегетации проявляли однотипный характер изменения активности пероксидазы: наблюдался резкий скачок (в 1,5–2,0 раза) к концу июля, затем она оставалась высокой до начала сентября, что может быть вызвано недостатком влаги в почве и, как следствие, увеличением окислительных процессов в клетках.

Однако разные виды лиственницы имели присущие им особенности ферментативной активности в течение сезона вегетации. Как и у лиственницы Сукачева, в хвое других видов, за исключением сибирской, она повышалась в июле. Однако в сентябре у трех видов лиственниц – Гмелина, польской и принца Рупрехта – рост активности пероксидазы или продолжался, или оставался на прежнем высоком уровне, что может быть связано с активно протекающими метаболическими процессами и более поздним началом старения хвои. У лиственницы Каяндера, раньше заканчивающей вегетацию, активность пероксидазы в сентябре снизилась, но была выше, чем в июне. В хвое у сибирской лиственницы активность пероксидазы оставалась высокой в течение всего наблюдаемого нами периода, уменьшаясь на 14 % к сентябрю. Подобная динамика также может быть связана с особенностями водного обмена и начавшимися процессами старения хвои в сентябре.

В качестве другого показателя, позволяющего оценить адаптационные процессы у различных видов и популяций одного вида лиственниц при интродукции на Севере, нами использована концентрация свободного пролина в хвое. Аккумуляция пролина считается типичным стрессовым ответом растений на воздействие повреждающих факторов. Этот показатель определяли один раз за сезон, в конце июля, исследования позволили также выявить внутри- и межвидовые различия. Содержание свободного пролина в хвое всех популяций лиственницы Сукачева не отличалось от концентрации у лиственницы Гмелина и было достоверно выше, чем у остальных изученных видов, между которыми практически не наблюдалось различий (см. таблицу).

Содержание свободного пролина в хвое потомств локальных популяций изменялось аналогично концентрации пластидных пигментов: не различалось между обозерской и пинежской популяциями лиственницы Сукачева, но у каргопольской популяции было достоверно ниже. Различия в содержании пролина в хвое уральских популяций также достоверны, максимальное содержание отмечено у челябинской популяции, у свердловской не отличалось от всех трех архангельских популяций. Таким образом, и по концентрации свободного пролина внутривидовые различия были более выражены, чем межвидовые.

Исследования позволяют сделать вывод, что разные виды лиственниц и потомства популяций одного вида имеют различные физиологические показатели, которые при относительной выравненности условий произрастания в посадках определяются в большей степени наследственно закрепленными признаками, сформировавшимися в конкретной среде обитания и сохраняющимися при произрастании в других условиях. Факторы внешней среды, влияющие на формирование популяций и наследственно закрепленных особенностей приспособления к существованию, имеют большее значение для хода физиолого-биохимических процессов в новых условиях, чем межвидовые различия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бедрицкая, Т.В.* Состояние и рост лиственницы различного географического происхождения в культурах средней подзоны тайги [Текст] / Т.В. Бедрицкая, Е.Н. Наквасина // Лиственничные леса Архангельской области, их использование и воспроизводство: материалы регион. раб. совещ. – Архангельск, 2002. – С. 53–56.
2. *Бобров, Е.Г.* История и систематика лиственниц // XXV Комаровские чтения [Текст] / Е.Г. Бобров. – Л.: Наука, 1972. – 95 с.
3. *Бобров, Е.Г.* Лесообразующие хвойные СССР [Текст] / Е.Г. Бобров. – Л.: Наука, 1978. – 189 с.
4. *Бояркин, А.Н.* Быстрый метод определения активности пероксидазы [Текст] / А.Н. Бояркин // Биохимия. – 1951. – Т. 16, вып. 4. – С. 352–357.
5. *Дылис, Н.В.* Лиственница Восточной Сибири и Дальнего Востока [Текст] / Н.В. Дылис. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 210 с.
6. *Милютин, Л.И.* О некоторых физиологических признаках лиственниц сибирской и даурской [Текст] / Л.И. Милютин // Изменчивость древесных растений Сибири. – Красноярск, 1974. – С. 35–45.

7. *Надеждин, В.В.* Влияние географического происхождения семян лиственницы на ее рост в подзоне хвойно-широколиственных лесов [Текст] / В.В. Надеждин. – М.: Наука, 1971. – 129 с.

8. *Прожерина, Н.А.* Эколого-физиологические аспекты интродукции лиственницы в условиях Архангельской области [Текст] / Н.А. Прожерина, П.Р. Тихонов // Леса Евразии – Восточные Карпаты: материалы IV Междунар. конф. – М., 2004. – С. 333.

9. Селекционная оценка климатипов лиственницы в географических культурах Архангельской и Мурманской областей [Текст] / В.Я. Попов, Г.В. Шумилова, Т.В. Бедрицкая, О.А. Гвоздухина // Экологические проблемы Севера: межвуз. сб. науч. тр. – Архангельск, 2001. – С. 100–120.

10. *Шлык, А.А.* Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев [Текст] / А.А. Шлык // Биологические методы в физиологии растений. – М.: Наука, 1971. – С. 154–170.

11. *Bates, L.S.* Rapid determination of free proline for water-stress studies [Text] / L.S. Bates, R.P. Waldren, J.D. Tear // Plant and Soil. – 1973. – Vol. 39, N 1. – P. 205–206.

Поступила 03.05.06

N.A. Prozherina¹, E.N. Nakvasina²

¹Institute of Ecological Problems of the North, Ural Branch of RAS

²Arkhangelsk State Technical University

Intra- and Interspecies Metabolic Peculiarities of Larch under Adaptation to North

Peculiarities of metabolic processes of different larch species and geographic races in the Arkhangelsk region are studied. It is shown that differences of physiologic factors under relatively similar growth conditions are determined mainly by hereditary characteristics.

Keywords: larch, metabolism, intra and interspecies variation, adaptation.

УДК 581.526.33

Л.Н. Анищенко

Брянский государственный университет

Анищенко Лидия Николаевна родилась в 1972 г., окончила в 1995 г. Брянский государственный педагогический университет, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и рационального природопользования Брянского государственного университета. Имеет более 20 печатных работ в области фитоценологии и лесной геоботаники.

E-mail: kafbot2002@mail.ru



ДИНАМИКА СООБЩЕСТВ БРИОФИТОВ НА ВЕТРОВАЛЬНО-ПОЧВЕННЫХ КОМПЛЕКСАХ БРЯНСКОГО ОКРУГА ЗОНЫ ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ

На ветровально-почвенных комплексах выделены семь мезофильных моховых сообществ из 35 видов мхов, обитающих на коре и живой древесине. Характеристика экологических режимов ассоциаций дана по Р. Дюллю.

Ключевые слова: ветровально-почвенный комплекс, синтаксоны, сообщества бриофитов, гетерогенность среды, демутиационные смены, микросукцессии.

Исследования последних лет [5, 7, 9] показали, что в ненарушенных сообществах гетерогенность среды создается популяционными мозаиками растений, животных, грибов. Особую роль в создании мозаичности играют растительные сообщества на ветровально-почвенных комплексах (ВПК), смена которых представляет собой восстановительные (демутационные) сукцессии [6]. Именно ВПК и создают элементы горизонтальной структуры фитоценозов. Результаты оценки структурного разнообразия могут служить параметрами сукцессионного состояния экосистем.

В настоящее время достаточно полно изучена динамика растительных сообществ на ВПК, представленных высшими сосудистыми растениями [3, 4, 8]. Однако сообщества моховидных на различных участках ВПК Брянского округа зоны широколиственных лесов ранее не исследовались. Определение их видового состава в динамических сменах на стволах позволит прогнозировать изменение экологических условий в лесных ценозах, устанавливать датировку сукцессионного состояния фитоценоза.

Цель настоящего исследования – изучить микросукцессионные смены видового состава бриофлоры и сообществ бриофитов на различных компонентах ВПК, которые состоят из серии экологических ниш, представленных западинами, почвенным комом (ветровальным бугром), валежником (стволом).

Геоботанические описания эпифитных и эпиксильных моховых сообществ на стволах различных стадий разложения выполнены в 1998 – 2004 гг. в Старском и Снежетьском лесничествах Брянской области. Синтаксоны эпиксильной растительности моховидных устанавливали с использованием техники классификации J. Braun-Blanquet [11] и сравнивали с классификационной системой сообществ бриофитов, разработанной для Центральной и Западной Европы [14] и Башкортостана [2]. Названия синтаксонов и их диагнозы даны в соответствии с требованиями «Кодекса фитосоциологической номенклатуры» [10]. Экологические режимы ассоциаций по влажности, кислотности, освещенности оценивали по оптимальным индикационным шкалам Р. Дюлля [12]. Названия мхов класса Bryopsida даны согласно спискам моховидных на территории бывшего СССР [15].

Микросукцессионные изменения выявляли в широколиственных лесах, неморальных сосняках и ельниках. Широколиственные леса представлены сообществами ассоциации *Fraxino excelsioris-Quercetum roboris* Bulokhov 2003, состав древостоя I подъяруса 6Д4Яс+Ол.ч, Кл.пл. Сосняки неморальные включают сообщества ассоциации *Vaccinio myrtilli-Quercetum roboris* Bulokhov 2003, состав древостоя I подъяруса 9С1Б+Д. Ельники неморальные включали фитоценозы, принадлежащие к ассоциации *Melico nutantis-Piceetum abietis* (Cajand. 1921) K.-Lund 1962, состав древостоя I яруса 10Е, ед. С, Д.

В каждом из сообществ исследовали одиночные ВПК, располагающиеся открыто и состоящие из трех ранее указанных частей (ниш). Описание фитоценозов осуществляли постоянно в течение всех лет изучения. Датировочную шкалу развития ВПК составляли на основе визуальных признаков. Давность вывала деревьев определяли по степени разложения древесины [7]: стадия 0 – свежееупавший ствол (ВПК), 1 – начало деструкции, 2 – интенсивная деструкция, 3 – полная деструкция, 4 – окончание гумификации, 5 – стадия земляного вала. Все описанные ВПК подразделяли на группы в зависимости от их растительности и окружающего биотопа. Из каждой группы подробно описывали 5 ... 10 наиболее типичных одиночных ветровальных комплексов, остальные относили к одному из уже известных состояний. Описания бриоценозов и группировок мхов осуществляли 3 раза в год, когда элементы ВПК не укрыты снегом.

Формы роста моховидных оценивали по системе С.У. Gimingham et al. [13]. Характеристика элементов исследованных ВПК представлена в табл. 1.

Всего на вывалах разных возрастов встречено и определено 30 видов листостебельных мхов (19 родов), 1 род печеночников и 4 вида лишайников (3 рода). Они были классифицированы по обилию и особенностям распределения на элементах ВПК. На всех этапах зарастания участков изменяется число видов мхов (табл. 2). Наибольшее их число представлено в широколи-

ственных лесах. Общее количество видов увеличивается на 2-й, 3-й и 4-й стадиях развития ВПК.

Особое внимание было уделено микросукцессионным сменам эпифитных и эпиксильных бриосообществ моховидных на стволах валежника. Подобные смены сообществ ранее не выделялись. Характер зарастания ствола упавшего дерева приблизительно сходен во всех биотопах. Нами исследованы стволы, полностью лежавшие на земле. До зеленых мхов на них могут поселяться печеночники (предположительно представители рода *Ptilidium*) и лишайники (обычно *Cetraria pinastri*).

При описании и классификации моховых сообществ на стволах валежника, представляющих собой постепенно разрушающуюся древесину, мы пришли к выводу о последовательных сменах микросообществ мхов, формирующих следующие ассоциации.

Таблица 1

Размер элементов ВПК на разных стадиях развития

Сообщество	Стадия деструкции древесины					
	0	1	2	3	4	5
Высота бугра, см						
Сосняк неморальный	183	145	110	84	45	33
Широколиственный лес	205	118	93	89	48	37
Ельник неморальный	201	109	75	61	39	18
Глубина западины, см						
Сосняк неморальный	69	51	47	42	21	14
Широколиственный лес	79	49	43	39	26	17
Ельник неморальный	73	56	38	34	17	11

Таблица 2

Число видов моховидных на различных элементах ВПК

Сообщество	Элемент ВПК	Стадия деструкции древесины					
		0	1	2	3	4	5
Сосняк неморальный	Бугор	3	3	7	4	3	4
	Западина	2	3	4	6	4	3
	Валежник	8	8	8	12	11	8
Широколиственный лес	Бугор	4	3	5	5	6	4
	Западина	4	6	5	5	5	4
	Валежник	8	9	10	15	14	13
Ельник неморальный	Бугор	2	2	2	4	3	3
	Западина	1	3	2	2	3	3
	Валежник	7	7	8	9	10	7

В широколиственных лесах: *Orthodicrano-Plagiothecietum laeti* (стадия 0) ⇒ *Platygyrietum repentis* (стадия 1) ⇒ *Ptilidio-Hypnetum pallescens* (стадия 2) ⇒ *Sanionietum uncinatis* (стадия 3) ⇒ *Plagiothecio laeti-Pohlietum nutantis*, *Pleurozio-Ptilietum crista-castrensis* (стадия 4) ⇒ *Tetraphis pellucida-community* (стадия 5).

В неморальном сосняке: *Orthodicrano-Plagiothecietum laeti* (стадия 0) ⇒ *Ptilidietum pulcherrimi* (стадия 1) ⇒ *Sanionietum uncinatis* (стадии 2, 3, 4) ⇒ *Pleurozio-Ptilietum crista-castrensis* (стадия 5).

В неморальном ельнике: *Brachythecietum reflexi* (стадия 0) ⇒ *Ptilidietum pulcherrimi* (стадия 1) ⇒ *Sanionietum uncinatis* (стадии 2, 3, 4) ⇒ *Pleurozio-Ptilietum crista-castrensis*, *Tetraphis pellucida-community* (стадия 5).

Ряд смен микросообществ, принадлежащих к различным ассоциациям, начинается эпифитными сообществами, заканчивается эпиксильными, которые представлены на 90 % облигатными эпиксилами или факультативными эпигейными видами [1]. Наибольшее количество ассоциаций выделено в широколиственных лесах, меньшее – в хвойных. В неморальных ельнике и сосняке на последней стадии разложения древесины отмечены сообщества сходных ассоциаций – *Pleurozio-Ptilietum crista-castrensis*. Все сообщества моховидных принадлежат к ассоциациям, относящимся к классу *Lepidozio-Lophocoletea heterophyllae*. В этот класс объединены бриосообщества, встречающиеся в основном на разлагающейся древесине, очень редко на живых деревьях. Диагностическим видом класса и порядка *Lophocoletalia heterophyllae* является *Plagiothecium laetum*. Порядок *Dicranetalia* объединяет эпиксильные, а также некоторые эпифитные сообщества. Диагностическими видами являются *Dicranum scorarium*, *Orthodicranum montanum*.

Анализ смены форм роста у моховидных в сериальных сообществах показал, что на поздних стадиях разрушения древесины преобладают Мт и Мs формы роста. Последовательность смен форм роста отражена в табл. 3.

В зависимости от стадий деструкции древесины изменялись показатели кислотности, увлажнения и освещенности субстрата (табл. 4).

Таблица 3

Смена форм роста моховидных в ассоциациях на стволах валежника ВПК

Ассоциация	Число видов мхов с определенной формой роста							
	Trh	t	Mr	Ms	Mt	W	D	Te
<i>Sanionietum uncinatis</i>	1	1	2	4	1	1	–	1
<i>Platygyrietum repentis</i>	–	1	–	5	1	–	–	–
<i>Ptilidietum pulcherrimi</i>	–	2	1	3	2	–	–	–
<i>Tetraphis pellucida-community</i>	2	1	2	3	–	–	1	–
<i>Plagiothecio laeti-Pohlietum nutantis</i>	2	2	3	4	–	–	–	1
<i>Ptilidio-Hypnetum</i>	1	1	2	6	–	–	–	–

pallescens								
Brachythecietum reflexi	1	1	1	4	–	–	–	–
Orthodicrano- Plagiothecietum laeti	1	2	1	4	–	–	–	1
<i>Pleurozio-Ptilietum crista-castrensis</i>	1	2	2	3	1	4	–	–

Примечание. Курсивом выделены сообщества на полностью разложившейся древесине ствола. Формы роста моховидных: Trh – высокие плотные дерновинки, t – низкие дерновинки, Mг – грубые коврики, Ms – плоские коврики, Mt – нитевидные коврики, W – сплетения, D – древовидные формы, Те – пучковатоветвистые дерновинки.

Таблица 4

Смена экологических режимов сообществ ассоциаций

Ассоциация	Балл экологического режима субстрата		
	К	В	С
Sanionietum uncinatis	3, 3	5,5	5,5
Platygyrietum repentis	4,8	4,6	5,7
Ptilidietum pulcherrimi	4,1	4,6	5,7
<i>Tetraphis pellucida-community</i>	3,2	5,3	4,1
Plagiothecio laeti-Pohlietum nutantis	3,5	5,5	4,7
Ptilidio-Hypnetum pallescens	6,3	5,6	5,3
Brachythecietum reflexi	6,8	6,4	4,9
Orthodicrano-Plagiothecietum laeti	6,3	6,9	5,5
<i>Pleurozio-Ptilietum crista-castrensis</i>	3,2	4,4	5,8

Примечание. К – кислотность (pH), В – влажность, С – освещенность.

Все сообщества произрастают на среднеувлажненном субстрате (т. е. наблюдались мезосериальные ряды), предпочитают полутень (освещенность 4,1 ... 5,8 балла). Эти показатели экологического режима не изменяются. Гораздо более разнообразны показатели кислотности субстрата. На ранних стадиях разложения древесины бриосообщества предпочитают умеренно кислые субстраты (pH 5,5 ... 6,9), на полностью разложившейся – кислые (pH до 5,5). Формирование и смена сообществ в мезосериальных рядах формирует неоднородность пространственной структуры сообществ и указывает на различия в экологических режимах местообитания.

Таким образом, зарастание элементов ВПК идет независимо от экологических условий, что обусловлено их различием. Совокупность смен моховой растительности и бриофлоры, зарегистрированная на ВПК, является комплексом сходящихся микросукцессий, которые идут под влиянием окружающего фитоценоза и приводят к его восстановлению на нарушенном участке. Анализируя и сравнивая видовой состав и структуру естественных

и реконструированных лесных сообществ, можно оценить степень их сукцессионной нарушенности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Анищенко, Л.Н.* Бриофлора и синтаксономия моховой растительности Юго-Западного Нечерноземья России [Текст]: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Л.Н. Анищенко. – Брянск, 2001. – 23 с.
2. *Баишева, Э.З.* Синтаксономия эпифитной и эпиксильной моховой растительности в лесах Башкирии [Текст]: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Э.З. Баишева. – Уфа, 1995. – 187 с.
3. *Бобров, А.А.* Циклическая динамика сообществ еловых лесов в связи с одиночными и групповыми вывалами [Текст] / А.А. Бобров, Н.Ю. Гончарук, В.И. Желтухина // Сукцессионные процессы в заповедниках России и проблемы сохранения биологического разнообразия. – СПб.: РБО, 1999. – С. 333–354.
4. *Самохина, Т.Ю.* Структура и спонтанная динамика хвойно-широколиственных лесов Среднего Урала [Текст]: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Т.Ю. Самохина. – М.: МПГУ, 1997. – 16 с.
5. *Скворцова, Е.Б.* Экологическая роль ветровалов [Текст] / Е.Б. Скворцова, Н.Г. Уланова, В.Ф. Басевич. – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 192 с.
6. *Смирнова, О.В.* Реконструкция лесного пояса Восточной Европы и проблема поддержания биологического разнообразия [Текст] / О.В. Смирнова, С.А. Турубанова // Успехи современной биологии. – 2001. – Т. 121, № 2. – С. 144–159.
7. *Спирин, В.А.* Особенности динамики деструкции валежа в ненарушенных южнотаежных фитоценозах [Текст] / В.А. Спирин, А.И. Широков // Микология и фитопатология. – 2002. – Т. 37 (1). – С. 22–33.
8. *Стороженко, В.Г.* Датировка разложения валежа ели [Текст] / В.Г. Стороженко // Экология. – 1990. – № 6. – С. 66–69.
9. *Широков, А.И.* Экологические особенности, внутриценотическая структура и динамика пихто-ельников липовых в условиях южной тайги низменного Заволжья [Текст]: автореф. дис. ... канд. биол. наук / А.И. Широков. – Н. Новгород: ННГУ, 1998. – 22 с.
10. *Barkmann, J.J.* Code of phytosociological nomenclature [Text] / J.J. Barkmann, J. Moravec // Vegetatio. – 1986. – Vol. 67. – P. 145–195.
11. *Braun-Blanquet, J.* Pflanzensoziologie. Grundzüge der vegetations Kunde. [Text] / J. Braun-Blanquet. – Wien – New York: Springer-Verlag. – 1964. – Aufl. 3. – 865 S.
12. *Dull, R.* Zeigerwerte von Laub und Lebermoosen [Text] / R. Dull // Zeigerwerte von pflanzen in Mitteleuropa. – Gattingen. – 1992. – Aufl. 18.2. – S. 175–214.
13. *Gimingham, C.Y.* Preliminary investigations on the structure of bryophytic communities [Text] / C.Y. Gimingham, R. Dull // Oans. Br. Bryol. Soc. – 1950. – Vol. 1, N 4. – P. 330–344.
14. *Huebschmann, A.* Prodromus der Moosgesellschaften Zentraleuropas [Text] / A. Huebschmann // Bryof. Bibl. – Berlin – Stuttgart: J. Cramer-Verlag. – 1986. – Bd. 32. – S. 1–313.
15. *Ignatov, M.S.* Chek-list of mosses of the former USSR [Text] / M.S. Ignatov, O.M. Afonina // Arctoa. – 1992. – Vol. 1-2. – P. 1–86.

Поступила 21.08.06

L.N. Anishchenko

Bryansk State University

Briophyte Community Dynamics on Windfall-soil Complexes in Bryansk Area of Broad-leaved Forest Zone

Seven corticolous and arboricolous mesophilous moss communities are singled out of 35 moss species. Characteristic of associations' ecological modes is given according to R. Dull.

Keywords: windfall-soil complex, syntaxons, briophyte communities, habitat heterogeneity, demutational succession, microsuccessions.

УДК 630*187:582.475.2

А.В. Манов

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Манов Алексей Валерьевич родился в 1983 г., окончил в 2005 г. Сыктывкарский лесной институт, филиал С.-Петербургской лесотехнической академии, аспирант Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Имеет 2 научные работы по структуре фитоценозов притундровых ельников.
E-mail: manov@gmail.ru



СТРОЕНИЕ ДРЕВОСТОЕВ ПРИТУНДРОВЫХ ЕЛЬНИКОВ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРО-ВОСТОКА*

Приведены материалы, характеризующие строение древостоев притундровых ельников. Выявлены взаимосвязи диаметра с возрастом и высотой. Определена возрастная структура древостоев.

Ключевые слова: Крайний Север, коренные ельники, строение древостоев.

В притундровых лесах европейского Северо-Востока России доминируют еловые сообщества. Они занимают около 70 % лесопокрытой площади и относятся к защитным лесам. Хозяйство в них необходимо вести, основываясь на глубоком знании структуры фитоценозов. Различные аспекты строения древостоев притундровых ельников Европейского Севера отражены в работах [4, 5, 9, 11, 14, 15, 16 и др.]. Отмечена различная возрастная структура ельников в этом регионе. Однако еловые сообщества, расположенные в северо-западной части Республики Коми, исследованы слабо.

Цель данной работы – изучить строение древостоев притундровых ельников разных типов.

Исследования проводили в бассейнах нижних течений малых рек Щелина (65°54' с.ш., 52°16' в.д.) и Сосья (65°55' с.ш., 52°37' в.д.), расположенных по обоим берегам р. Печоры. Согласно Б.А. Семенову и др. [11], район исследования относится к Восточно-Европейской притундровой лесорастительной области Печорской лесорастительной провинции. В одиннадцати типах ельников по общепринятым методам [8] были заложены пробные площади размером 0,12 ... 0,24 га. Типы леса определяли по В.Н. Сукачеву и С.В. Зонну [13]. На каждой пробной площади проводили лесоводственно-таксационное описание, сплошной пересчет деревьев, у 20 ... 25 деревьев измеряли высоты. Возраст древостоя определяли по кернам, взятым у шейки корня 10 ... 15 деревьев ели и 5 ... 10 сопутствующих пород и по спилам на этой же высоте у 5 ... 7 елей и 3 ... 5 сопутствующих пород.

* Работа выполнена при поддержке РФФИ 07-04-00104 под руководством проф. К.С. Бобковой.

Таксационные материалы анализировали в соответствии с методическими указаниями [7]. Статистический анализ выполняли по С.Н. Свалову [10]. Тип возрастной структуры древостоев устанавливали по С.А. Дыренкову [6].

Исследуемые притундровые ельники представлены ненарушенными коренными сообществами. Они формируют смешанные по составу древостои (табл. 1). Доминирует ель, присутствует береза (всегда), имеются лиственница и сосна (реже). Древостои низкопродуктивные, относятся в основном к V-Vб классам бонитета. Сумма площадей сечения их также невелика, в основном $10,3 \dots 21,7 \text{ м}^2 \cdot \text{га}^{-1}$. Запас древесины растущих деревьев колеблется в пределах $73 \dots 144 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$. Морошково-сфагновый и сфагновый ельники представлены рединой с суммой площадей сечения $6,1$ и $5,6 \text{ м}^2 \cdot \text{га}^{-1}$ и запасом древесины $17,2$ и $15,6 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ соответственно. Лишь древостой ельника разнотравно-зеленомошного достигает полноты $35,6 \text{ м}^2 \cdot \text{га}^{-1}$ и запаса древесины $266 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$. Число растущих деревьев ели в древостоях различных типов ельника изменяется в пределах $427 \dots 1025 \text{ экз. га}^{-1}$. Сухостой в основном представлен тонкомерными деревьями, объем которых не превышает 10 % от общего запаса.

Анализ распределения деревьев по ступеням толщины показывает, что в древостоях всех типов леса отмечается большое колебание среднеарифметического диаметра ($\bar{X} \pm \bar{\sigma}$) у ели (от $8,5 \pm 2,7$ до $17,2 \pm 6,7$) и у березы (от $7,3 \pm 2,5$ до $26,6 \pm 2,8$ см). Коэффициент вариации (V) изменяется от 25,9 до 42,2 % для ели и от 10,5 до 43,7 для березы. По данным С.В. Ярославцева [16], этот показатель для ели на Крайнем Севере колеблется от 24 до 41%, а по Б.А. Семенову и др. [11] достигает 90 %. Асимметрия рядов распределения (A) ели положительная (до + 1,48 при среднем + 0,66), березы – отрицательная в сфагновом типе и положительная в остальных (до + 1,90). Эксцесс (E) ели колеблется от – 0,96 до + 2,78, березы от – 1,50 до + 2,34 (табл. 2). Вычисленные критерии χ , определяющие тип кривой Пирсона, имеют отрицательные значения. Практически во всех случаях было соблюдено условие отнесения кривой к типу I при $\chi < 0$. Лишь у ели в одном из ельников чернично-сфагновых критерий $\chi > 0$, что свидетельствует о нарушении структуры древостоя низовым пожаром.

Для ельников Крайнего Севера характерна сложная форма строения древостоев по высоте. Деревья разновысотные, но четкая ярусность не выражена. Ранее И.И. Гусев [4] отмечал, что коэффициент варьирования высот в разновозрастных ельниках этого региона составляет $24 \dots 36 \%$, в среднем $31,4 \pm 0,8 \%$. С увеличением средней высоты древостоев он возрастает, а асимметрия и эксцесс рядов распределения по высоте уменьшаются, причем варьирование средней высоты достигает 9 м [16].

По нашим данным (табл. 3), выявляется тесная связь между таксационным диаметром и высотой деревьев, которая описывается логарифмической кривой $y = a \ln(x) - b$ с коэффициентом аппроксимации (R^2) для ели в пределах $0,55 \dots 0,96$, для березы $0,41 \dots 0,97$. Связь между диаметром и возрастом деревьев в большинстве ельников довольно низкая ($R^2 = 0,07 \dots 0,57$) или ее нет вообще.

Таблица 2

Статистики рядов распределения деревьев по ступеням толщины

Тип леса	$\bar{X} + \bar{\sigma}$, см	V, %	A	E	χ
Ель					
Зеленомошно-лишайниковый	13,8 ± 4,6	33,7	+ 0,20	- 0,79	- 0,02
Зеленомошный	14,3 ± 6,0	41,5	+ 0,58	- 0,49	- 0,14
Разнотравно-зеленомошный	16,7 ± 7,0	42,2	+ 0,30	- 0,94	- 0,03
Приручейный	17,2 ± 6,7	39,2	+ 0,14	- 0,96	- 0,01
Чернично-сфагновый	9,0 ± 2,3	25,9	+ 0,84	+ 1,88	+ 0,39
	12,3 ± 4,2	34,6	+ 0,50	- 0,14	- 0,19
Зеленомошно-сфагновый	9,2 ± 3,4	37,1	+ 1,48	+ 2,78	- 2,51
Долгомошно-сфагновый	12,9 ± 5,1	39,7	+ 0,57	- 0,94	- 0,10
	11,3 ± 4,1	35,9	+ 0,37	- 0,71	- 0,06
Морошково-сфагновый	8,7 ± 2,6	30,0	+ 0,67	- 0,79	- 0,14
Сфагновый	8,5 ± 2,7	32,2	+ 1,43	+ 2,56	- 2,30
Береза					
Зеленомошно-лишайниковый	9,4 ± 2,5	26,1	+ 0,52	- 0,78	- 0,09
Зеленомошный	9,4 ± 3,8	40,8	+ 1,24	+ 0,49	- 0,48
Разнотравно-зеленомошный	26,6 ± 2,8	10,5	+ 0,52	- 0,51	- 0,12
Приручейный	11,8 ± 5,0	42,6	+ 1,03	+ 0,51	- 0,48
Чернично-сфагновый	8,3 ± 2,5	29,9	+ 1,00	- 0,07	- 0,32
	10,7 ± 4,1	38,5	+ 1,07	+ 1,24	- 1,13
Зеленомошно-сфагновый	9,2 ± 4,0	43,7	+ 1,00	- 0,28	- 0,29
Долгомошно-сфагновый	13,8 ± 4,6	33,7	+ 0,20	- 0,79	- 0,02
	12,0 ± 3,9	32,9	+ 0,41	- 0,91	- 0,06
Морошково-сфагновый	7,3 ± 2,5	33,7	+ 1,90	+ 2,34	- 0,97
Сфагновый	9,3 ± 2,5	26,7	- 0,38	- 1,50	- 0,04

В исследованиях возрастной структуры древостоев коренных ельников севера таежной зоны [1–4, 9, 11, 14 и др.] отмечается их разновозрастность. По С.А. Дырренкову [6], появление условно одновозрастных и в редких случаях разновозрастных еловых древостоев на Европейском Севере соответствует некоторым фазам восстановительных (пирогенные, связанные со сплошными ветровалами и рубками) смен растительности. В разных типах леса наблюдаются большие колебания возраста деревьев ели (V-X классы), хотя в некоторых типах ельников отдельные экземпляры достигают 270, а в сфагновом 320 лет (см. табл. 1).

Таблица 3

**Взаимосвязь диаметра с высотой и возрастом ели
в древостоях притундровых ельников**

Тип леса	Высота			Возраст		
	R^2	a	b	R^2	a	b
Зеленомошно-лишайниковый	0,96	8,68	– 11,13	0,49	58,76	– 59,09
Зеленомошный	0,75	9,21	– 12,34	0,57	47,27	1,91
Разнотравно-зеленомошный	0,84	10,01	– 14,68	0,12	28,73	50,00
Приручейный	0,65	7,43	– 7,88	0,04	15,56	80,02
Чернично-сфагновый	0,86	8,37	– 11,13	0,57	74,36	– 51,75
Зеленомошно-сфагновый	0,59	5,83	– 5,97	0,48	104,07	– 122,98
Зеленомошно-сфагновый	0,87	8,02	– 9,86
Долгомошно-сфагновый	0,73	9,36	– 11,76	0,52	55,7	70,40
Морошково-сфагновый	0,95	8,96	– 12,72	0,07	– 40,75	283,42
Сфагновый	0,83	6,13	– 5,95	0,07	15,55	109,58
Сфагновый	0,55	4,62	– 4,37	0,35	106,22	– 106,60

Согласно схеме классификации типов возрастной структуры для таежных ельников Европейского Севера [6], четыре древостоя из одиннадцати исследованных относятся к абсолютно разновозрастным с групповым смещением поколений. Это ельники разнотравно-зеленомошный, зеленомошный, долгомошно-сфагновый и морошково-сфагновый (рис. 1). К абсолютно разновозрастным с равномерным смещением деревьев, представляющих различные поколения, относятся древостои ельников зеленомошно-сфагнового и сфагнового типов (рис. 2). Древостой абсолютно разновозрастной структуры соответствует представлению о «равномерном восстановительном процессе» [12]. В ельниках чернично-сфагновом, зеленомошно-лишайниковом и долгомошно-сфагновом древостои относительно разновозрастные с депрессивными фазами динамики (преобладают поколения нисходящего ряда), что знаменуют собой результаты неглубоких депрессий (постклимаксовое сообщество) (рис. 3). Здесь происходит накопление древесного запаса. Относительно разновозрастные древостои отражают дискретность возобновительного процесса, его волновой характер в определенных типах лесных биогеоценозов. Согласно С.В. Ярославцеву [15], В.Г. Чертовскому и др. [14], Б.А. Семенову и др. [11], в редких случаях в притундровых ельниках встречаются условно одновозрастные древостои. Нами такой древостой выявлен в одном из ельников чернично-сфагновых (рис. 4), что соответствует некоторым фазам пирогенных смен растительности. Согласно С.А. Дыренкову [6], в этих фазах с самого начала или после разрушения листовного полога сериальных фитоценозов возникают ельники, которым присущи закономерности строения нормальных древостоев, что подтверждается и данными наших статистических исследований. В древостое ельника приручейного по количеству преобладают деревья восходящего ряда.

На рис. 4 кривая распределения деревьев по диаметру свидетельствует о наличии двух поколений. Это же подтверждается и распределением запасов древесины по толщине, где больше деревьев нисходящего ряда. Данный древостой по распределению числа деревьев и их запаса по толщине не вписывается в схему классификации типов возрастной структуры ельников по С.А. Дыренкову [6]. Но по этим признакам он ближе к относительно разновозрастному древостою.

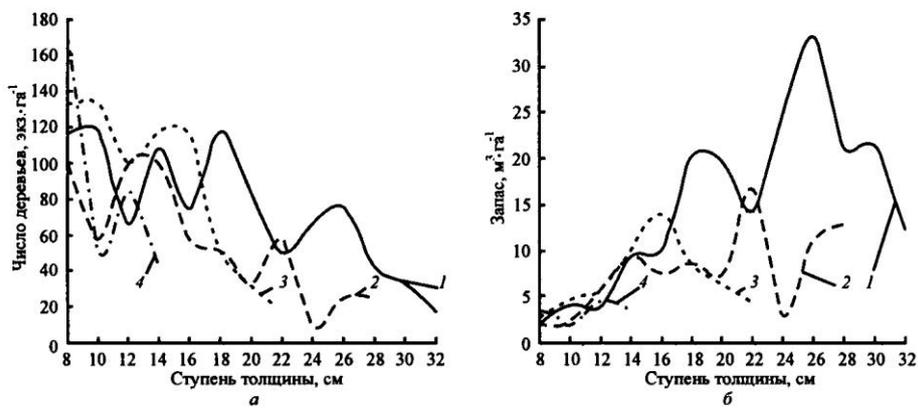


Рис. 1. Распределение числа стволов (*а*) и запасов древесины (*б*) в ельниках: 1 – разновозрастно-зеленомошном; 2 – зеленомошном; 3 – долгомошно-сфагновом; 4 – морошково-сфагновом

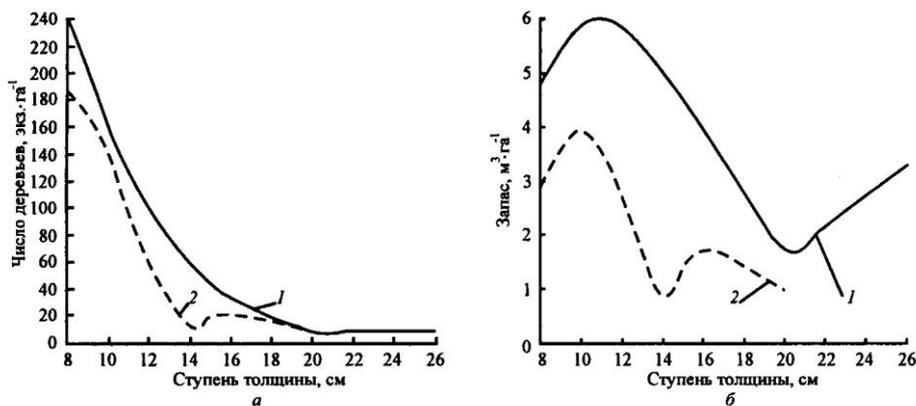


Рис. 2. Распределение числа стволов (*а*) и запасов древесины (*б*) в ельниках: 1 – зеленомошно-сфагновом; 2 – сфагновом

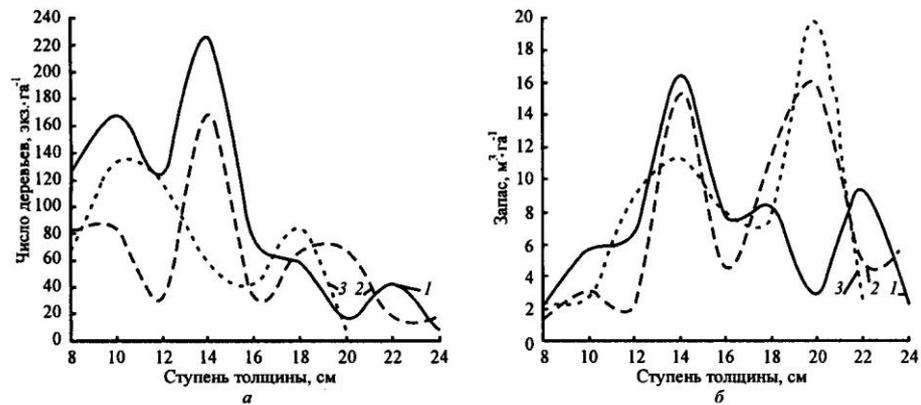


Рис. 3. Распределение числа стволов (а) и запасов древесины (б) в ельниках: 1 – чернично-сфагновом; 2 – зеленомошно-лишайниковом; 3 – долгомошно-сфагновом

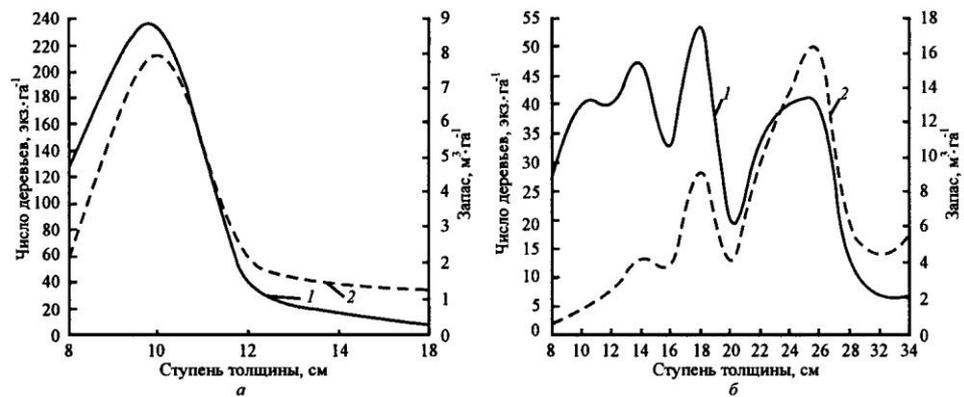


Рис. 4. Распределение в ельниках чернично-сфагновом (а) и приречном (б): 1 – числа стволов; 2 – запасов древесины

Таким образом, притундровые ельники формируют смешанные по составу древостои. При господстве ели в них встречаются береза, сосна, лиственница. Ельники имеют V-Vб классы бонитета, характеризуются сильным колебанием среднеарифметического диаметра деревьев. Выявлена тесная связь между диаметром и высотой деревьев, между диаметром и возрастом она низкая или отсутствует. Древостои ельников сложные по возрастной структуре, абсолютно и относительно разновозрастные, в редких случаях условно одновозрастные.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Валяев, В.Н. Возрастная структура ельников Мезенского района [Текст] / В.Н. Валяев // Лесн. журн. – 1961. – № 5. – С. 25–29. – (Изв. высш. учеб. заведений).

2. Волков, А.Д. Биоэкологические основы эксплуатации ельников северо-запада таежной зоны России [Текст] / А.Д. Волков. – Петрозаводск: Кар НЦ РАН, 2003. – 273 с.
3. Воропанов, П.В. Ельники Севера [Текст] / П.В. Воропанов. – М.; Л.: Гослесбумиздат, 1960. – 172 с.
4. Гусев, И.И. Продуктивность ельников Севера [Текст] / И.И. Гусев. – Л.: ЛГУ, 1978. – 232 с.
5. Гусев, И.И. Структура ельников Крайнего Севера [Текст] / И.И. Гусев, С.В. Ярославцев // Лесн. журн. – 1988. – № 6. – С. 111–113. – (Изв. высш. учеб. заведений).
6. Дыренок, С.А. Структура и динамика таежных ельников [Текст] / С.А. Дыренок. – Л.: Наука, 1984. – 174 с.
7. Лесотаксационный справочник для Северо-Востока европейской части СССР (нормативные материалы для Архангельской, Вологодской областей и Коми АССР) [Текст]. – Архангельск: АИЛиЛХ, 1986. – 558 с.
8. ОСТ 56-69–83. Пробные площади лесоустроительные. Метод закладки [Текст]. – М.: ЦБНТИ Гослесхоза СССР, 1983. – 60 с.
9. Пахучий, В.В. Леса с особым режимом ведения хозяйства [Текст] / В.В. Пахучий, П.А. Перчаткин // Лесн. хоз-во и лесные ресурсы Республики Коми. – М.: Изд.-продюсерский центр «Дизайн. Информация. Картография», 2000. – С. 245–268.
10. Свалов, С.Н. Применение статистических методов в лесоводстве [Текст] / С.Н. Свалов. – М.: ВИНТИ, 1985. – 164 с. – (Итоги науки и техники. Сер. Лесоведение и лесоводство; Т. 4).
11. Семенов, Б.А. Притундровые леса европейской части России (природа и ведение хозяйства) [Текст] / Б.А. Семенов [и др.]. – Архангельск: СевНИИЛХ, 1998. – 332 с.
12. Сукачев, В.Н. Динамика лесных биогеоценозов [Текст] / В.Н. Сукачев // Основы лесной биогеоценологии. – М.: Наука, 1964. – С. 458–486.
13. Сукачев, В.Н. Методические указания к изучению типов леса [Текст] / В.Н. Сукачев, С.В. Зонн. – М.: АН СССР, 1961. – 144 с.
14. Чертовской, В.Г. Предтундровые леса [Текст] / В.Г. Чертовской [и др.]. – М.: ВО Агропромиздат, 1987. – 168 с.
15. Ярославцев, С.В. Возрастное строение ельников Крайнего Севера [Текст] / С.В. Ярославцев // Лесн. журн. – 1986. – № 3. – С. 9–13. – (Изв. высш. учеб. заведений).
16. Ярославцев, С.В. Особенности строения ельников Крайнего Севера [Текст] / С.В. Ярославцев // Лесн. журн. – 1992. – № 4. – С. 29–32. – (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 02.03.07

A.V. Manov
Institute of Biology Komi Scientific Centre Ural Branch of RAS

Forest Stands Structure of Pre-tundra Spruce Forests in European North-East

Materials characterizing stand structure of pre-tundra spruce forests are provided. Interrelation of diameter with age and height are revealed. Age structure of forest stands is determined.

Keywords: Far North, primary spruce forests, forest stand structure.



УДК 625.711.84:539.43

А.С. Миляев

С.-Петербургская государственная лесотехническая академия

Миляев Александр Сергеевич родился в 1936 г., окончил в 1959 г. Ленинградское высшее военное инженерно-техническое училище ВМФ, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой строительной механики С.-Петербургской государственной лесотехнической академии, заслуженный работник высшей школы РФ. Имеет более 150 научных работ в области механики деформируемого твердого тела, в том числе по механике силового взаимодействия конструкций и сооружений с грунтом при статических и динамических нагрузках.
E-mail: icffi@home.ru



ПРОЧНОСТНЫЕ РАСЧЕТЫ КОНСТРУКЦИЙ ЗИМНИХ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Предложен новый метод расчета конструкций зимних лесовозных автомобильных дорог, базирующийся на концепции, принятой в СНиПах, и численном методе конечных элементов.

Ключевые слова: зимние лесовозные дороги, прочностные и теплотехнический расчеты, метод конечных элементов.

В соответствии с инструкцией [3] вывозку леса в зимний период, где позволяют климатические условия, следует проектировать по зимним снежным или ледяным дорогам, намечаемым для освоения участков лесного массива с неустойчивыми грунтами и болотами. В настоящее время нет нормативных документов по расчету конструкций зимних лесовозных автомобильных дорог.

В работе В.С. Морозова [6] предпринята попытка применить метод конечных элементов (МКЭ) к прочностным расчетам оснований зимних автодорог на болотах. При этом конструкция дороги представлена многослойной балкой неограниченной длины, лежащей на линейно-деформируемом основании (Винклера) и характеризуемой специально определяемым эквивалентным модулем упругости.

Мы предлагаем при проектировании и расчете конструкций зимних лесовозных автодорог использовать общепринятую в строительных нормах методологию расчета инженерных сооружений, с учетом особенностей мерзлого естественного основания, с помощью программного комплекса, реализующего МКЭ на современных персональных компьютерах [4].

Метод расчета базируется на следующей концепции [5]. Проектирование зимних дорог представляет собой единый процесс конструирования и расчета всех ее элементов, включая естественное (земляное) основание, на прочность, деформативность (жесткость) и устойчивость; расчетные схемы должны учитывать слоистость конструкции дороги, неравномерное распределение температур по глубине конструкции, возможность армирования древесными материалами; расчеты должны быть автоматизированы. Конструкции зимних автомобильных дорог по характеру деформирования и математическим моделям разделяют на две группы:

1) из слоя уплотненного снега, снегольда или льда на естественном основании из мерзлого минерального грунта, жесткость которого сравнима с жесткостью верхнего слоя. Такие конструкции рассчитывают как плиты на упругом слоистом основании (полупространстве);

2) на слабых грунтах, ледяном покрове или болотах. Конструкции таких дорог состоят из слоев мерзлого торфа, снега и льда, лежащих на поверхности воды, талого торфа или слабых грунтов, жесткость которых существенно ниже жесткости верхних слоев. Слабыми считают грунты, модуль упругости которых не превышает 5 МПа. В этом случае покрытие можно рассматривать как тонкую плиту, лежащую на линейно-деформируемом основании (Винклера).

Расчет конструкции зимней дороги объединяет две взаимосвязанные задачи:

теплотехнический расчет распределения температур по толщине конструкции, включая земляное полотно;

расчеты на прочность, жесткость (по деформациям) и устойчивость.

Основные временные подвижные и длительные статические нагрузки на покрытия зимних дорог возникают от лесовозных автопоездов и лесных гусеничных машин.

Процесс конструирования и расчета состоит из следующих этапов:

в зависимости от геолого-гидрологических и природно-климатических условий, а также конструкции дороги выбирают предельные состояния, определяющие работоспособность дороги (критерии прочности, жесткости и устойчивости);

рассчитывают силовые нагрузки, действующие на конструкцию дороги;

строят дискретную математическую модель конструкции дороги и численным методом на персональном компьютере находят параметры напряженно-деформированного состояния ее элементов при действии расчетных нагрузок;

результаты расчета сравнивают с параметрами предельных состояний конструкции дороги и в случае их несоответствия корректируют и повторяют расчеты. При этом рассматривают альтернативные варианты конструкций с их технико-экономическим обоснованием и выбирают наилучший.

Схема алгоритма расчета представлена на рис. 1.

Критерии прочности, жесткости и устойчивости конструкций зимних автодорог могут быть найдены следующим образом.

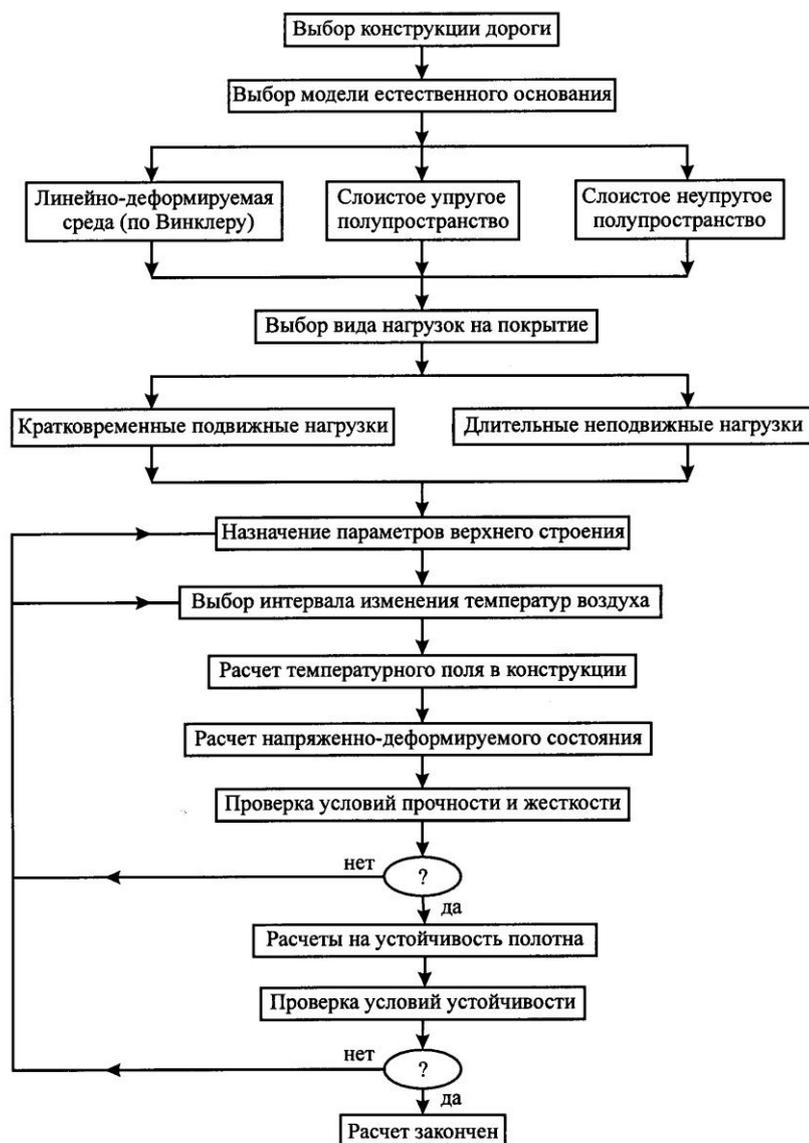


Рис. 1. Схема расчета конструкций зимних дорог

Механические характеристики (в том числе расчетные сопротивления) снега, льда и мерзлых минеральных и биогенных грунтов, служащих строительными материалами для зимних лесовозных дорог, должны быть определены в зависимости от их отрицательной температуры, полученной теплотехническим расчетом конструкции дороги.

Критерий жесткости устанавливают по данным ведомственных и отраслевых норм [1, 2, 7].

Основное аналитическое выражение, на базе которого построены нормы [1, 2, 7], связывает максимальный упругий прогиб Δ_{\max} поверхности упругого полупространства с давлением p по площади круга диаметром D и имеет вид: $\Delta_{\max} = pD(1 - \nu^2)/E$, где E , ν – модуль упругости и коэффициент Пуассона полупространства. При этом неявно предполагают, что максимальный упругий прогиб Δ_{\max} заведомо меньше предельного значения для выбранного материала покрытия.

Формула для Δ_{\max} построена интегрированием по площади круга диаметром D решения задачи Буссинеска (1885г.) о напряженно-деформированном состоянии упругого полупространства при действии сосредоточенной силы на его поверхности.

Поскольку согласно нормам [1, 2, 7] давление p в шинах автотранспорта не должно превышать 0,6 МПа, а диаметр эквивалентного круга отпечатка колеса D обычно не более 0,4 м, максимальное произведение pD равно 0,24 МН/м. Тогда из формулы для Δ_{\max} вытекает однозначная связь между максимальным упругим прогибом и модулем упругости E .

В нормах [1, 2, 7] рекомендуется принимать предельные числовые значения требуемых общих модулей упругости конструкции дороги $E_{\text{тр}}$, соответствующих расчетной нагрузке от любых проходящих транспортных средств, в зависимости от категории дороги и типа покрытия, а весь расчет сводится к подбору приведенного (эквивалентного) общего модуля упругости $E_{\text{об}}$ конструкции дороги, превышающего $E_{\text{тр}}$.

В частности, для дорог V категории с переходным типом покрытия в нормах [7] рекомендуют принимать $E_{\text{тр}} = 50$ МПа. С учетом динамичности нагрузки произведение pD надо умножить на коэффициент динамичности k_d ($k_d \leq 1,3$). Тогда модулю упругости $E_{\text{тр}} = 50$ МПа при $\nu = 0,3$ соответствует максимальный упругий прогиб $\Delta_{\max} = 1,3 \cdot 0,24 \cdot 10^6 \cdot 0,91 / 50 \cdot 10^6 = 5,68$ мм, который можно принять в качестве допустимого Δ_{adm} для дорог V категории независимо от вида транспортных средств, воздействующих на покрытие дороги.

Критерий устойчивости конструкции дороги определяется предельным (разрушающим) сопротивлением мерзлых грунтов плоскостному сдвигу. Как показывают опыты, предельное сопротивление мерзлых грунтов сдвигу τ_{lim} обусловлено силами сцепления $c(-T, t)$ и внутреннего трения $\text{tg}\varphi(-T, t)p$ и при давлениях до 0,15 МПа может быть описано уравнением Кулона с переменными параметрами, зависящими от отрицательной температуры T и времени действия нагрузки t :

$$\tau_{\text{lim}} = c(-T, t) + \text{tg}\varphi(-T, t)p. \quad (1)$$

При этом чем ниже температура мерзлого грунта, тем больше его сопротивление сдвигу, возрастающее с ростом угла внутреннего трения $\varphi(-T, t)$ и сцепления $c(-T, t)$. Так, для мерзлой глины при влажности $W_{\text{sum}} = 33\%$ и температуре $T = -1$ °С угол внутреннего трения $\varphi = 14$ °, а при $T = -2$ °С имеем $\varphi = 22$ °. При температуре, близкой к 0 °С, углы внутреннего трения мерзлых и немерзлых грунтов практически равны, сцепление же значительно больше у мерзлых.

В общем сопротивлении сдвигу мерзлых грунтов сцепление составляет 60 ... 95 %, что позволяет в расчетах учитывать лишь сцепление.

Пример расчета. В качестве примера рассмотрим конструкцию зимней дороги на естественном биогенном грунте (на торфяной залежи), поперечный разрез которой представлен на рис. 2; биогенный грунт опирается на слой грунта достаточной толщины с модулем деформации более 100 МПа, так что, согласно СНиП [8], для расчета напряженно-деформированного состояния (НДС) биогенного грунта при действии статических нагрузок можно использовать модель линейно-деформируемого слоя (модель Винклера). По ледяному покрытию дороги движется гусеничная машина НГ-60, вызывающая наиболее опасное НДС конструкции зимней ледяной дороги.

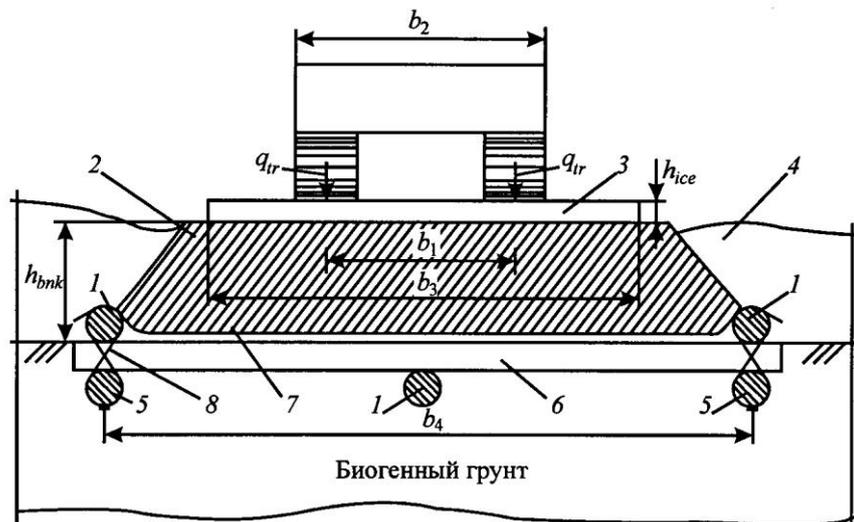


Рис. 2. Расчетная схема зимней дороги на биогенном грунте: 1 – продольные лаги-ограничители; 2 – насыпь из минерального грунта; 3 – снежно-ледяное покрытие; 4 – уплотненный снег; 5 – нижние продольные лаги; 6 – прореженный поперечный настил; 7 – геотекстильная прослойка; 8 – проволочная скрутка

На рис. 2 обозначено: q_{tr} – нагрузка от гусениц машины НГ-60, $q_{tr} = 59$ кН/м; b_1 – расстояние между гусеницами поперек дороги, $b_1 = 2,6$ м; b_2 – ширина кузова, $b_2 = 3,3$ м; b_3 – ширина снежно-ледяного покрытия, $b_3 = 6$ м; b_4 – ширина основания насыпи, $b_4 = 10$ м; h_{ice} – толщина снежно-ледяного покрытия; h_{bnk} – толщина насыпи.

Распределение температур по толщине конструкции зимней дороги на естественном биогенном грунте в период промерзания найдем из теплотехнического расчета при следующих исходных данных.

Естественное основание – заторфованный грунт, плотность в талом и мерзлом состояниях $\rho_{fnd,th} = 400$ кг/м³, суммарная влажность $W_{fnd,tot} = 200$ %,

коэффициент теплопроводности в талом состоянии $\lambda_{fnd,th} = 0,93$, мерзлом $\lambda_{fnd,fr} = 1,39$ Вт/(м·град), удельная теплоемкость в талом состоянии $c_{fnd,th} = 3,15$, мерзлом $c_{fnd,fr} = 2,28$ кДж/(кг·град); толщина слоя грунта $h_{fnd} \approx 1,5$ м.

Насыпь – песок, плотность $\rho_{bnk} = 1600$ кг/м³, суммарная влажность $W_{bnk,tot} = 20$ %, коэффициент теплопроводности в талом грунте $\lambda_{bnk,th} = 2,15$, мерзлом $\lambda_{bnk,fr} = 1,39$ Вт/(м·град), удельная теплоемкость талого грунта $c_{bnk,th} = 1,44$, мерзлого $c_{bnk,fr} = 1,34$ кДж/(кг·град); толщина насыпи $h_{bnk} \approx 0,3$ м.

Зависимость температуры воздуха от времени в течение последних пяти суток примем по графику рис. 3; глубину промерзания грунта h_{fr} на данном участке дороги будем считать равной 1,9 м; температуру грунта на этой глубине – нулю.

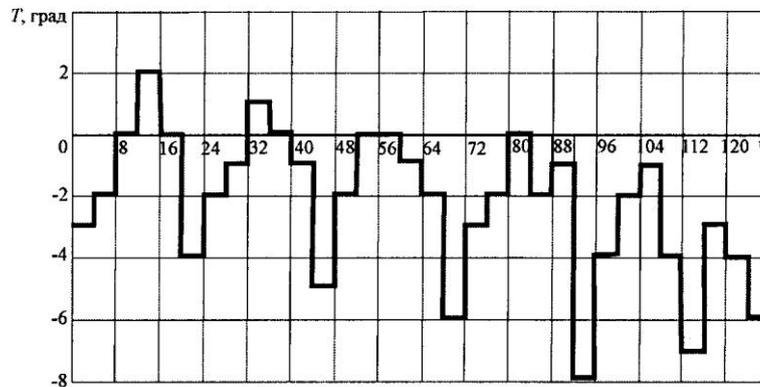


Рис. 3. Температура воздуха в течение последних пяти суток

Температура воздуха над поверхностью грунта изменяется со временем по заданному на рис. 3 закону $T_{air} = T_{air}(t)$, в среднем переходя к отрицательным значениям и вызывая замерзание слоя грунта переменной толщины $\xi = \xi(t)$, которая зависит от времени. Нижняя подвижная граница промерзшего слоя грунта S_{fr} всегда имеет температуру замерзания T_{fr} . Здесь происходит фазовое превращение поровой воды в лед, сопровождающееся выделением скрытой теплоты кристаллизации (плавления) Q_{fr} , удельное значение которой равно 335 кДж/кг. В результате на поверхности S_{fr} возникают внутренние источники тепла интенсивностью $q_V = \rho Q_{fr} W_{gr} (d\xi/dt)$, где W_{gr} – влажность грунта, $d\xi/dt$ – скорость перемещения границы S_{fr} . На поверхности S_{fr} в силу закона сохранения энергии должно быть выполнено условие сопряжения тепловых потоков:

$$A \left(\lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial n_1} + \lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial n_2} \right) = A (\rho Q_{fr} W_{gr} \frac{d\xi}{dt}), \quad (2)$$

где A – площадь поверхности S_{fr} ;

n – внешняя нормаль к этой поверхности;

1 и 2 – индексы, относящиеся к мерзлому и незамерзшему грунту.

Дифференцирование выполняют вдоль нормалей к поверхности раздела, проведенных в обе среды. На глубине $x = H$ температура грунта остается неизменной: $T(H, t) = T_H$. Распределение температуры по глубине массива $T = T(x, t)$ в любой момент времени t при известном q_V можно получить численным решением одномерного дифференциального уравнения нестационарной задачи теплопроводности:

$$c\rho \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) + q_V \quad (3)$$

в области $0 < x < H$, $0 < t < \infty$, где c , ρ , λ – коэффициенты, зависящие от координаты точки x .

Приближенно скорость перемещения $d\xi/dt$ границы S_{fr} находим из решения задачи (3), рассматривая положение границы S_{fr} в соседние моменты времени t_{i-1} и t_i способом последовательных приближений следующим образом. В нулевом приближении принимаем $q_V = 0$ и из решения уравнения (3) определяем координату ξ_0 положения поверхности S_{fr} . Тепловой поток от внутренних источников q_V через поверхность S_{fr} можно найти, используя левую часть уравнения (2):

$$q_V = A \left(\lambda_1 \frac{\Delta T_1}{\Delta x_1} - \lambda_2 \frac{\Delta T_2}{\Delta x_2} \right), \quad (4)$$

где ΔT_1 , ΔT_2 – разности температур в слоях мерзлого и незамерзшего грунта, примыкающих к поверхности S_{fr} ;

Δx_1 , Δx_2 – толщины слоев мерзлого и незамерзшего грунта.

Подставляя полученное значение q_V в уравнение (3) и решая его, определяем координату ξ_1 положения поверхности S_{fr} по истечении промежутка времени $\Delta t = t_i - t_{i-1}$; скорость перемещения $d\xi/dt$ границы S_{fr} приближенно равна $(\xi_1 - \xi_0)/\Delta t$. Тепловой поток q_V через поверхность S_{fr} далее можно найти, используя правую часть уравнения (2):

$$q_V = A[\rho Q_{fr} W_{gr} (d\xi/dt)]. \quad (5)$$

Таким же путем получаем координату ξ_2 положения поверхности S_{fr} и скорость ее перемещения $d\xi/dt$; по уравнению (5) определяем q_V и подставляем его в уравнение (3); находим координату ξ_3 и повторяем процедуру до тех пор, пока не остановится поверхность S_{fr} , т. е. не будет выполнено равенство $\xi_i = \xi_{i-1}$.

По программе ЗЕНИТ-95 [3] выполнен расчет распределения температуры по толщине конструкции зимней дороги в период ее промерзания, согласно которому грунт насыпи замерзает приблизительно к концу четвертых суток. Толщина мерзлого слоя грунта основания составляет около 0,8 м.

В качестве конечных элементов (КЭ) использован шестигранный объемный элемент с восьмью узлами. В нулевом приближении принимали, что насыпь и естественное основание находятся в талом состоянии.

При выполнении прочностных расчетов использовали следующие исходные данные. Температура воздуха над поверхностью покрытия $T_{air} = -4$ °С; насыпь – замерзшая, $T = -2$ °С; биогенный грунт основания –

замерзший на глубину 1,5 м, $T = -2$ °С. Толщина снежно-ледяного покрытия $h_{ice} = 0,1$ м; плотность $\rho_{ice} = 600$ кг/м³, модуль упругости при сжатии $E = 4700$ МПа, коэффициент Пуассона $\nu = 0,5$; модуль сдвига $G = 580$ МПа; расчетные сопротивления: на растяжение при изгибе $R_{d,bi} = 1,35$ МПа, на сжатие $R_{d,c} = 2,25$ МПа, на срез $R_{d,sh} = 0,55$ МПа. Толщина мерзлой песчаной насыпи $h_{bnk} = 0,3$ м; плотность $\rho_{bnk} = 1600$ кг/м³, модуль упругости при сжатии $E = 9200$ МПа, коэффициент Пуассона $\nu = 0,15$; модуль сдвига $G = 3600$ МПа; расчетные сопротивления: на растяжение при изгибе $R_{d,bi} = 0,8$ МПа, на сжатие $R_{d,c} = 9,6$ МПа, на срез $R_{d,sh} = 0,55$ МПа. Толщина слоя мерзлого биогенного грунта основания $h_{fnd} = 1,5$ м; плотность $\rho_{fnd} = 400$ кг/м³, общая влажность $W_{tot} = 400$ %, расчетные сопротивления: на растяжение $R_{dt} = 1,3$ МПа, на сжатие $R_{dc} = 2,3$ МПа.

Поперечный прореженный настил и продольные лаги изготовлены из бревен сосны диаметром 10 ... 12 см с шагом 1 м. Механические характеристики древесины: плотность $\rho_{wd} = 850$ кг/м³, модуль упругости вдоль волокон $E = 10\,000$ МПа, поперек волокон $E_{0,90} = 400$ МПа; коэффициент Пуассона поперек волокон при напряжениях, направленных вдоль волокон, $\nu_{90,0} = 0,5$, вдоль волокон при напряжениях, направленных поперек волокон, $\nu_{0,90} = 0,02$; модуль сдвига $G = 500$ МПа; расчетные сопротивления древесины 3-го сорта: на растяжение при изгибе $R_{d,b} = 10$ МПа, на сжатие $R_{d,c} = 10$ МПа, на срез $R_{d,sh} = 0,6$ МПа.

Нагрузки, действующие на конструкцию дороги: $q_{g,ice}$, $q_{g,bnk}$ – равномерно распределенная нагрузка от собственного веса покрытия и насыпи; v_{lng} – полосовая равномерно распределенная нагрузка на гусеницу машины НГ-60, равная 59 кН/м; машина располагалась посередине рассматриваемого участка дороги.

Коэффициент постели мерзлого биогенного грунта основания χ определим по закону Гука: $\chi = E_{fnd}A/h_{fnd} = 45 \cdot 1/1,5 = 30$ МН/м, где E_{fnd} – модуль упругости мерзлого торфа на сжатие при температуре -1 °С и влажности 400 %, равный 45 МПа; A – площадь участка основания насыпи, приходящейся на один узел КЭ-модели.

КЭ-модель участка дороги длиной 23 м принята состоящей из следующих элементов: снежно-ледяное покрытие – прямоугольные изгибаемые пластины; насыпь – восьмиузловые объемные элементы; естественное основание – упругие элементы; бревна поперечного и продольного настила – балочные элементы.

По программе ЗЕНИТ-95 выполнен расчет распределения перемещений, усилий и напряжений в элементах конструкции зимней дороги на биогенном грунте при статическом действии гусеничной нагрузки.

Деформированная КЭ-модель верхней части конструкции зимней дороги на биогенном грунте при действии НГ-60 представлена на рис. 4. Вертикальные перемещения s узловых точек отмечены черными квадратами, нагрузка на узлы КЭ-модели показана стрелками. Максимальное по абсолютному значению вертикальное перемещение покрытия дороги

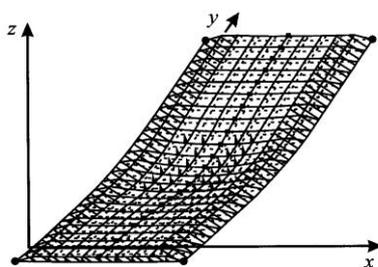


Рис. 4. Деформирование верхней части конструкции зимней дороги

$s = 0,39$ мм, что меньше допустимого упругого прогиба для дорог V категории с переходным типом покрытия $\Delta_{adm} = 5,68$ мм, следовательно, рассматриваемая конструкция зимней дороги обладает достаточной жесткостью.

Максимальные по модулю усилия и напряжения в элементах конструкции дороги и расчетные сопротивления имеют следующие значения:

снежно-ледяное покрытие (прямоугольные изгибаемые пластины): главное растягивающее напряжение $\sigma_I = 1,14$ кПа, сжимающее $\sigma_{III} = 22$ кПа; расчетные сопротивления льда на растяжение при изгибе $R_{d,bt} = 1,35$ МПа, на сжатие $R_{d,c} = 2,25$ МПа;

насыпь (восьмиузловые объемные элементы): $\sigma_I = 44$ кПа, $\sigma_{III} = 62$ кПа; расчетные сопротивления мерзлого песка на растяжение при изгибе $R_{d,bt} = 0,8$ МПа, на сжатие $R_{d,c} = 9,6$ МПа;

бревна продольного настила (балочные элементы): $N_t = 245$ Н, $N_c = 164$ Н; напряжения: $\sigma_t = 245/(3,14 \cdot 0,12^2) = 5,42$ кПа, $\sigma_c = 164/(3,14 \cdot 0,12^2) = 3,63$ кПа; расчетные сопротивления древесины на растяжение при изгибе $R_{d,bt} = 10$ МПа, на сжатие $R_{d,c} = 10$ МПа;

бревна поперечного настила (балочные элементы): наибольшая растягивающая продольная сила $N_t = 232$ Н, сжимающая $N_c = 101$ Н; напряжения: $\sigma_t = 232/(3,14 \cdot 0,12^2) = 5,13$ кПа, $\sigma_c = 101/(3,14 \cdot 0,12^2) = 2,23$ кПа; расчетные сопротивления древесины те же, что для бревен продольного настила.

Сравнивая наибольшие вычисленные напряжения в элементах конструкции дороги с расчетными сопротивлениями, заключаем, что прочность конструкции дороги обеспечена.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ВСН 46–83. Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа [Текст]. – М.: Транспорт, 1985. – 157 с.
2. ВСН 197–91. Инструкция по проектированию жестких дорожных одежд [Текст]. – М.: Транспорт, 1992. – 56 с.
3. ВСН 01–85. Инструкция по проектированию лесозаготовительных предприятий [Текст]. – М.: Минлесбумпром СССР, 1986. – 135 с.
4. Курков, С.В. Метод конечных элементов в задачах динамики механизмов и приводов [Текст] / С.В. Курков. – СПб.: Политехника, 1992. – 224 с.
5. Миляев, А.С. Автоматизированный расчет конструкций зимних лесовозных дорог [Текст]: учеб. пособие / А.С. Миляев. – СПб: СПбЛТА, 2006. – 302 с.

6. Морозов, В.С. Расчет и проектирование оснований зимних дорог на болотах [Текст]: учеб. пособие / В.С. Морозов. – Архангельск: АГТУ, 1999. – 235 с.
7. ОДН 218.046–01. Проектирование нежестких дорожных одежд [Текст]. – М.: Гос. служба дорожного хозяйства Мин-ва транспорта РФ, 2001.
8. СНиП 2.02.01–83*. Основания зданий и сооружений [Текст]/ Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 1999. – 48 с.

Поступила 04.06.07

A.S. Milyaev
Saint-Petersburg Forest-Technical Academy

Strength Design Calculations for Winter Wood Tracks by Finite Element Method

A new method of design calculation for winter wood tracks is offered based on the concept accepted by the Construction Norms and Rules and finite element method.

Keywords: winter wood tracks, strength and heat engineering calculations, finite element method.



УДК 630*652.3: 658.783

А.А. Карякин

Архангельский государственный технический университет

Карякин Алексей Андреевич родился в 1982 г., окончил в 2005 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры промышленного транспорта АГТУ. Имеет одну печатную работу по автоматизированному проектированию лесовозных автомобильных дорог.
E-mail: shpriz@atnet.ru



К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЗАПАСОВ ДРЕВЕСИНЫ НА СКЛАДАХ ЛЕСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Проанализирован один из инструментов определения надежности системы поставок круглых лесоматериалов на лесоперерабатывающие предприятия Архангельской области. Рассмотрены механизм теории Маркова, системы массового обслуживания, возможность их применения к стохастическим системам поставок.

Ключевые слова: лесоматериалы круглые, поставки, управление запасами, логистика, вероятность, надежность системы.

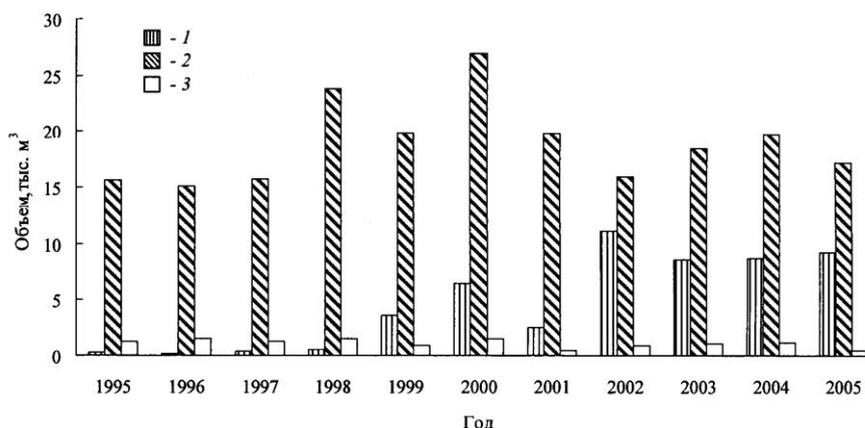
Лесозаготовительное производство представляет собой цепочку последовательных технологических операций, основными из которых являются валка леса, вывозка древесины и производство круглых лесоматериалов. Независимо от технологии лесозаготовок (хлыстовая или сортиментная), технических средств, применяемых для валки леса и транспортировки древесины, технологические и производственные параметры являются ключевыми при определении потребности в технологическом и транспортном оборудовании, выборе режимов его эксплуатации и прогнозировании объемов производства [1, 2].

Эксплуатируемые в лесозаготовительной отрасли новейшие автоматизированные системы управления технологическими процессами регистрируют большой объем производственной информации, однако ее использование сводится к исчислению средних показателей.

На современном этапе развития лесозаготовительное производство функционирует на базе основных 16 лесотранспортных систем [4]. Качество функционирования оценивается различными критериями в натуральном, стоимостном и трудовом выражении. Ввиду того, что вывозка, перевозка и производство лесоматериалов представляют собой сложный стохастический процесс, не представляется возможным применение методов линейного программирования [4].

Рассмотрим процесс поступления древесины на склад на примере ОАО ЛДК № 3 (26-й лесозавод) – одного из лесоперерабатывающих предприятий Архангельской области, занимающихся производством экспортной пилопродукции. Объем производства составляет примерно 1200 м³ в сутки.

Поставки сырья осуществляют тремя видами транспорта: автомобильным, железнодорожным и водным. Средние их объемы за период с 1995 г. по 2005 г. представлены на рисунке.



Объем поставок круглых лесоматериалов: 1 – автомобильный; 2 – водный; 3 – железнодорожный транспорт

Поставки лесоматериалов на склад предприятия – случайные величины, так как осуществляются в неизвестные моменты времени. Лишь сроки транспортировки в плотях оговариваются отдельно и зависят от съемного уровня на плотбище.

Каждая поставка любой транспортной единицей требует затрат на разгрузочные работы, размещение, содержание и подачу на распиловку. Слишком большие запасы продукции ведут к замораживанию средств предприятия, слишком малые – к возможной остановке производства из-за дефицита сырья. Необходимо найти оптимальный режим работы предприятия как системы с ограниченными ресурсами, минимальными затратами на создание и содержание запасов, максимумом надежности в таких условиях [1, 2].

Товарно-материальные запасы всегда считались фактором, обеспечивающим безопасность системы снабжения, ее гибкое функционирование, и являлись своего рода страховкой. Поскольку запасы относятся к числу объектов, требующих больших капиталовложений, они представляют собой один из факторов, определяющих политику предприятия и воздействующих на уровень логистического обслуживания в целом. Существуют следующие три вида товарно-материальных запасов: 1) сырьевые материалы (в том числе комплектующие изделия и топливо); 2) товары, находящиеся на стадии изготовления; 3) готовая продукция. Перечисленные виды представляют собой материальные ценности, ожидающие производственного или личного потребления. В связи с этим можно утверждать, что запас – это форма существования материального потока [1].

Рассматривая процесс поставки лесоматериалов от верхнего лесосклада до предприятия, представим его как непрерывный по времени материальный поток с дискретным состоянием. Рассмотрим цепочку поставки

лесопroduкции на склад ОАО ЛДК № 3 с точки зрения теории вероятности и определим надежность работы системы, когда нет дефицита древесины. Для анализа используем аппарат непрерывной цепи Маркова и теории массового обслуживания [3]. На балансе предприятия имеются три механизма, обеспечивающих разгрузку автомобильного транспорта и подачу древесины из воды. Применим к данной операции систему массового обслуживания с n каналами ($n > 1$) [3, 5], одновременно возможно обслуживание трех поступивших единиц.

Допустим, что в начальный момент времени t склад предприятия был пуст и система находилась в состоянии S_1 . В следующий момент осуществлена поставка q -го объема продукции, и система переходит в состояние S_2 . Далее она может перейти как в состояние S_3 , так и вернуться в состояние S_2 вследствие расходования сырья для производства готовой продукции.

Обозначим через $P_i(t)$ вероятность того, что в момент t система S находится в состоянии S_i ($i = 0, 1, \dots, n$). Определим для любого t вероятности состояний $P_0(t), P_1(t), P_2(t), \dots, P_i(t)$. Очевидно, что

$$\sum_{i=1}^n P_i(t) = 1.$$

Для непрерывного процесса вместо переходных вероятностей P_{ij} рассматривают их плотности λ_{ij} , представляющие собой предел отношения вероятности перехода системы за время Δt из состояния S_i в состояние S_j к длине промежутка Δt :

$$\lambda_{ij}(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P_{ij}(t; \Delta t)}{\Delta t}. \quad (1)$$

Здесь $P_{ij}(t; \Delta t)$ – вероятность того, что система, пребывавшая в момент t в состоянии S_i , за время Δt перейдет из него в состояние S_j (при этом всегда $i \neq j$).

Рассматривая временной конечный ряд из n элементов, вероятности состояний $P_i(t)$ (см. формулу (1)) находят решением системы дифференциальных уравнений (уравнений Колмогорова), имеющих вид

$$\frac{dP_i(t)}{dt} = \sum_{j=1}^n \lambda_{ji} P_j(t) - P_i(t) \sum_{j=1}^n \lambda_{ij}, \quad (2)$$

где $\sum_{j=1}^n \lambda_{ji} P_j(t)$ – поток вероятности перехода из состояния S_i в S_j , причем ин-

тенсивность потоков λ_{ji} может изменяться во времени или быть постоянной.

Уравнения (2) составляют по размеченному графу состояний системы, пользуясь следующим мнемоническим правилом: производная вероятности каждого состояния равна сумме всех потоков вероятности, идущих из других состояний в данное, минус сумма всех потоков вероятности, идущих из данного состояния в другие [3]. Чтобы решить систему дифференциаль-

ных уравнений (2), нужно задать начальное распределение вероятностей $P_0(0), P_1(0), P_2(0), \dots, P_i(0)$:

$$P_0(0) = P_1(0) = P_2(0) = \dots = P_i(0) = 0.$$

Составим матрицу возможных переходов системы (табл. 1) и определим вероятности поступления сырья.

Таблица 1

Матрица переходов								
Состояние системы	S_0	S_1	S_2	S_3	S_1+S_2	S_1+S_3	S_2+S_3	$S_1+S_2+S_3$
S_0	0	1	1	1	1	1	1	1
S_1	1	0	1	1	1	1	1	1
S_2	1	1	0	1	1	1	1	1
S_3	1	1	1	0	1	1	1	1
S_1+S_2	1	1	1	1	0	1	1	1
S_1+S_3	1	1	1	1	1	0	1	1
S_2+S_3	1	1	1	1	1	1	0	1
$S_1+S_2+S_3$	1	1	1	1	1	1	1	0

Учитывая, что система не может вернуться сама в себя, определим разное ее состояние: S_0 – начальное, когда запас на складе предприятия $q = 0$; S_1, S_2, S_3 – запас на складе увеличивается за счет поставки соответственно автомобильным, водным и железнодорожным транспортом; S_1+S_2 – на склад пребывает одновременно автопоезд и плот; S_1+S_3 – поступление сырья одновременно автомобильным и железнодорожным транспортом; S_2+S_3 – то же водным и железнодорожным транспортом; $S_1+S_2+S_3$ – тремя видами транспорта.

Для определения финальных вероятностей системы составим уравнения Колмогорова

$$\left. \begin{aligned} \frac{dP_0(t)}{dt} &= -l_c \sum_{i=1}^n \lambda_{0i} P_0(t) + \sum_{i=1}^{n-1} \mu_{i0}(t) P_i(t); \\ \dots\dots\dots \\ \frac{dP_0(t)}{dt} &= l_c \lambda_{0i} P_0(t) - \mu_{i0}(t) P_i(t); \\ \dots\dots\dots \\ \frac{dP_n(t)}{dt} &= l_c \lambda_{0n} P_0(t), \end{aligned} \right\}$$

где l_c – коэффициент, учитывающий интенсивность поступления по видам транспорта (среднесуточный объем поступления), $l_c = 20 \dots 90 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Рассчитывая финальные вероятности перехода системы из одного состояния в другое, определяем вероятности поставки сырья на предприятие и запасы его на складе. Интенсивность поступления сырья, время обслуживания по видам транспорта и финальные вероятности представлены в табл. 2.

Таблица 2

Характеристики поступления сырья на склад

Показатель	Автомобильный транспорт	Водный транспорт	Железнодорожный транспорт
Средняя интенсивность поступления	12 автомобилей в день	1 плот в 2 недели (10 000 м ³)	3 вагона в день
Среднее время обслуживания, ч	0,5	12,0	1,8
Вероятность перехода:			
P_1	$P_1 = 0,07$	$P_2 = 0,08$	$P_3 = 0,19$
P_4		0,15	–
P_5	–		0,27
P_6	0,26	–	0,26
P_7		0,34	
Ожидаемый запас, м ³	223	657	146

Для стабильной работы предприятия необходимо, чтобы на складе сменный объем распиловки составлял 400 м³. Согласно табл. 2 ежедневные поставки автомобильным транспортом равны 223 м³ (60 %), водным 657 м³ (178 %), железнодорожным 146 м³ (36 %). Надежность поставки определяется как $z = -\log p_i$ [6], следовательно, минимальные поставки могут быть обеспечены как суммарные объемы автомобильным и железнодорожным транспортом в размере 369 м³, вероятность поступления 0,996.

На время распутицы основным видом транспорта становится железнодорожный, с вероятностью 0,98 на склад предприятия будет поставлено 176 м³ древесины (44 %), для нормальной суточной работы необходимо объемы поставок увеличить до 10 вагонов в день или создать резервные запасы на 15 сут (период распутицы) в весенне-летний и осенне-зимний периоды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алябьев, В.И.* Организация вывозки древесины: технологические расчеты, оперативное управление [Текст]: учеб. пособие / В.И. Алябьев. – М.: МГУЛ, 1995. – 126 с.
2. *Бахвалов, Л.А.* Моделирование систем [Текст]: учеб. пособие для вузов / Л.А. Бахвалов. – М.: Изд-во Моск. гос. горн. ун-та, 2006. – 295 с.
3. *Вентцель, Е.С.* Задачи и упражнения по теории вероятностей [Текст]: учеб. пособие для вузов / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2002. – 448 с.
4. *Меньшиков, А.М.* Технологический анализ и моделирование процессов лесозаготовок методами статистической динамики [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / А.М. Меньшиков. – Архангельск, 2007.
5. *Осипов, В.Т.* Маршрутизация перевозок и повышение ее эффективности [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / В.Т. Осипов. – СПб., 2005.
6. *Таха Хемди, А.* Введение в исследование операций [Текст] / А. Таха Хемди; пер. с англ. – 7-е изд. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2005. – 912 с.

Поступила 28.12.07

Arkhangelsk State Technical University

To Determination of Timber Stocks in Storages of Woodworking Mills

One of the instruments for determining the reliability of procurement system for round wood at woodworking mills of the Arkhangelsk region is realized. Markov's theory mechanism, mass service system, possibility of their application for stochastic procurement system are considered.

Keywords: round wood, procurement, stock control, logistics, probability, system reliability.

УДК 630*331

О.Н. Галактионов

Петрозаводский государственный университет

Галактионов Олег Николаевич родился в 1966 г., окончил в 1992 г. Петрозаводский государственный университет, доцент кафедры технологии и оборудования лесного комплекса ПетрГУ, заведующий лабораторией КарНИИЛПК ПетрГУ. Имеет 52 печатные работы по исследованию, оптимизации и моделированию технологических процессов лесозаготовок, утилизации лесосечных отходов.

E-mail: galakt@psu.karelia.ru



ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ ОБЪЕМОВ ОТХОДОВ ЛЕСОЗАГОТОВОК

Приведена методика измерения объемов и параметров распределения отходов лесозаготовок на лесосеке, основанная на методе линейных пересечений. Рассмотрены теоретические основы повышения точности измерений. Даны рекомендации по выбору на лесосеке характерных мест для исследований и снижению трудозатрат при их проведении.

Ключевые слова: лесозаготовки, вторичное сырье, измерение.

Отходы лесозаготовок в лесной и лесоперерабатывающей промышленности достигают 30 % от готовой продукции [1]. Это наиболее сложная для утилизации часть. Их низкая концентрация на лесосеке приводит к снижению производительности перерабатывающего оборудования.

Разработанные ранее методики ЦНИИМЭ и КарНИИЛПК [1, 2] опираются на априорные данные, требуют знать технологический процесс и в основном оценивают отходы лесозаготовок, образующиеся при хлыстовой технологии.

Предлагаемая нами методика свободна от необходимости предварительных знаний о технологическом процессе и может быть успешно использована в любых условиях. Она базируется на методе линейных пересечений [3, 5], при первоначальном применении которого было обнаружено завышение объема отходов лесозаготовок. Анализ теоретических основ позволил найти путь для коррекции, заключающийся в рассмотрении локальной области лесосеки в пределах разбиения мерного инструмента.

Методика определения объема и параметров распределения отходов лесозаготовок. Для повышения производительности, а также поиска мероприятий по увеличению концентрации отходов лесозаготовок необходимо определить их размещение в зависимости от технологического процесса. Основное содержание метода заключается в следующем: в исследуемой области проводят произвольную прямую (пробную), пересекающую отходы лесозаготовок; измеряют диаметры элементов отходов в точке пере-

сечения с пробной прямой; на основе аналитических формул определяют характеристики совокупности отходов лесозаготовок.

Метод дает возможность собирать данные об изменении концентрации отходов лесозаготовок в произвольной точке лесосеки, с некоторыми модификациями определять общий запас, запас по фракциям, распределение по диаметрам, изменение концентрации расположения, расстояние до точек средней и максимальной концентрации отходов. Измерения можно проводить для отходов, распределенных равномерно, сгруппированных в большие или малые кучи (охапки), расположенных толстым слоем на значительной площади, а также недостаточно сконцентрированных.

Метод применяют для исследования расположения отходов лесозаготовок после ручной и машинной валки, в условиях сортиментной и хлыстовой технологии, на сплошных и выборочных рубках, в любой области еси. Собирают данные о лесосеке: площадь, размеры, запас, породный состав, технологический процесс, способ очистки после сдачи лесосек, длина и ширина волоков, технологическая карта. При возможности следует оконтурить лесосеку, особенно если она имеет неправильную форму, необходимо определить объем отходов на всей лесосеке.

Выбор мест для измерений особенно важен, когда это касается одной, относительно небольшой области лесосеки и диктуется требуемой точностью определения расположения отходов лесозаготовок. Выбирают характерные для лесосеки места на расстоянии не менее 5 м от поворотов, областей ветровала, краев болот, сближений волоков с границами лесосеки и т. д., если не ставят цель обследовать именно такие области. Наиболее значимые места для измерений – пасеки, волока, погрузочные площадки.

Определение границ областей измерения. Таковыми являются естественные пределы, элементы транспортной сети, границы лесосеки, выделов, край волока, лесовозного уса, охраняемые территории. Формы области для проведения измерений (в порядке предпочтительности) – прямоугольник, равносторонний или равнобедренный треугольник, окружность, эллипс, произвольная форма. Если форма лесосеки не требует применения определенной формы области измерений, то последняя должна быть прямоугольной. После окончательного установления и размещения области измерений на местности определяют ее длину, ширину, пересчитывают число деревьев (пней) в границах области.

Проведение измерений. В выбранной области намечают и закрепляют на местности линии для отбора проб. В зависимости от размеров исследуемой области может быть одна или несколько линий. На основании обработки результатов предварительных измерений определяют минимальную длину линии (L) по формуле

$$L = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k x_i^2}{\frac{3\sigma_k}{h_k} - \sum_{i=1}^k \bar{x}_{Li} + 2\bar{x}_L \sum_{i=1}^k x_{Li}}}, \quad (1)$$

где x_i – величина признака в k -й линии;
 k – число пробных линий;
 σ_k – дисперсия, вычисленная для k -й линии;
 h_k – относительная частота появления средней величины признака для k -й пробной линии;
 \bar{x}_{Li} – среднее значение признака, приходящееся на единицу длины пробной линии для k -й линии, $\bar{x}_{Li} = x_{cp.k} / l_k$;
 \bar{x}_L – среднее значение признака, приходящееся на единицу длины суммарной пробной линии для всех линий, $\bar{x}_L = x_{cp.\Sigma} / \Sigma l_k$;
 x_{Li} – значение признака, приходящееся на единицу длины пробной линии для k -й линии, $\bar{x}_{Li} = x_{ki} / l_k$;
 l_k – длина k -й линии, м.

В прямоугольной области линии намечают параллельно одной из сторон на расстоянии, превышающем длину отходов лесозаготовок – обычно 5 ... 6 м; если исследования проводят в особых условиях, то для определения минимального расстояния между пробными линиями руководствуются данными работы [4] о ширине крон деревьев.

В симметричных областях линию отбора проб проводят вдоль оси симметрии, в произвольной области – произвольно, ближе к середине. Если обследуемый участок имеет тонкую перемычку, соединяющую две относительно большие области, их исследуют как отдельные части. Участки сложной формы предварительно оконтуривают, используя геодезические средства, технологическую карту или GPS-навигатор. На выбранном участке протягивают размеченный трос. Возможна прокладка линии по компасу, но в этих случаях трудно исключить близкие к линии, но не пересекающие ее элементы отходов лесозаготовок.

Измерения выполняют в два этапа: предварительный и основной.

Предварительные измерения имеют цель – снизить трудозатраты исследований за счет мелкой фракции (фона). Так как большую долю составляют отходы лесозаготовок малого сечения (до 5 мм), необходимо при прохождении первых нескольких линий (по крайней мере, на одной или на четверти длины при одной линии) измерять все элементы, пересекающие ее. Измерения ведут с точностью 1 мм. При переходе к основному этапу мелкую фракцию не учитывают, считая ее фоном и добавляя средние значения к концентрации, полученной в результате основных измерений. Величину фона определяют по приведенной далее формуле (6).

Основные измерения проводим в вариантах с определением массы, объема или толщины слоя.

Объемный вариант заключается в определении объема отходов лесозаготовок. В точке пересечения с линией отбора проб измеряют диаметр отходов диаметром свыше 5 мм с точностью 1 мм. Диаметр фиксируют в ведомости. При диаметре 100 мм и более измеряют длину элемента отходов лесозаготовок с точностью 0,01 м, при диаметре менее 100 мм длину не фиксируют.

Замеры проводят на метках троса и между ними, все измерения относят к предыдущей метке. При окончательной обработке результатов необходимо добавить значения фона из предварительного этапа измерений. Если пересеченный объект явно принадлежит к естественному отпаду древостоя, то при фиксации результатов следует сделать особую отметку и учитывать его отдельно. После предварительной обработки объем отходов лесозаготовок рассчитывают по формуле (6).

Объемный вариант применим при обследовании лесосек после очистки, при этом необходимо фиксировать протяженность кучи в направлении линии отбора проб и высоту.

Весовой вариант позволяет определить массу отходов лесозаготовок. Если они собраны в группы (кучи, пачки), то их обмеряют геометрически либо взвешивают и относят к соответствующей метке троса. Этот вариант рекомендуем использовать при обследовании мест рубок с отходами лесозаготовок, сформированными в небольшие кучи. Взвешивание производят с помощью динамометра (в нашем эксперименте ДПУ-0.01/2-1, предел измерения 10 кг). Результаты измерений заносят в таблицу. Фиксируют число деревьев в измеряемой области (если обследуется не вся лесосека), среднюю высоту дерева, породный состав. В особые отметки заносят данные о нехарактерных отходах лесозаготовок, древесном детрите, изменении растительности и т. д.

Исследование распределения отходов лесозаготовок на волоках. На пасечных, а тем более магистральных волоках практически невозможно провести исследование в описанном выше виде из-за большого переплетения отходов, поэтому была применена специально разработанная методика. Выделяют часть волока, как правило, прилежащую к обследуемой пасеке. Определяют длину и ширину обследуемого участка, затем через 1 м измеряют толщину слоя отходов с точностью 5 см. Поскольку слой отходов на волоке подвергается воздействию лесных машин, то образуются зоны сжатых отходов лесозаготовок и свободных. Обмер необходимо вести по этим зонам и для определения объема брать средние показатели.

Собранные данные могут быть использованы для проектирования технологических процессов утилизации, определения объема экономически доступных отходов лесозаготовок, оценки пожароопасности.

Обработка собранных данных. На основании предварительных измерений по формуле (1) определяют минимальную длину пробной линии, на которой должно быть установлено распределение отходов лесозаготовок. Предварительный расчет можно не проводить при известном опыте или в случае достаточно большой выборки.

Среднюю длину ветвей определяют по данным [4]. Средний объем элемента отходов лесозаготовок находят по формуле

$$\bar{X} = \frac{\pi S_w}{G} \bar{x} \sum_0^n \frac{1}{l_i}, \quad (2)$$

где S_w – площадь исследуемой области, м²;

G – коэффициент, характеризующий ее форму и размеры;

\bar{x} – среднее значение признака, м;

l_i – длина пересеченных элементов [4], м.

Коэффициент формы и размера исследуемой области вычисляют по формуле

$$G = \frac{1}{S_W} \left(\frac{S_{WA}}{A} + \frac{S_{WB}}{B} \right), \quad (3)$$

где S_{WA}, S_{WB} – площадь исследуемых подобластей, м²;

A, B – расстояние между линией отбора проб и максимально удаленной точкой области, м.

Среднюю концентрацию отходов рассчитывают по формуле

$$\rho = \frac{\sum_0^N X_i}{S_W} = \frac{\pi S_W \sum_0^n \frac{x_i}{l_i}}{S_W} = \frac{\pi \sum_0^n \frac{x_i}{l_i}}{G}, \quad (4)$$

где N – мощность генеральной совокупности, шт.;

X_i – значение признака в генеральной совокупности.

Локальную концентрацию находят по данным о расположении элементов отходов лесозаготовок по длине линии отбора проб.

Наиболее точная информация о концентрации лежит в пределах разбиения мерного троса, в нашем случае на площади $0,2 \times 0,2$ м. На этой площади не сказывается сбеги и известна длина элемента отходов лесозаготовок. Минимальная длина составляет цену деления линии отбора проб, в нашем случае $l_{\min} = l_{\text{ед}} = 0,2$ м; максимальная

$$l_{\max} = \sqrt{2l_{\text{ед}}^2} = \sqrt{2 \cdot 0,2^2} = 0,28 \text{ м}; \quad (5)$$

соответственно средняя $l_{\text{cp}} = 0,24$ м.

Объем (м³), сосредоточенный на единичной площади,

$$V_{\text{лок}} = \sum_{i=0}^n v_i = \frac{\sum_{i=0}^n \pi d_i^2 l_i}{4}, \quad (6)$$

с учетом $l_i = \text{const} = l_{\text{cp}}$ и площади, ограниченной ценой деления линии отбора проб, локальная концентрация составит (м³/м²):

$$\rho = \frac{V_{\text{лок}}}{S_{\text{ед}}} = \frac{\pi l_{\text{cp}} \sum_{i=0}^n d_i^2}{4l_{\text{ед}}^2}. \quad (7)$$

Учитывая, что l_{cp} и $l_{\text{ед}}$ связаны соотношением (5), преобразуем (7) к виду

$$\rho = \frac{\pi \sum_{i=0}^n d_i^2}{l_{\text{ед}} \sqrt{2^3}}. \quad (8)$$

Таким образом, изложенная методика позволяет оценить объем отходов лесозаготовок с более высокой точностью и одновременно получить данные о характере их распределения в исследуемой области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вторичные материальные ресурсы лесной и деревообрабатывающей промышленности (образование и использование) [Текст]: справочник. – М.: Экономика, 1983. – 224 с.
2. Выявление ресурсов низкокачественной и некондиционной древесины и определение направлений их использования [Текст]: отчет о НИР: 12-1-232-77 / КарНИИЛПК; рук. В.А. Васюков. – Петрозаводск, 1977. – 118 с. – № ГР 77075678. – Инв. № Б 65.9688.
3. *Галактионов, О.Н.* Формирование теоретической базы данных для натурных и модельных исследований по проблеме освоения лесосечных отходов [Текст] / О.Н. Галактионов // Экономические, экологические и технологические проблемы региона: науч. тр. Сер. Лесопромышленный комплекс. – Петрозаводск, 2004. – № 12. – С. 62–68.
4. *Полищук, А.П.* Валка леса [Текст] / А.П. Полищук. – М.: Лесн. пром-сть, 1964. – 231 с.
5. Naturjungung durch mechanshe Bodenverwundung?/Proll Willfrid, Ruhm Werner//Osterr. Forstztg. – 1995. – N 7, 106. – S. 34–35.

Поступила 17.12.07

O.N. Galaktionov
Petrozavodsk State University

Application of Linear Crossing Method in Assessment of Logging Wastes Volumes

The technique of measuring volumes and parameters of distributing logging wastes in the logging site based on the linear crossing method is provided. Theoretical bases of enhancing measurements accuracy are analyzed. Recommendations are provided for selection of characteristic places suitable for carrying out research and reduction of labor efforts.

Keywords: forest-harvesting, secondary raw material, measurement.

УДК 539.383

А.А. Попов

Архангельский государственный технический университет

Попов Андрей Анатольевич родился в 1981 г., окончил в 2003 г. Архангельский государственный технический университет, инженер-механик, аспирант кафедры теоретической механики АГТУ. Имеет одну печатную работу по теории удара.
Тел.: (8182) 21-61-64



МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТОВ ПО КОНТАКТНОМУ СЖАТИЮ ДВУХ ТЕЛ

Приведена методика выполнения опытов по контактному сжатию двух упругопластичных тел. Предложены расчетные выражения для определения параметров силовой функции на стадиях нагрузки и разгрузки взаимодействующих тел.

Ключевые слова: удар, деформация, силовая функция, коэффициенты пластичности и нелинейности.

Одним из основных способов решения задач на соударение двух тел является разработанная Г. Герцем [4] контактная теория удара, согласно которой при определении деформации двух соударяющихся тел предложено рассматривать их сжатие.

При выводе зависимости силовой функции $F = B\alpha^n$ от деформации α используют две основные величины. Для упругих тел это коэффициент упругости $B = K$ и показатель нелинейности $n = 3/2$. Их значения определяют аналитически [4]. Для пластичных тел в расчете применяют аналогичный коэффициент пластичности B и показатель нелинейности n , которые находят экспериментально. Серия таких экспериментов первоначально была предложена Г. Герцем и затем продолжена другими учеными [1, 2].

В настоящее время большое внимание уделяется совершенствованию методики экспериментов. Оригинальную методику разработал Д.Н. Шостенко [3]. В ее основе лежит использование универсального измерительного микроскопа УИМ-21, дополненного ручным прессом. Микроскоп предназначен для точного измерения элементов профиля резьбовых изделий, фрез, лекал, кулачков, разных сложных шаблонов и др. Перемещение тел в продольном и поперечном направлениях измеряют с помощью микрометров.

Микроскоп состоит из следующих частей (рис. 1): чугунная плита 1; продольные 3 и поперечные 2 направляющие; продольные 12 и поперечные 13 салазки; микроскопические винты для точной установки салазок 4 и 14; прямолинейные шкалы (цена деления 1 мм) 5 и 11; микроскопы со спиральным нониусом (цена деления 0,001 мм) 6 и 7; стойка 10; центральный микроскоп 8; угломерная окулярная головка 9.

Ручной пресс (рис. 2) включает: верхнее 5 и нижнее 1 основания, четыре стержня 2, нагружающий винт 6, гильзу 10, два прессовых цилиндра 9, верхнюю 7 и нижнюю 8 шайбы, шарик 4 и динамометр 3. Верхнее основание имеет резьбовое отверстие, в которое ввинчивается нагружающий

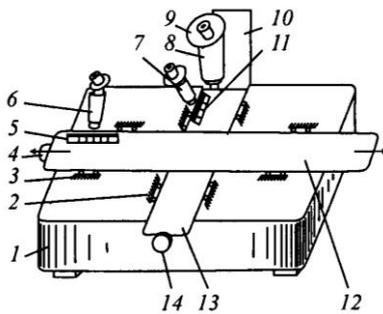


Рис. 1. Кинематическая схема универсального измерительного микроскопа УИМ-21

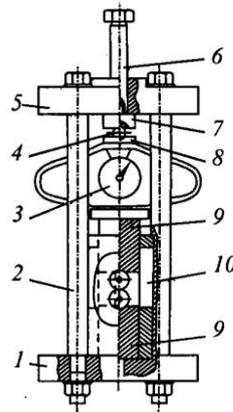


Рис. 2. Принципиальная схема ручного пресса

винт. Нижнее основание служит для установки и центровки гильзы с прессовыми цилиндрами. Небольшие конические выточки в каждом прессовом цилиндре позволяют точно зафиксировать образцы внутри гильзы. Последняя имеет три прорези, две из которых служат для установки образцов, а через третью измеряют деформации. С помощью нагружающего винта можно менять нагрузку от 0 до 10 кН.

Оборудование, показанное на рис. 1 и 2, Д.Н. Шостенко [4] использовал при сжатии двух установленных горизонтально стальных шариков из шарикоподшипниковой стали ШХ15 диаметром от 10,319 до 22,225 мм (рис. 3, а). В наших опытах один из шариков был заменен металлическим диском (рис. 3, б).

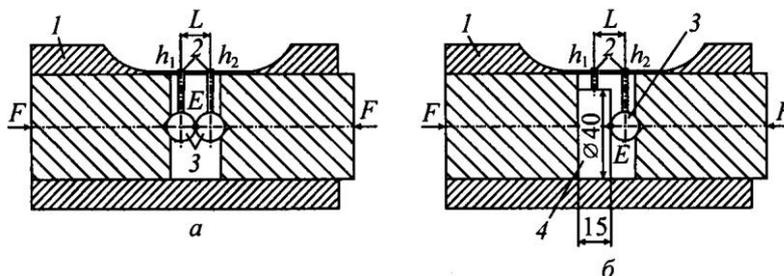


Рис. 3. Схема проведения замеров: а – по опытам Д.Н. Шостенко; б – по нашим опытам; 1 – гильза; 2 – направляющие стержни; 3 – шарик; 4 – металлический диск

Направляющие металлические стержни диаметром 2,5 мм приклеены к поверхности шарика (или диска) клеем «Супер момент». Их положение обозначено буквами h_1 и h_2 . Значения h_1 и h_2 определяли по прямолинейной шкале с помощью микроскопа УИМ-21 со спиральным нониусом, точность 0,001 мм. Разность между h_1 и h_2 дает расстояние L , т. е. $L = |h_1 - h_2|$. Разность между начальными L_0 и последующими значениями в процессе нагружения силой F равна контактной деформации тел α в точке E . Пары значений F и α аппроксимируют уравнением $F = B\alpha^n$, например по методу наименьших квадратов, и вычисляют значения B и n . После снятия силы F на каждой ступени разгрузки находят также остаточную деформацию α_1 .

Методика проведения опытов состоит из следующих этапов.

1. Выбор материала и подготовка образцов к экспериментам.
2. Размещение испытуемых образцов (шарик и пластина) внутри гильзы с последующей установкой внутри корпуса ручного пресса.
3. Выравнивание направляющих стержней, предназначенных для снятия показаний. Установка динамометра в корпусе ручного пресса.
4. Установка ручного пресса в горизонтальное положение на продольных салазках микроскопа.
5. Проведение первого этапа – нагрузка. К образцам прикладывают сжимающую силу F , значения которой изменяют от 0 до 10 кН с шагом 1 кН. Для каждой ступени определяют деформацию α .

6. Проведение второго этапа – разгрузка. После достижения сжимающей силой F максимального значения 10 кН ее начинают плавно (ступенчато) снижать до нуля. Через каждый 1 кН замеряют остаточные контактные деформации α_1 .

При проведении опытов на сжатие (рис. 3, а) для достижения достоверных результатов требовалось обеспечить точное центрирование шариков. При малейшем смещении их относительно друг друга результаты опытов становились недостоверными, что требовало большой обработки данных. В опытах по схеме рис. 3, б центрирование шарика и пластины происходило автоматически. Графики на стадиях нагрузки и разгрузки приведены на рис 4.

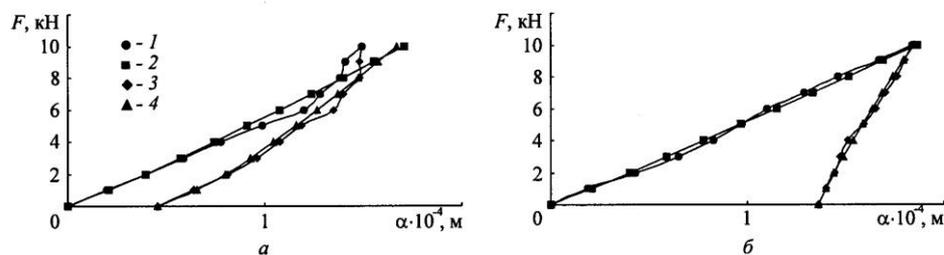


Рис. 4. График зависимости $F(\alpha)$: а – для шариков диаметром 12,005 и 15,075 мм; б – для шарика диаметром 19,045 мм и металлического диска (Ст. 3); 1, 2 – нагрузка; 3, 4 – разгрузка; 1, 3 – экспериментальные; 2, 4 – теоретические кривые

Наши опыты проведены при сжатии двух стальных шариков диаметрами 12,005; 15,075; 19,045 мм и шарика с металлическим диском диаметром 40 мм и толщиной 15 мм, изготовленного из разных материалов: сталь (Ст. 3), медь (М1Т), бронза (БрОЦС-555) и алюминий (АМГ-5).

Экспериментальные данные на стадии нагрузки аппроксимировали по методу наименьших квадратов с помощью уравнения

$$F_n = B\alpha^n,$$

где F_n – сжимающая (контактная) сила;

B – коэффициент пластичности;

n – коэффициент нелинейности;

α – контактная деформация тел.

При обработке опытных данных использовали следующие расчетные выражения:

$$n = \frac{\sum_{i=1}^N \ln \alpha_i \sum_{i=1}^N \ln F_i - N \sum_{i=1}^N \ln \alpha_i \ln F_i}{\left(\sum_{i=1}^N \ln \alpha_i \right)^2 - N \sum_{i=1}^N (\ln \alpha_i)^2};$$

$$B = \exp \left[\frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^N \ln F_i - n \sum_{i=1}^N (\ln \alpha_i) \right) \right],$$

где N – число ступеней нагрузки.

На стадии разгрузки использовали уравнение

$$F_p = B_1(\alpha - \alpha_1)^{n_1},$$

где F_p – сжимающая (контактная) сила;

B_1 – коэффициент пластичности;

n_1 – коэффициент нелинейности;

α_1 – остаточная контактная деформация тел.

Здесь имеем

$$n_1 = \frac{\sum_{i=1}^N \ln(\alpha_i - \alpha_1) \sum_{i=1}^N \ln F_i - N \sum_{i=1}^N \ln(\alpha_i - \alpha_1) \ln F_i}{\left(\sum_{i=1}^N \ln(\alpha_i - \alpha_1) \right)^2 - N \sum_{i=1}^N (\ln(\alpha_i - \alpha_1))^2};$$

$$B_1 = \exp \left[\frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^N \ln F_i - n_1 \sum_{i=1}^N (\ln(\alpha_i - \alpha_1)) \right) \right].$$

Таким образом, рассмотренная методика позволяет с достаточно высокой точностью найти параметры B и n , характеризующие силовую функцию для материалов упругопластичных тел при сжатии и соударении, и определить текущую и остаточную деформации тел с точностью до 0,001 мм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Динник, А.Н. Удар и сжатие твердых тел [Текст] / А.Н. Динник // Избр. тр. – Киев: АН СССР, 1952. – Т. 1. – С. 13–144.
2. Морозов, С.И. Соударение тел. Контактная и универсальная теории удара [Текст] / С.И. Морозов, В.С. Морозов. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2007. – 123.
3. Шостенко, Д.Н. Экспериментальное определение параметров силовой функции при контактном ударе двух тел [Текст] / Д.Н. Шостенко // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: материалы Всерос. науч.-техн. конф. – Вологда: ВоГТУ, 2004. – С. 136–139.
4. Hertz, H. Über die Berührung fester elastischer Körper [Text] / H. Hertz // Crell'es Journ. – 1881. – Bd 92.

Поступила 28.02.07

A.A. Popov
Arkhangelsk State Technical University

Technique of Experiment Conduction on Contact Compression of Two Bodies

Technique of experiments on contact compression of two elasto-plastic bodies is provided. Design equations are offered for determining parameters of the force function at load and unload stages of interacting bodies.

Keywords: stroke, deformation, force function, coefficients of plasticity and nonlinearity.



МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.093

В.Г. Уласовец

Уральский государственный лесотехнический университет

Уласовец Вадим Григорьевич родился в 1940 г., окончил в 1964 г. Белорусский технологический институт, доктор технических наук, профессор кафедры механической обработки древесины Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 160 печатных работ в области технологии лесопильного производства, рационального раскроя пиловочника и нормирования расхода древесины на пилопродукцию, детали и изделия.

E-mail: mod@usfeu.ru



РАСКРОЙ БОКОВОЙ ЗОНЫ БРЕВЕН НА ДОСКИ ОДИНАКОВОЙ ТОЛЩИНЫ

Представлены разработанные для практического применения графики составления поставок на распиловку боковой зоны бревен параллельно продольной оси на доски одинаковой толщины.

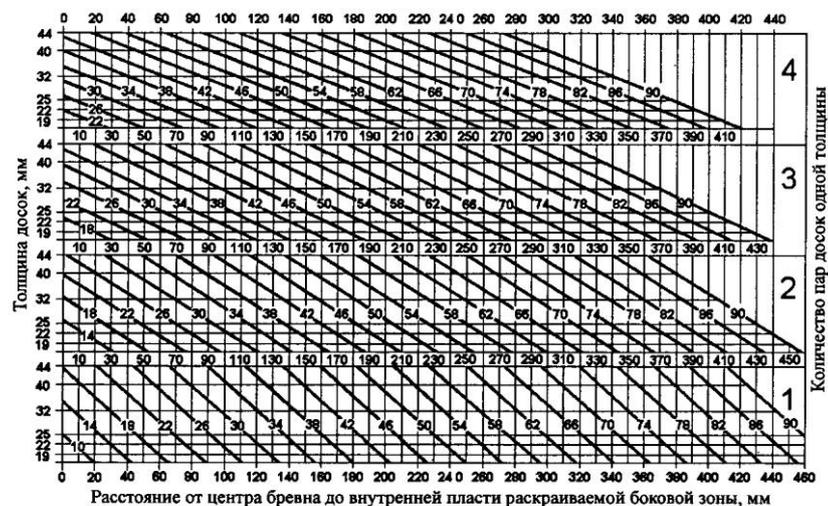
Ключевые слова: распиловка бревен, толщина досок, обрезные доски, объем обрезных досок.

При раскросе пиловочного сырья до 30 % обрезных пиломатериалов вырабатывают из зоны бревна, не охваченной брусом (на первом проходе), и зоны бруса, лежащей за пределами пропиленной пласти (на втором проходе). Наибольший объемный выход пиломатериалов при раскросе указанных зон достигается в том случае, когда толщина досок будет уменьшаться по мере их удаления от центра к периферии постава. Однако направления, связанные с повышением производительности труда на участках сортировки, сушки, пакетирования и транспортировки, требуют ограничения числа вырабатываемых сечений пиломатериалов. Учитывая сказанное и на основании исследований [1, 2, 6, 7], были разработаны графики (см. рисунок) и рекомендации (см. таблицу) по сокращению числа толщин досок, выпиливаемых параллельно продольной оси из боковой зоны бревен и брусьев.

Графики построены в прямоугольных координатах для бревен с коэффициентом сбега $K = 1,17 \pm 0,1$. На горизонтальных шкалах (нижняя или верхняя) откладывают расстояния от центра постава до внутренней пласти раскраиваемой зоны. По оси ординат определяют номинальные толщины досок (т. е. с учетом припусков на усушку). Наклонные линии,

идущие слева направо, отражают изменение толщин досок в зависимости от расстояния внутренней пласти боковой раскраиваемой зоны до центра постова и имеют отметку, соответствующую диаметру бревен в вершине в сантиметрах.

Справа у каждого графика проставлен номер, показывающий сколько пар досок одной толщины будет выпилено из боковой зоны бревна: при выпилке одной пары досок их толщину определяют по графику 1, двух пар досок – по графику 2, трех пар – по графику 3, четырех пар – по графику 4.



Графики для составления поставов на распиловку боковой зоны бревен на пиломатериалы одинаковой толщины

Рассмотрим некоторые примеры, поясняющие последовательность составления поставов при помощи предлагаемых графиков.

I. Для хвойного бревна диаметром 70 см составить постав на распиловку боковой зоны, если толщина среднего и боковых брусьев 200 и 150 мм. Ширина пропила $t = 3,6$ мм. Влажность пиломатериалов $W = 20\%$.

Определим расстояние от центра постова до раскраиваемой боковой зоны бревна:

$$C = E_{бр}/2 = [\sum_{i=1}^n (H_i + y_i) + t(n + 1)] / 2,$$

где $E_{бр}$ – расстояние между раскраиваемыми боковыми зонами бревна;

$\sum_{i=1}^n (H_i + y_i)$ – суммарная толщина всех пиломатериалов, выпиленных в

зоне $E_{бр}$, с учетом их усушки по толщине;

n – количество пиломатериалов, выпиливаемых в зоне $E_{бр}$.

$$C = [(200 + 4,9) + 2(150 + 3,9) + 3,6(3 + 1)] / 2 = 263,55 \text{ мм.}$$

На верхней (или нижней) горизонтальной шкале графиков находим точку, соответствующую $C = 263,55$ мм, и от нее опускаемся (или

поднимаемся) по вертикали до пересечения в каждом графике с наклонной линией, соответствующей диаметру бревна 70 см. Полученные точки пересечения проецируем на ось ординат, где и считываем значения толщин досок. Если толщина доски не совпадает со стандартной, следует принимать ближайшее верхнее или нижнее (требуемое по спецификационному заданию) значение толщины по стандарту. Исследованиями [6] доказано, что в этом случае потеря объемного выхода обрезных пиломатериалов, связанная с переходом от оптимальной к стандартной или одинаковой стандартной толщине доски, будет невелика.

В нашем примере по графику 4 имеем ближайшее стандартное значение толщины доски, равное 25 мм; по графику 3 – 32 мм; по графику 2 – 40 мм.

Тогда поставка для первого прохода могут быть следующими:

по графику 4 – $200 / 1 - 150 / 2 - 25 / 8$;

по графику 3 – $200 / 1 - 150 / 2 - 32 / 6$;

по графику 2 – $200 / 1 - 150 / 2 - 40 / 4$.

Практическая ценность решений вышеприведенного примера заключается в том, что из множества подобранных сравнительно равноценных поставок следует выбирать те, толщины которых имеются в спецификационном задании. При этом поставка с наибольшим количеством досок будут иметь несколько больший объемный выход обрезных пиломатериалов.

Определение пифагорической зоны и предельного охвата бокового бруса (сегмента), а также его распиловка с выработкой из боковой зоны досок одной толщины достаточно подробно изложены в работах [3–5, 7], поэтому здесь рассмотрим только распиловку боковой зоны среднего бруса высотой (толщиной) 200 мм.

Вычислим величину пропиленной пласти среднего бруса:

$$B = \sqrt{d^2 - (H + y)^2} = \sqrt{700^2 - (200 + 4,9)^2} = 669,34 \text{ мм.}$$

При полном использовании пласти среднего бруса на втором проходе расстояние от центра вершинного торца бревна до оставшейся боковой зоны бруса составляет $669,34 / 2 + 3,6 = 338,27$ мм. Отметим, что раскраиваемая часть расположена в параболической зоне. Как видно из графиков 2 и 1, боковая часть среднего бруса может быть распилена на две пары досок толщиной 19 мм или одну пару толщиной 25 мм.

II. Если из хвойного бревна диаметром 30 см выпиливают двухконтный брус толщиной 175 мм, то при $t = 3,4$ мм и $W = 20$ % величина $C = (175 + 4,4) / 2 + 3,4 = 93,10$ мм. В соответствии с графиками 3, 2 и 1 поставка на первом проходе могут иметь следующий вид:

$$175 / 1 - 19 / 6; \quad 175 / 1 - 25 / 4 \text{ или } 175 / 1 - 32 / 2.$$

Вычислим величину пропиленной пласти бруса:

$$B = \sqrt{d^2 - (H + y)^2} = \sqrt{300^2 - 179,4^2} = 240,45 \text{ мм.}$$

При полном использовании пропиленной пласти бруса на втором проходе расстояние от центра вершинного торца бревна до оставшейся боковой зоны бруса составляет $240,45 / 2 + 3,4 = 123,62$ мм.

Как видно из графика 1, боковая зона бруса может быть распилена на одну пару досок толщиной 22 или 19 мм. При этом более тонкие доски будут несколько шире.

III. Если из хвойного бревна диаметром 20 см выпиливают двухкантный брус толщиной 125 мм, то при $t = 3,4$ мм и $W = 20\%$ величина $C = (125 + 3,4) / 2 + 3,4 = 67,60$ мм. Из оставшейся боковой зоны бревна можно выпилить только одну пару досок толщиной 22 или 19 мм. Тогда, постав для первого прохода будет иметь следующий вид:

$$125 / 1 - 22 / 2 \quad \text{или} \quad 125 / 1 - 19 / 2.$$

Таким образом, графики позволяют подбирать наилучшие диаметры бревен, если задана толщина двухкантного бруса и толщина досок, которые необходимо выпилить из боковой зоны.

IV. Требуется выпилить хвойный брус толщиной 150 мм, а из оставшейся боковой зоны – доски толщиной 25 мм.

При $t = 3$ мм и $W = 22\%$ величина $C = (H + y_{бр}) / 2 + t = (150 + 3,9) / 2 + 3 = 79,95$ мм.

Точка пересечения вертикальной линии $C = 79,95$ мм с горизонтальными линиями заданных толщин досок (в нашем примере 25 мм) на каждом графике укажет наилучший диаметр бревна:

$$\begin{array}{ll} 38 \text{ см} - \text{график 4}; & 34 \text{ см} - \text{график 3}; \\ 28 \text{ см} - \text{график 2}; & 24 \text{ см} - \text{график 1}, \end{array}$$

поэтому соответствующие поставки для первого прохода могут быть следующими:

$$\begin{array}{ll} \text{по графику 4} - 25/4 - 150/1 - 25/4; & \text{по графику 3} - 25/3 - 150/1 - 25/3; \\ \text{по графику 2} - 25/2 - 150/1 - 25/2; & \text{по графику 1} - 25/1 - 150/1 - 25/1. \end{array}$$

Отметим, что для диаметров бревен 38, 34 и 28 см брус толщиной 150 мм является «глубоким» брусом, поэтому окончательный выбор возможного диаметра будет зависеть от необходимого объема выработки пиломатериалов толщиной 25 мм в конкретном спецификационном задании. С точки зрения рационального раскря наиболее выгодными в заданных условиях будут бревна диаметром 24 см.

Анализ рассмотренных выше практических примеров позволяет отметить следующее: выпиливание пиломатериалов одной толщины вместо досок оптимальной толщины не окажет значительного влияния на изменение объемного выхода пиломатериалов только в том случае, если будет обеспечено теоретически обоснованное оптимальное соотношение между размерами боковой зоны бревна, количеством выпиливаемых из нее досок и их толщиной.

Таким образом, графики учитывают требования рационального раскря бревен на пиломатериалы и позволяют в простой и доступной форме определять структуру поставок на распиловку бревен различных диаметров и брусьев параллельно продольной оси, вести их сравнительный анализ, разрабатывать планы раскря, получать высокий объемный выход спецификационных пиломатериалов.

В таблице представлены рекомендации по сокращению числа толщин досок, выпиленных за пределами $0,7d$ бревна, позволяющие сохранить в целом высокий объемный выход пиломатериалов.

Толщина (мм) досок, выпиленных из боковой зоны бревен

Диаметр бревен в вершине, см	Количество пар досок одной толщины			Диаметр бревен в вершине, см	Количество пар досок одной толщины			
	1	2	3		1	2	3	4
14	19	–	–	38	50	25; 32	19; 22	–
16	19	–	–	40	50	25; 32	19; 22	–
18	19; 22	–	–	42	50	32	22	–
20	22	–	–	44	60	32	22; 25	19
22	22; 25	–	–	46	60	32	25	19
24	25	16	–	48	60; 75	32; 40	25	22
26	25; 32	19	–	50	60; 75	32; 40	25	22
28	32	19; 22	–	52	60; 75	40	25	22
30	40	22	16	54	75	40	25; 32	22
32	44	22; 25	16	56	75	40	25; 32	22
34	44; 50	25	19	58	75	44	32	25
36	44; 50	25	19	60	75	44	32	25

Разработанные графики и рекомендации отражают частный случай раскроя пиловочника, однако представляют большой интерес для лесопильных предприятий, так как позволяют выпиливать при раскрое боковых зон бревен пиломатериалы одной толщины, что дает возможность при сравнительно небольших потерях объемного выхода шире внедрять средства механизации и автоматизации производственных процессов и снижать трудозатраты на участках сортировки пиломатериалов, комплектования транспортных пакетов, их упаковки, погрузки и транспортирования.

Практическая реализация рациональных схем раскроя, разработанных с помощью вышеприведенных графиков, в настоящее время возможна на лесопильных рамах, ленточнопильном и круглопильном оборудовании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батин, Н.А. Вспомогательные графики для составления поставок на распиловку бревен с брусочкой для первого прохода [Текст] / Н.А. Батин // Деревооб- раб. пром-сть. – 1975. – № 2. – С. 15–16.
2. Батин, Н.А. Составление поставок на распиловку крупномерного сырья [Текст] / Н.А. Батин, В.Г. Уласовец // Материалы 4-й науч.-техн. конф. молодых ученых и специалистов лесопильной промышленности. – Архангельск, ЦНИИМОД, 1980. – С. 23–27.
3. Уласовец, В.Г. Предельный охват поставок сегментов и боковых брусков [Текст] / В.Г. Уласовец // Лесн. журн. – 2006. – № 1. – С. 62–66. – (Изв. высш. учеб. заведений).

4. Уласовец, В.Г. Раскрой боковых брусьев на обрезные пиломатериалы [Текст] / В.Г. Уласовец // Лесн. журн. – 2006. – № 1. – С. 66–69. – (Изв. высш. учеб. заведений).

5. Уласовец, В.Г. Раскрой сегмента на обрезные пиломатериалы [Текст] / В.Г. Уласовец // Лесн. журн. – 2005. – № 3. – С. 78–84. – (Изв. высш. учеб. заведений).

6. Уласовец, В.Г. Распиловка боковой зоны бревен крупных диаметров на спецификационные пиломатериалы одинаковых толщин [Текст] / В.Г. Уласовец // Деревообраб. пром-сть. – 1983. – № 6. – С. 3–6.

7. Уласовец, В.Г. Технологические основы производства пиломатериалов: учеб. пособие для вузов [Текст] / В.Г. Уласовец. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2002. – 510 с.

Поступила 18.12.06

V.G. Ulasovets
Ural State Forest-Technical University

Sawing of Side Log Zone into Boards of Similar Thickness

The diagrams developed for practical application are presented, intended for compiling deliveries to cutting of the side log zone parallel to longitudinal axis into the boards of similar thickness.

Keywords: log sawing, board thickness, edged boards, edged boards' volume.

УДК 674.815-41

С.М. Плотников

Сибирский государственный технологический университет

Плотников Сергей Михайлович родился в 1951 г., окончил в 1973 г. Красноярский политехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры электротехники Сибирского государственного технологического университета. Имеет более 60 печатных работ в области автоматизации производства древесных плит. Тел.: (391) 27-57-67



ИССЛЕДОВАНИЕ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ДРЕВЕСНЫХ ЧАСТИЦ В ОРИЕНТИРУЮЩЕМ УСТРОЙСТВЕ

Исследовано вращение древесных частиц, придаваемое им направляющим органом ориентирующего устройства; определена оптимальная скорость направляющего органа.

Ключевые слова: древесная частица, направляющий орган, угол ориентации, шаг ориентации, элементарная сила, коэффициент лобового сопротивления, ось вращения, момент инерции, радиус вращения.

Распределение стружки в формируемом ковре не за счет случайного рассеивания, а за счет ориентации позволяет получить конструкционный высокопрочный древесностружечный материал. С уменьшением угла ориентации стружки (α менее 30°) жесткость и прочность плит в направлении ориентирования возрастают, приближаясь к показателям прочности древесины.

Помимо дисковых ориентирующих устройств [3], фирмы «Bison-Werke», «Schenk», «Siempelkamp» и др. разрабатывают устройства, в которых стружка поступает на направляющий орган (бесконечная лента), соседние ветви которого перемещаются в противоположных направлениях. Попадая на них, стружка разворачивается. Подобные перспективные устройства способны ориентировать древесные частицы в большом диапазоне их длины, включая и крупноразмерные стренды для производства плит OSB. Для разработки и оптимизации этих устройств необходимо изучить поведение древесных частиц в них.

Проанализируем вращение частицы, придаваемое ей направляющим органом механического ориентирующего устройства.

Начальная угловая скорость частицы

$$\omega_{\text{нач}} = \frac{2V_n}{h_n}, \quad (1)$$

где V_n – скорость движения направляющего органа;

h_n – шаг ориентации (расстояние между соседними ветвями направляющего органа).

Рассмотрим силу сопротивления воздуха, действующую на элемент вращающейся частицы площадью dS , расположенный на расстоянии x от

оси вращения. Следует отметить, что ось вращения частицы может быть перпендикулярна ее плоскости lb (рис.1, *a*) или толщине h (рис. 1, *б*), но не может быть перпендикулярна ее ширине b , так как эти частицы проходят ориентирующее устройство, не получая вращающего момента от направляющего органа.

Элементарная сила сопротивления воздуха [4]

$$dF = C_x \rho_v dS \frac{(x\omega)^2}{2}, \quad (2)$$

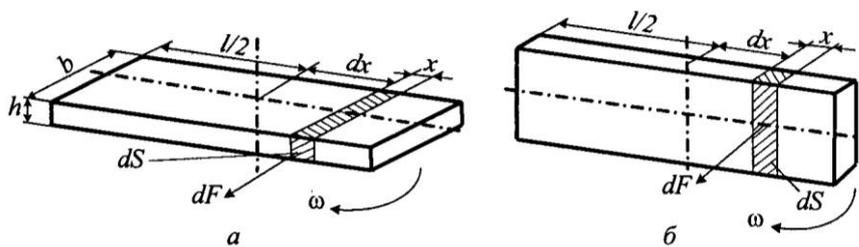


Рис. 1. Прямоугольная частица с осью вращения, перпендикулярной плоскости (*a*) и толщине (*б*)

где C_x – коэффициент лобового сопротивления частицы;

ρ_v – плотность воздуха, $\rho_v = 1,3 \text{ кг/м}^3$;

S – площадь частицы, $S = lb$;

ω – угловая скорость частицы.

Считая $dS = h dx$, из (2) получим силу сопротивления вращению частицы:

$$F = \int_0^{l/2} dF dx = \frac{C_x \rho_v h \omega^2}{2} \int_0^{l/2} x^2 dx = \frac{C_x \rho_v h \omega^2}{2} \frac{x^3}{3} \Big|_0^{l/2} = \frac{C_x \rho_v h \omega^2 l^3}{48}.$$

Момент сопротивления воздуха пропорционален силе и плечу ее приложения, т.е. $l/2$:

$$M = F \frac{l}{2}. \quad (3)$$

Момент, действующий на частицу с осью вращения, перпендикулярной плоскости,

$$M_h = \frac{C_x \rho_v h \omega^2 l^4}{96}.$$

Для частиц рациональных размеров справедливо соотношение $\frac{b}{h} = 5$

[5]. При этом коэффициент сопротивления частицы $C_x = 1,21$ [2].

Найдем момент сопротивления, действующий на частицу, ось вращения которой перпендикулярна толщине:

$$M_b = \frac{C_x \rho_b b \omega^2 l^4}{96}.$$

Причем коэффициент лобового сопротивления вращающейся частицы такой же, как у падающей: $C_x = 1,80$.

Геометрические размеры плоской частицы можно выразить через один из линейных размеров, например через длину l . Тогда частица размерами $40 \times 8 \times 0,4$ мм будет иметь объем $l \cdot 0,2 l \cdot 0,01l = 0,002l^3$. Моменты сопротивления $M_h = 0,16 \cdot 10^{-6} l^5 \omega^2$, $M_b = 4,87 \cdot 10^{-6} l^5 \omega^2$.

Зависимость $\omega(t)$ определим из уравнения вращательного движения частицы:

$$J \frac{d\omega}{dt} = M, \quad (4)$$

где J – момент инерции частицы.

Для практических расчетов момента инерции воспользуемся формулой [1]

$$J = m \rho^2 = \rho_d (lbh) \rho^2, \quad (5)$$

где m – масса частицы;

ρ – радиус инерции;

ρ_d – плотность древесины.

Радиус инерции прямоугольной частицы относительно оси, проходящей через центр ее тяжести и перпендикулярной плоскости частицы (рис. 1, а):

$$\rho^2 = \frac{l^2 + b^2}{12} = \frac{l^2 + (0,2l)^2}{12} = 0,087l^2.$$

Если ось вращения перпендикулярна толщине частицы (рис. 1, б), то

$$\rho^2 = \frac{l^2 + h^2}{12} = \frac{l^2 + (0,01l)^2}{12} = 0,083l^2.$$

С учетом плотности древесины (сосновая стружка) $\rho_d = 500$ кг/м³ и объема частицы моменты инерции частиц с осями вращения, перпендикулярными плоскости и толщине, соответственно составят $J_h = 0,087l^5$ и $J_b = 0,083l^5$.

Уравнение (4) можно представить в виде

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{M/\omega^2}{J} \omega^2 = B\omega^2. \quad (6)$$

Безразмерный коэффициент B зависит от плоскости вращения частицы и имеет достаточно малые значения:

$$B_h = \frac{M_h/\omega^2}{J_h} = \frac{0,16 \cdot 10^{-6} l^5}{0,087l^5} = 1,84 \cdot 10^{-6}; \quad B_b = \frac{M_b/\omega^2}{J_b} = \frac{4,87 \cdot 10^{-6} l^5}{0,083l^5} = 58,70 \cdot 10^{-6}.$$

При начальном условии $\omega(0) = \omega_{нач}$ запишем решение уравнения (6):

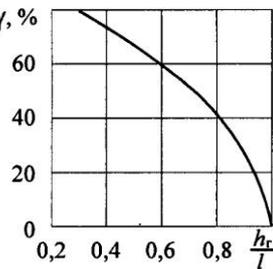
$$\omega(t) = \frac{1}{\frac{1}{\omega_{\text{нач}}} - Bt}. \quad (7)$$

Угол поворота частицы за время ее движения от направляющего органа до укладки в стружечный ковер находим интегрированием угловой скорости. При начальном условии $\alpha(0) = 0$ решение имеет вид:

$$\alpha(t) = \int \omega(t) dt = \frac{360}{2\pi B} \left[\ln \frac{1}{\omega_{\text{нач}}} - \ln \left(\frac{1}{\omega_{\text{нач}}} - Bt \right) \right] = -\frac{360}{2\pi B} \gamma, \% \quad (8)$$

Значения коэффициента B на 5-6 порядков меньше 1. С учетом эквивалентности малых величин $[\ln(1-x) \approx -x]$ при малых x получаем

$$\alpha(t) = \frac{360}{2\pi} \omega_{\text{нач}} t. \quad (9)$$



Из данного выражения следует, что угол разворота частицы пропорционален времени, а сопротивление воздуха практически не сказывается на ее вращении.

Экспериментально установлено, что при небольшой высоте ($H \leq 0,5$ м) время падения частицы (в секундах) пропорционально высоте падения (в метрах), т.е. $t = H$. Тогда с учетом (1) угол поворота частицы за время падения

$$\alpha_{\text{п}} = \frac{360 V_{\text{н}} H}{\pi h_{\text{н}}}. \quad (10)$$

Направляющий орган ориентирующего устройства разворачивает частицы, упавшие на него под углом, превышающим значение $\alpha_{\text{нач}}$. Этот угол зависит от длины частиц l и шага ориентации $h_{\text{н}}$. Чем меньше отношение $h_{\text{н}}/l$, тем больше частиц подвергаются развороту. Определим долю разворачиваемых частиц:

$$\gamma = \left(1 - \frac{\arcsin \frac{h_{\text{н}}}{l}}{90} \right) 100\%. \quad (11)$$

Зависимость $\gamma(\frac{h_{\text{н}}}{l})$ представлена на рис. 2.

Начальный угол разворота отдельной частицы, при котором происходит ее сбрасывание с направляющего органа,

$$\alpha_{\text{нач}} = \arcsin \frac{h_{\text{н}}}{l}. \quad (12)$$

Разворачиваемые частицы получают начальную угловую скорость $\omega_{\text{нач}}$ и при оптимальной скорости движения направляющего органа должны развернуться до угла ориентации $\alpha = |\alpha_{\text{нач}} - \alpha_{\text{п}}| = 0$. Практически этот угол не всегда равен нулю, так как некоторые падающие частицы получают дополни-

Рис. 2. Зависимость доли разворачиваемых частиц γ от соотношения их длины и шага ориентации

тельное вращение, связанное с их неидеальной плоской формой в виде лопасти.

Приравняв (10) и (12), получим значение оптимальной скорости движения направляющего органа:

$$V_n = \frac{\pi}{360} \frac{h_n}{H} \arcsin \frac{h_n}{l}. \quad (13)$$

Например, при длине ориентируемой частицы $l = 0,04$ м, шаге ориентации $h_n = 0,024$ м ($h_n/l = 0,6$) и высоте падения $H = 0,2$ м имеем оптимальную скорость движения направляющего органа $V_n = 0,039$ м/с. При этом 40 % частиц, упавших на гибкий орган под углом до $\alpha_{нач} = 37^\circ$, идут на формирование стружечного ковра без разворота, т.е. будут уложены в ковер под углом $\pm 37^\circ$, а 60 % частиц получают такую угловую скорость, что за время полета их угол относительно направления ориентации приближается к 0.

Выражение (13) позволяет определить оптимальную скорость движения направляющего органа в зависимости от длины ориентируемых частиц и параметров ориентирующего устройства. На основании полученной аналитической зависимости возможна разработка автоматических систем, поддерживающих такую скорость направляющего органа, при которой угол ориентации частиц минимален.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бутенин, Н.В. Курс теоретической механики [Текст]: учеб. / Н.В. Бутенин, Я.Л. Лунц, Д.Р. Меркин. – М.: Наука, 1985. – Т. 2: Динамика. – 496 с.
2. Идельчик, И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям [Текст] / Е.И. Идельчик. – М.: Машиностроение, 1992. – 672 с.
3. Леонович, А.А. Технология древесных плит: прогрессивные решения [Текст] / А.А. Леонович. – СПб.: Химиздат, 2005. – 208 с.
4. Основы электрогазодинамики дисперсных систем [Текст] / И.П. Верещагин [и др.]. – М.: Энергия, 1974. – 480 с.
5. Поташев, О.Е. Древесностружечные плиты в конструкциях мебели [Текст] / О.Е. Поташев, Ю.Г. Лапшин, А.Ф. Абельсон. – М.: Лесн. пром-сть, 1978. – 88 с.

Поступила 07.06.07

S.M. Plotnikov
Siberian State Technological University

Study of Rotation Movement of Wood Particles in Orientation Device

Rotation of wood particles excited by guiding body of orientation device is studied. The optimal speed of the guiding body is determined.

Keywords: wood particle, guiding body, orientation angle, orientation pitch, elementary force, head drag coefficient, rotation axis, inertia moment, radius of rotation.

УДК 674.093

Л.С. Суровцева, О.А. Лисицына

Архангельский государственный технический университет

Суровцева Любовь Савватьевна родилась в 1944 г., окончила в 1966 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор кафедры лесопильно-строгальных производств Архангельского государственного технического университета. Имеет более 100 научных трудов в области комплексного рационального использования древесины, совершенствования технологического процесса лесопильно-деревообрабатывающих производств.
Тел.: (8182) 21-61-66



Лисицына Ольга Александровна родилась в 1973 г., окончила в 1996 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры лесопильно-строгальных производств АГТУ. Имеет 3 научные статьи.
Тел.: (8182) 21-61-66



ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

Анализ работы лесопильных предприятий показал, что объемы поставок сырья автомобильным транспортом в зависимости от периода года можно описать полиномами II, III и IV порядка. Полученные закономерности позволяют выбрать наиболее оптимальную схему поставки сырья и эффективно организовать технологический процесс на участке его подготовки к распиловке.

Ключевые слова: пиловочное сырье, древесина, круглый сортимент, автомобильный вид поставки.

Для бесперебойной работы лесопильных заводов применяют комбинированный способ поставки пиловочного сырья – водный (плоты, баржи) и сухопутный (автомобильный и железнодорожный транспорт). На ведущие лесопильно-деревообрабатывающие предприятия г. Архангельска за последние 7 лет сухопутная поставка древесины в среднем составляет 42 ... 70 % (рис.1).

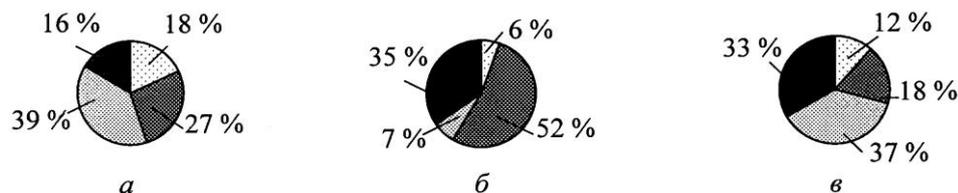


Рис. 1. Распределение сырья на предприятиях 1 (а), 2 (б) и 3 (в) по видам

поставок: ■ – автомобильный транспорт; □ – железнодорожный транспорт;
 □ – плоты; □ – баржи

Если предприятия не имеют железнодорожной ветки непосредственно на своей территории или ее протяженность не обеспечивает подачу сырья к технологическим операциям, то древесину, поступающую по железной дороге, необходимо перегружать на автомобили и перевозить на промышленную площадку, что приводит к дополнительным затратам.

Автомобильный способ поставки наиболее гибкий. Он позволяет доставлять сырье непосредственно на территорию предприятия без промежуточных разгрузочно-погрузочных работ [1, 2].

Автомобильная поставка древесины составляет 16 ... 35 % от общего объема поступающего сырья.

Увеличение или уменьшение объема древесины, доставленной автомобилями, в основном зависит от стабильной работы лесозаготовительных предприятий, погодных условий и возможности отгрузки сырья другим транспортом.

Анализ показал, что для разных лесопильных предприятий наблюдается общая тенденция изменения поставки сырья автомобильным транспортом в течение года (рис. 2).

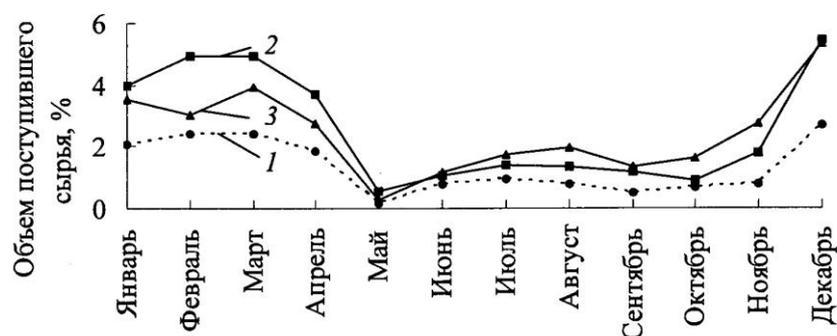


Рис. 2. Поставка сырья автомобильным транспортом: в течение года на предприятиях 1, 2, 3 (номер предприятия совпадает с номером кривой)

Наибольшие объемы поставок сырья автомобилями – от 12 до 22 тыс. м³ – отмечены в осенне-зимний период, когда для вывозки древесины непосредственно из лесосек используют зимние дороги. Наименьшие объемы поставок приходятся на май, что связано с распутицей. Кроме того, в мае-июне сырье дополнительно поступает водным путем. В связи с этим объемы древесины автомобильной поставки в летний период сокращаются до 3 ... 7 тыс. м³ в месяц.

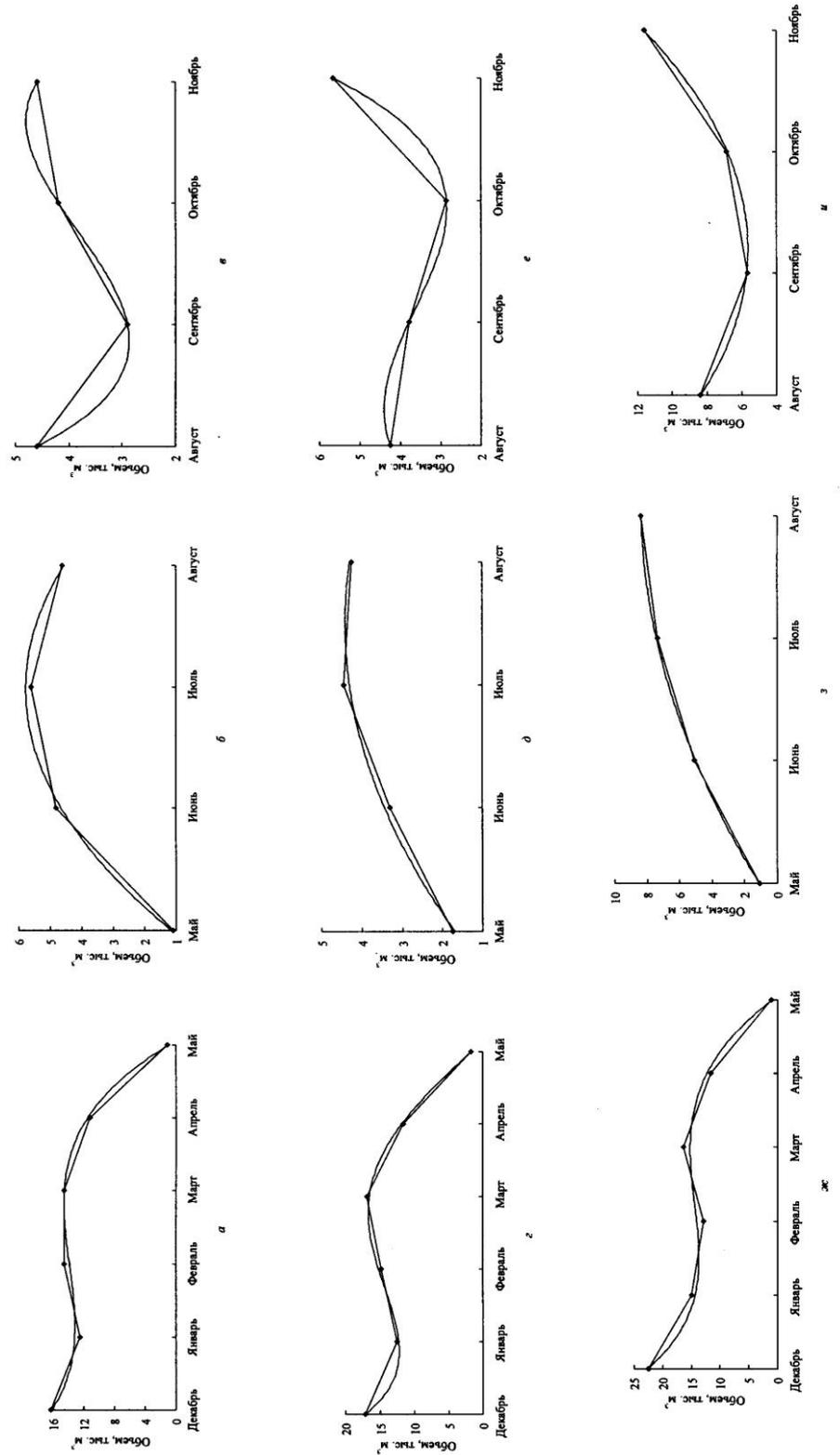
Анализируя сложившиеся закономерности поставок сырья автомобильным транспортом в течение года, можно выделить три характерных периода (рис. 3): декабрь – май (*а, г, ж*), май – август (*б, д, з*), август – ноябрь (*в*,

e, u). Ритмичность поставок пиловочного сырья в эти периоды отражают полиномы II – IV порядков (см. таблицу, где R^2 – коэффициент детерминации).

№ завода	Период года	Уравнение	R^2
1	Декабрь – май	<i>a)</i> $Y = -0,613x^3 + 5,497x^2 - 15,147x + 26,367$	0,99
	Май – август	<i>б)</i> $Y = -1,175x^2 + 7,005x - 4,675$	0,99
	Август – ноябрь	<i>в)</i> $Y = -0,65x^3 + 5,4x^2 - 13,35x + 13,2$	0,99
2	Декабрь – май	<i>г)</i> $Y = 0,210x^4 - 3,679x^3 + 20,739x^2 - 44,522x + 44,425$	0,99
	Май – август	<i>д)</i> $Y = -0,437x^2 + 3,055x - 0,923$	0,99
	Август – ноябрь	<i>е)</i> $Y = 0,702x^3 - 4,445x^2 + 7,963x + 0,33$	0,99
3	Декабрь – май	<i>ж)</i> $Y = 0,045x^4 - 1,542x^3 + 12,090x^2 - 34,388x + 46,380$	0,98
	Май – август	<i>з)</i> $Y = -0,735x^2 + 6,095x - 4,260$	0,99
	Август – ноябрь	<i>и)</i> $Y = 1,872x^2 - 8,267x + 14,762$	0,99

Данные, приведенные на рис. 2, 3, показывают, что выбор способа поставки и объемы пиловочного сырья зависят от производственной мощности предприятий, периода года, климатических условий, возможности использования других видов поставок древесины. Эти факторы приходится учитывать при заключении договоров на поставку древесины и планировании работы лесопильно-деревообрабатывающих заводов.

Рис. 3. Зависимость объема поставок сырья автотранспортом на предприятиях 1 (*a – в*), 2 (*г – е*) и 3 (*ж – и*) от периода года: *a, г, ж* – зимне-весенний; *б, д, з* – летний; *в, е, и* – осенний



Кроме того, автомобильный транспорт в определенные периоды года (весенний, осенний) невозможно использовать, поэтому требуемый объем древесины необходимо компенсировать другими видами поставок.

Проанализировав весь технологический процесс можно выбрать оптимальную для предприятия схему поставки пиловочного сырья, что позволит эффективно организовать его приемку, выгрузку, подготовку и подачу для получения требуемой пилопродукции с минимальными затратами и получением наибольшей прибыли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Транспортные системы, пути и перевозки лесопродукции [Текст]: учеб. пособие для вузов. В 3 т. Т. 1. Транспортные системы / Ф.А. Павлов, Г.А. Калинин, М.О. Соколов, А.Ф. Павлов, Е.Г. Царев; под ред. Ф.А. Павлова. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2001. – 382 с.

2. Транспортные системы, пути и перевозки лесопродукции [Текст]: учеб. пособие для вузов. В 3 т. Т. 3. Перевозки лесопродукции / Ф.А. Павлов, Л.Ф. Молнар, Н.Ф. Павлов, М.О. Соколов, Е.Г. Царев; под ред. Ф.А. Павлова. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2003. – 496 с.

Поступила 29.03.07

L.S. Surovtseva, O.A. Lisitsyna
Arkhangelsk State Technical University

Efficiency of Sawm Timber Production Process

Analysis of sawmill operation showed that volumes of raw material deliveries by motor transport depending on the season could be described by polynomials of II, III and IV order. The regularities received allow to choose the most optimal scheme of raw material supply and efficiently organize the technological process at the place of its preparation for sawing.

Keywords: sawlogs, timber, round assortment, motor transport delivery.

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 3 патента в области технологии клееных материалов.
E-mail: bti@bit.mcnit.brynsk.SU.



ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РЕЛЬЕФНОЙ ФАНЕРЫ

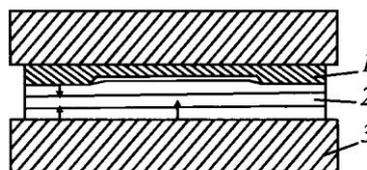
Обоснована перспективность применения в строительстве нового вида фанерной продукции – рельефной фанеры – в качестве обшивочного материала; рассмотрены технологические особенности ее изготовления и контроля качества.

Ключевые слова: рельеф, фанера, шпон, домостроение, прессование, упрессовка, пресс-форма, деформации.

Деревянное домостроение в России имеет большой потенциал развития. На долю деревянных домов приходится не более 15 % всего вводимого в эксплуатацию жилья. Это в пять раз меньше, чем в странах Европы, США и Канаде. Производство недорогих быстро возводимых домов каркасного типа с использованием клееной слоистой древесины существенно могло бы снизить остроту жилищной проблемы в нашей стране. Склеенная по традиционной технологии фанера имеет плоскую форму, что ограничивает область ее применения как облицовочного материала.

Улучшить внешний вид фанеры можно за счет создания объемного рисунка на лицевой поверхности. На кафедре технологии деревообработки Брянской государственной инженерно-технологической академии нами разработана технология склеивания нового вида фанерной продукции – рельефной фанеры. Конструкция устройства, применяемого для ее изготовления, защищена патентом*.

Склеивание фанеры и создание объемного профиля на лицевой поверхности происходит одновременно под воздействием высокой температуры и давления. Для этого используют специальную пресс-форму, закрепленную на одной из нагреваемых плит пресса и имеющую выступы и впадины.



Склеивание фанеры и создание объемного профиля на лицевой поверхности происходит одновременно под воздействием высокой температуры и давления. Для этого используют специальную пресс-форму, закрепленную на одной из нагреваемых плит пресса и имеющую выступы и впадины.

* Пат. 2212334 RU, МПК⁷ С 27 В 27 D 3/00. Устройство для склеивания древесных слоистых материалов / Лукаш А.А. – № 200013237/13. Заявл. 22.12.2000; опубл. 20.09.2003.

Схема устройства для изготовления рельефной фанеры:
1 – пресс-форма с выступами и впадиной; 2 – пакет шпона; 3 – нижняя нагревательная плита (стрелками показано направление теплового воздействия)

дины на рабочей поверхности, что в поперечном сечении делает ее разнотолщинной (см. рисунок). При смыкании пресса нижняя нагревательная плита и пресс-форма сжимают склеиваемый пакет шпона. Из-за разницы в толщине поперечного сечения приспособления степень сжатия шпона на различных участках неодинакова. Древесина на участках выступов пресс-формы деформируется в большей степени, чем на участках впадин. Это приводит к различию по величине остаточных деформаций древесины, прессуемой на этих участках. Поверхность листа фанеры, которая соприкасается с нагревательной плитой, остается плоской. На лицевой поверхности, при прессовании соприкасающейся с поверхностью пресс-формы, получается объемный (рельефный) рисунок – зеркальное отображение рисунка пресс-формы.

На участках впадин пресс-формы фанера склеивается без упрессовки, на участках выступов упрессовка составляет 40 %. Так же на 40 % различается толщина рельефной фанеры в поперечном сечении. Наблюдениями, проведенными в течение 5 лет, установлена стабильность сохранения величины упрессовки.

Толщина рельефной фанеры влияет на ее декоративные свойства (глубину рельефа) и стоимость продукции. Чем толще фанера и чем больше различаются упрессованная и неупрессованная зоны по толщине, тем выше ее декоративные свойства. Однако повышение толщины фанеры приводит к увеличению расхода сырья и удорожанию продукции. Для обеспечения стабильности плоскостности поверхности рельефной фанеры (уменьшения вероятности коробления) необходимо, чтобы ее слойность была не менее пяти.

Для изготовления рельефной фанеры можно применять шпон тех же пород, что и для традиционной фанеры. Древесина осины даже более предпочтительна из-за ее большей деформативности по сравнению с древесиной березы.

Рельефную фанеру предлагается использовать в качестве облицовочного материала, поэтому ее лицевая поверхность почти не должна содержать дефектов обработки и пороков, т.е. необходимо применять лущеный шпон с минимальным количеством дефектов – сорт Е. Починка шпона, основанная на вырубке дефектных мест и последующей заделке их вставками из хорошей древесины недопустима, так как они будут изгибаться и затем отслаиваться при попадании вставки на границу зон выступов и впадин пресс-формы. Количество дефектов в остальных слоях не регламентировано.

Лицевая поверхность рельефной фанеры должна быть отшлифована для создания на ней в последующем качественного лакокрасочного покрытия, но проводить эту операцию после склеивания фанеры затруднительно из-за объемного рисунка. Поэтому лицевая поверхность листа шпона должны быть отшлифована перед склеиванием на шлифовальном станке, оборудованном столом с вакуумными присосками для фиксации обрабатываемого листа. В лицевых слоях необходимо использовать прочный лущеный шпон толщиной не менее 1,5 мм. В противном случае на лицевой поверхности

могут появиться трещины и расслоения. Пакет шпона собирают по тем же правилам, что и для обычной фанеры: симметричность относительно центрального листа; взаимная перпендикулярность направления смежных листов; нечетное их количество.

Применяемая в процессе склеивания пресс-форма должна быть изготовлена с учетом следующих факторов.

Для облегчения последующей форматной обрезки рисунок на поверхности должен быть окантован по контуру полосой, ширина которой 20 ... 30 мм. Под действием высокой температуры со стороны плит пресса влага, находящаяся внутри пакета шпона, переходит в газообразное состояние. Полоса выступов по периметру пресс-формы затрудняет выход парогазовой смеси из пакета и увеличивает вероятность разрыва клеевых связей (образование пузырей). Для облегчения выхода парогазовой смеси из пакета при прессовании в окантованной полосе пресс-формы необходимы пропилы шириной около 2 мм на каждой стороне. Выступ на месте пропила в клеенной фанере практически незаметен.

Важным параметром конструкции пресс-формы является радиус закругления кромок. Если кромки пресс-формы не закруглены, то происходит следующее. Выступы пресс-формы сжимают слои шпона. Слои шпона с участков впадин пресс-формы не испытывают давления с ее стороны и со стороны плоской плиты пресса, в результате чего толщина шпона на участках впадин пресс-формы больше, чем на участках выступов. Из-за этой разницы в толщине наружный лицевой слой шпона испытывает растягивающие напряжения. Прочность древесины при растяжении перпендикулярна направлению волокон, поэтому происходят разрывы на границе выступов и впадин. На участках с продольным расположением волокон обычно разрывов не наблюдается из-за того, что прочность древесины при растяжении вдоль волокон значительно превосходит прочность при растяжении поперек волокон. Перепад по толщине шпона не будет приводить к разрывам, если кромки сделать закругленными. Поисковыми экспериментами установлено, что радиус закругления кромок должен быть не менее 4 мм.

Рельефная фанера склеивается в течение 5 мин клеем на основе малотоксичной карбамида-формальдегидной смолы КФ 120-65 при температуре 145 ... 150 °С под давлением 2,0 ... 2,2 МПа. Содержание свободного формальдегида в 100 г этой фанеры составляет 9,3 мг, что соответствует классу эмиссии Е-1 согласно ГОСТ 3916.1.

Качество склеивания определяют прочность, надежность и долговечность клеевого соединения, наиболее важным из которых является прочность. Для оценки прочности склеивания применяют метод, основанный на разрушении клеевого слоя при скалывании по нему.

Неравномерность распределения давления по поверхности обусловлена некоторыми особенностями контроля качества склеивания рельефной фанеры. Как известно, с увеличением давления возрастает прочность склеивания. Давление на участках выступов больше, чем на участках впадин, поэтому и прочность склеивания на них выше. Условия нагрева наиболее уда-

ленного от плиты пресса клеевого слоя пакета с участков впадин хуже, чем в других слоях. Поэтому и качество склеивания необходимо определять именно в этом слое.

Качество склеивания можно оценить прочностью при скалывании по клеевому слою согласно действующему стандарту. Анализ показал, что прочность склеивания должна определяться по ближайшему к лицевой поверхности клеевому слою. Для подтверждения этого предположения было проведено исследование прочности клеевого соединения в зависимости от расположения клеевого слоя относительно поверхности.

Постоянные факторы проведения эксперимента:

Порода	Береза
Толщина шпона	1,5 мм
Число слоев	5
Расход клея	110 ... 120 г/м ²
Температура плит пресса	145 ... 150 °С
Давление	1,8 ... 2,0 МПа
Продолжительность прессования	5 мин

Из рельефной фанеры были вырезаны образцы, склеенные на участках выступов и впадин пресс-формы. Образцы испытывали на разрывной машине после их выдержки в течение 24 ч в холодной воде согласно ГОСТ 9624. Сначала с участков впадин испытывали первый от лицевой поверхности клеевой слой. После испытания образцы пропиливали до второго клеевого слоя и проводили повторное испытание, затем переходили последовательно к третьему и четвертому клеевым слоям. Результаты исследований представлены в таблице.

Зависимость прочности склеивания от удаленности клеевого слоя от лицевой поверхности

Номер клеевого слоя	Прочность при скалывании по клеевому слою, МПа	Соотношение прочности фанеры с участков выступов и прочности, требуемой ГОСТ 3916.1–96, %
1	0,86	48,5
2	0,92	51,9
3	1,03	58,2
4	1,09	61,6

Согласно ГОСТ 3916.1–96 прочность при склеивании по клеевому слою после вымачивания в холодной воде в течение 24 ч должна составлять не менее 1,6 МПа. Прочность склеивания рельефной фанеры с участков не превышает 68 % от требуемой ГОСТом, прочность клеевого соединения на участках выступов равна 1,7 МПа.

Таким образом, производство фанеры с рельефной лицевой поверхностью сопряжено с незначительными изменениями в технологическом процессе, но дает возможность получить перспективный для реализации

материал с улучшенным внешним видом (спрос в жилищном строительстве превышает предложение более чем в два раза и постоянно возрастает), повысить срок окупаемости проекта (требуется небольшие капитальные вложения на модернизацию шлифовального станка и переоборудование прес-сов пресс-формами).

Производство нового вида фанеры позволит фанерным предприятиям без особых затрат расширить ассортимент выпускаемой продукции, организовать новые рабочие места, снизить нормы расхода древесины за счет лучшего использования кускового шпона, а также улучшить свое финансовое положение.

Поступила 13.02.07

A.A. Lukash

Bryansk State Engineering-Technological Academy

Technological Characteristics of Producing Relief Plywood

Perspective character of using a new type of plywood in building – relief plywood – as a boarding material is substantiated; technological peculiarities of its production and quality control are considered.

Keywords: relief, plywood, veneer, house-building, pressing, compressing, press-form, deformation.

УДК 681.31

Л.В. Кремлева, В.И. Малыгин

Филиал «Севмашвтуз» СПбГМТУ

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

E-mail: rector@sevmashvtuz.edu.ru



Малыгин Владимир Иванович родился в 1952 г., окончил в 1979 г. Университет Дружбы народов им. П. Лумумбы, доктор технических наук, профессор, действительный член АИН РФ, проректор по научной работе филиала «Севмашвтуз» С.-Петербургского государственного морского технического университета. Имеет более 150 научных работ в области математического моделирования физических процессов при резании.

E-mail: rector@sevmashvtuz.edu.ru



К ВОПРОСУ О ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕНТОЧНЫХ ПИЛ

Приведены численные оценки собственных частот изгибно-крутильных колебаний полотна ленточных пил, границы областей неустойчивости в зависимости от конструктивно-геометрических параметров пилы, режимов обработки, характеристик обрабатываемых материалов. Получены аналитические уравнения областей динамической неустойчивости плоской формы изгиба ленточных пил.

Ключевые слова: ленточнопильный станок, критическая скорость, динамическая устойчивость, параметрической возбуждение, упругие волны, силы резания.

Вопросы динамической устойчивости технологических систем при обработке материалов вызывают большой интерес. Это обусловлено наличием экспериментальных данных о влиянии динамических характеристик процесса обработки на основные показатели качества обработанной поверхности, точности обработки, стойкости инструмента. Обработка многолезвийным инструментом неизбежно сопровождается высоким уровнем вибрации, один из основных источников которой – периодическая сила резания. Частота и амплитуда этой силы зависит от параметров режима резания, конструктивных особенностей инструмента, характеристик обрабатываемого материала. Импульсный характер силы резания связан с дискретным взаимодействием зубьев инструмента и заготовки.

В технологической системе ленточнопильного станка инструмент является элементом, лимитирующим запас динамической устойчивости при обработке, что связано с геометрическими характеристиками пилы: малая толщина по сравнению с остальными размерами. Пилу при этом можно рас-

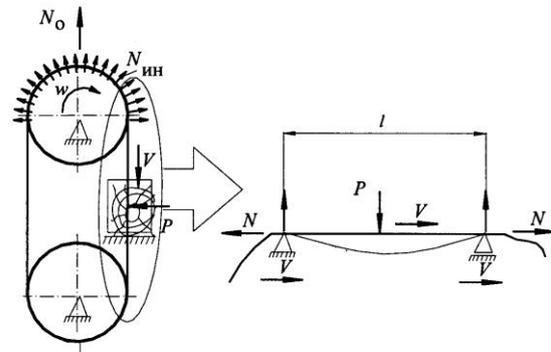
смаатривать как парциальную колебательную систему с распределенными параметрами – стержень или пластину. При определении областей стабильной с динамической точки зрения обработки решают ряд задач, позволяющих на этапе проектирования технологической операции за счет подбора ряда технологических параметров гарантировать системе запас динамической устойчивости.

Важнейшим режимным параметром ленточнопильных станков является скорость резания, достигающая при распиловке 30 ... 50 м/с. Как показано в [7], с ее увеличением растет допустимая скорость подачи, ограничиваемая шероховатостью поверхности пиломатериалов. Ряд исследователей рассматривают и другие ограничения, не позволяющие увеличивать скорость резания. Существует предположение, что скорость 30 ... 50 м/с лимитирована центробежной силой, возникающей при движении пилы по шкиву. В работе [3] приведена формула критической скорости резания, приводящей к появлению динамической неустойчивости и связанной с волновыми явлениями, которые возникают в упругих системах с распределенными параметрами. Авторы [7] энергетическими методами опровергают существование такой скорости. Остановимся на этом вопросе подробнее.

Известно, что механические колебания в системах с распределенными параметрами существуют в форме упругих волн расширения-сжатия и сдвига. Если к системе приложены внешние нагрузки, двигающиеся с некоторой скоростью, то возможно возникновение значительных деформаций таких систем даже в случае, если величина этих сил невелика и в статической постановке не вызывает предельно допустимых деформаций. Динамическая неустойчивость (резонанс) при движущейся по отношению к упругой системе постоянной нагрузке появляется в результате совпадения скорости ее движения и низшей фазовой скорости распространения упругой волны. Эту скорость называют критической. Для того, чтобы такого рода движение нагрузки было возможно, либо упругая система должна быть безгранична, либо движение нагрузки должно происходить по кругу. Именно последний случай возбуждения колебаний подвижной нагрузкой чаще имеет место, причем, как правило, нагрузка неподвижно ориентирована в пространстве, а упругая система вращается. Подобные задачи рассмотрены в работе [1] при движении колеса по рельсовому пути, исследовании колебаний лопаток турбин и др.

Рассмотрим нагрузку от боковой силы резания P (рис. 1), движущуюся по отношению к полотну пилы бесконечной длины вместе с опорами.

Рис. 1. Расчетная схема определения критической скорости резания



Известно, что продольные и крутильные волны распространяются без дисперсии, а скорости их постоянны:

$$C = \sqrt{E/\rho}, \quad C_k = \sqrt{GI_k/\rho I_0},$$

где E и G – модули упругости при растяжении и сдвиге;

ρ – плотность материала пилы;

I_k и I_0 – момент инерции при кручении и полярный момент.

Волны изгиба распространяются с дисперсией. Фазовая скорость такой волны зависит от ее длины:

$$C_{изг} = \omega/k = \omega\lambda/2\pi, \quad (1)$$

где ω – круговая частота колебаний;

k – волновое число,

λ – длина волны.

Низшую частоту колебаний предварительно растянутого стресса (пилы) определяют по формуле

$$\omega = \frac{\pi^2}{l^2} \sqrt{\frac{EI_{изг}}{m}} \sqrt{1 + \frac{N}{N_3}}, \quad (2)$$

где l – свободная длина пилы между опорами;

$EI_{изг}$ – изгибная жесткость;

m – масса, приходящаяся на единицу длины;

N – сила натяжения пилы;

N_3 – Эйлера критическая сила, $N_3 = \pi^2 EI_{изг}/l^2$.

Сила натяжения пилы, как показано в [7], складывается из силы предварительного натяжения N_0 и дополнительного натяжения, обусловленного центробежными силами при движении ее по пыльным шкивам. Величина этой дополнительной нагрузки зависит от скорости резания V и равна mV^2 . Разумно предположить, что длина волны, соответствующая низшей частоте изгибных колебаний в плоскости наименьшей жесткости равна $2l$. После подстановки выражений для частоты (2) и сил натяжения в уравнение для скорости распространения волны (1) получим

$$C = \sqrt{\frac{\pi^2 EI_{изг}}{l^2 m} + \frac{N_0}{m} + \frac{V^2}{m}}. \quad (3)$$

Выражение (3) показывает, что скорость движения нагрузки (пилы) V ни при каких условиях не окажется равной нижней фазовой скорости распространения изгибной волны. Это означает, что резонанс, вызванный нагрузкой с учетом скорости ее приложения, в системе невозможен.

Однако нельзя забывать, что сила резания имеет периодические составляющие определенной частоты и амплитуды. Такая нагрузка может вызывать параметрические колебания системы и привести к потере устойчивости плоской формы изгиба.

Динамическую устойчивость упругих систем с распределенными параметрами можно рассматривать как смежный вопрос теории колебаний и статической устойчивости. Особое значение при этом уделяют системам, возбуждаемым нагрузками, которые являются параметрическими по отношению к некоторым видам деформаций. Примеры подобных систем широко известны. Так, продольная переменная во времени сила, сжимающая (растягивающая) первоначально прямолинейный стержень, является параметрической по отношению к поперечным прогибам, но не является таковой к продольным деформациям. В этом примере продольная сила изменяет частоту поперечных колебаний. При определенных соотношениях между характеристиками возмущающего воздействия и собственными характеристиками системы прямолинейная форма стержня становится динамически неустойчивой даже в том случае, когда амплитуда продольной силы меньше своего критического значения, т.е. стержень испытывает только продольные колебания. Условия возникновения потери динамической устойчивости прямолинейной формы стержня зависят как от соотношения между частотой возмущающей силы и собственной частотой системы, так и от ее амплитуды, т.е. появляются области динамической неустойчивости, которые определяются соотношениями отдельных параметров системы.

Рассмотрим упрощенную модель ленточной пилы, представленную на рис. 2. Упрощения обусловлены рядом допущений, связанных с отсутствием боковых сил резания, предварительного смещения осей пильных шкивов, дисбаланса пильных шкивов и некоторых других, и объясняются только методологической стороной рассматриваемого вопроса.

Периодическая нагрузка в направлении подачи заготовки $P(t)$, действующая в плоскости наибольшей жесткости пилы, возбуждает колебания в xy -плоскости. Она является параметрической по отношению к изгибно-крутильной деформации из плоскости ее действия. В статическом случае рассмотрение малых отклонений из плоскости на наибольшей жесткости пи-

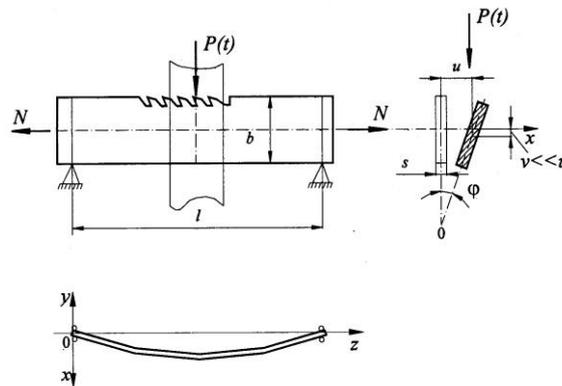


Рис. 2. Схема расчета изгибно-крутильных колебаний

лы приводит к задаче о статической устойчивости плоской формы изгиба. Подобные задачи рассмотрены при определении критической силы в ряде работ. Поэтому в случае вибрационной нагрузки следует говорить о динамической устойчивости плоской формы изгиба. Плоская форма изгиба динамически устойчива, если малые боковые возмущения затухают со временем. Если же при наличии малых боковых возмущений (они всегда имеют место из-за наличия боковых сил) возникают интенсивные изгибно-крутильные колебания из плоскости наибольшей жесткости, плоская форма динамически неустойчива.

Рассмотрим задачу об изгибно-крутильных колебаниях тонкостенного стержня, описываемых следующими уравнениями:

$$\begin{aligned} EI_x \frac{d^4 u}{dz^4} - N \frac{d^2 u}{dz^2} + \frac{d^2}{dz^2} (M\varphi) + m \frac{d^2 u}{dt^2} &= 0; \\ - (GI_k + Nr^2) \frac{d^2 \varphi}{dz^2} + M \frac{d^2 \varphi}{dz^2} + mr \frac{d^2 \varphi}{dt^2} &= 0, \end{aligned} \quad (4)$$

где u и φ – обобщенные координаты, зависящие от координаты z вдоль полотна пилы и времени t : поперечный прогиб полотна в плоскости наименьшей жесткости и угол закручивания;

EI_x – изгибная жесткость пилы, $I_x = (bs^3)/12$;

b и s – ширина и толщина пилы;

N – сила натяжения пилы, $N = N_0 + mV^2$;

N_0 – сила предварительного натяжения;

M – момент от внешней нагрузки $P(t)$;

GI_k – жесткость при кручении;

$I_k \cong (bs^3)/3$;

r – радиус инерции сечения.

Момент M , возникающий от внешней нагрузки, носит периодический во времени характер, что обусловлено прерывистым взаимодействием зубьев пилы и обрабатываемой заготовки. Представим в первом приближении внешнюю периодическую нагрузку:

$$P(t) = P_0 + P_t \cos \omega_z t, \quad (5)$$

где P_0 – постоянная составляющая горизонтальной силы резания;

P_t – переменная составляющая силы резания;

ω_z – круговая частота врезания зубьев в заготовку, $\omega_z = 2\pi V/\tau$;

τ – шаг зубьев пилы.

Выражение (5) содержит одну основную гармонику возбуждающей силы, связанную с частотой врезания зубьев. Известно, что характер взаимодействия зубьев пилы с заготовкой носит импульсный характер. В случае осуществления обработки ленточными пилами единичный силовой импульс, приходящийся на зуб пилы, по форме приближается к прямоугольному. Многократно перекрываясь при одновременной работе нескольких

зубьев, эти импульсы создают достаточно сложную полигармоническую нагрузку, которую всегда можно представить в виде разложения в ортогональные ряды.

Еще раз следует подчеркнуть существенное упрощение расчетной модели по сравнению с реальными факторами, действующими в процессе обработки. Так, уравнения (4) не учитывают характер точки приложения силы $P(t)$ по отношению к центру тяжести сечения. Кроме того, сила натяжения пилы из-за наличия дисбаланса пильных шкивов также будет иметь периодическую составляющую на частоте вращения шкива и являться параметрической по отношению к возникающим изгибно-крутильным деформациям. Учет тех или иных факторов приведет к дополнительным слагаемым в уравнениях (4).

Для отыскания решения системы (4) воспользуемся вариационным методом, аппроксимируя формы колебаний с помощью системы фундаментальных функций. Применяя метод Галеркина, приведем (4) к системе обыкновенных дифференциальных уравнений. Для случая шарнирного опирания по обоим концам запишем граничные и начальные условия:

$$\begin{aligned} u(0, t) = u(l, t) = \varphi(0, t) = \varphi(l, t) = 0; \\ \frac{d^2 u(0, t)}{dz^2} = \frac{d^2 u(l, t)}{dz^2} = \frac{d^2 \varphi(0, t)}{dz^2} = \frac{d^2 \varphi(l, t)}{dz^2} = 0, \end{aligned} \quad (6)$$

где l – свободная длина пилы.

Под свободной длиной пилы будем понимать расстояние между осями шкивов в плоскости ее наибольшей жесткости, предполагая при этом отсутствие отжимных направляющих. Подобное упрощение было введено на основе данных, приведенных в работе [6], согласно которым изменение свободной длины пилы в направлении подачи гораздо сильнее влияет на устойчивость ленточных пил в статической постановке по сравнению с аналогичным изменением расстояния между отжимными направляющими.

Граничным условиям (6) можно удовлетворить, приняв для функций $u(z, t)$ и $\varphi(z, t)$ выражения в виде

$$\begin{aligned} u(z, t) = \sum_1^{\infty} U_n(t) \chi_n(z); \\ \varphi(z, t) = \sum_1^{\infty} \Phi_n(t) \psi_n(z), \end{aligned} \quad (7)$$

где $U_n(t)$ и $\Phi_n(t)$ – некоторые временные функции;

$\chi(t)$ и $\psi(t)$ – фундаментальные функции формы изгибных и крутильных колебаний.

В качестве фундаментальных функций формы прогибов, соответствующих низшим собственным частотам системы, принимаем

$$\chi(t) = \psi(t) = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{l}} \sin\left(\frac{\pi z}{l}\right). \quad (8)$$

Подставляя выражения (7) и (8) в (4), а затем результат подстановки умножая на $\chi(t)$ или $\psi(t)$ и интегрируя по длине балки, получаем следующую систему обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} mU'' + \frac{\pi^2}{l^2} (EI_x \frac{\pi^2}{l^2} + N)U + \frac{P(t)}{2l} (1 + \frac{\pi^2}{4})\Phi &= 0; \\ mr^2\Phi'' + \frac{\pi^2}{l^2} (GI_k + Nr^2)\Phi + \frac{P(t)}{2l} (1 + \frac{\pi^2}{4})U &= 0. \end{aligned} \quad (9)$$

Уравнения (9) удобнее записать в матричном виде:

$$Ff'' + (R - (P_0 + P_t \cos \omega t)S)f = 0, \quad (10)$$

где $f = \begin{vmatrix} U \\ \Phi \end{vmatrix}$ – вектор-столбец временных функций изгибных и крутильных колебаний;

$$F = \begin{vmatrix} m & 0 \\ 0 & mr^2 \end{vmatrix};$$

$$R = \begin{vmatrix} \frac{\pi^2}{l^2} (EI_x \frac{\pi^2}{l^2} + N) & 0 \\ 0 & \frac{\pi^2}{l^2} (GI_k + Nr^2) \end{vmatrix};$$

$$S = \begin{vmatrix} 0 & \frac{1}{2l} (1 + \frac{\pi^2}{4}) \\ \frac{1}{2l} (1 + \frac{\pi^2}{4}) & 0 \end{vmatrix} \text{ – матрицы инерционных коэффициентов и}$$

сил сопротивления.

Значения элементов матрицы S получены на основании следующих соображений. Левые части уравнений (4) следует рассматривать как выражения для равнодействующей внешних и внутренних сил, приложенных к единице длины стержня. Если трактовать метод Галеркина как метод возможных перемещений, то, составляя работу этих сил на виртуальных перемещениях и добавляя к ней работу сосредоточенных сил, после приравнивания суммы нулю приходим к приведенным выше результатам. Поскольку эпюра изгибающих моментов $M(z)$ от внешней нагрузки имеет особую точку (излом) (рис. 3), вычисление интегралов, содержащих $M(z)$ при использовании метода Галеркина, осуществлено отдельно для правой и левой частей балки с учетом

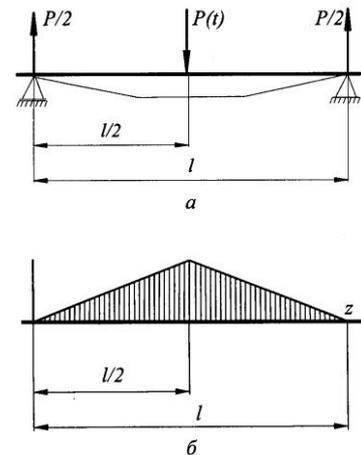


Рис. 3 Схема сил (а) и эпюра изгибающих моментов (б)

работы сосредоточенной силы, приходящейся на единицу длины балки, P/l .

Матричные уравнения (10) приведем к более удобному виду, умножив почленно на R^1 :

$$Cf' + (E - (P_0 + P_t \cos \omega t) A) f = 0, \quad (11)$$

где
$$C = \begin{vmatrix} \frac{1}{\omega_x^2} & 0 \\ 0 & \frac{1}{\omega_\phi^2} \end{vmatrix};$$

ω_x^2 и ω_ϕ^2 – квадраты парциальных частот, соответствующих изгибным и крутильным колебаниям,

$$\omega_x^2 = \frac{\pi^2 (EI_x \frac{\pi^2}{l^2} + N)}{m} \quad \text{и} \quad \omega_\phi^2 = \frac{\pi^2 (GI_k + Nr^2)}{mr^2};$$

$$A = \begin{vmatrix} 0 & \frac{1 + \frac{\pi^2}{4}}{2l \frac{\pi^2}{l^2} (EI_x \frac{\pi^2}{l^2} + N)} \\ \frac{1 + \frac{\pi^2}{4}}{2l \frac{\pi^2}{l^2} (GI_k + Nr^2)} & 0 \end{vmatrix}.$$

Как частный случай уравнение (11) дает приближенное значение критической силы P^* в статической постановке:

$$|E - P_0 A| = 0;$$

$$P^* = \pm \frac{2\pi}{(1 + \frac{\pi^2}{4})l} \sqrt{(EI_x \frac{\pi^2}{l^2} + N)(GI_k + Nr^2)}.$$

Границы главных областей неустойчивости (основной резонанс) в первом приближении [2] определяем из условия

$$|E - (P_0 \pm 1/2 P_t) A - 1/4 \omega^2 C| = 0. \quad (12)$$

Раскрывая определитель (12), получаем

$$(1 - \frac{\omega^2}{4\omega_x^2}) (1 - \frac{\omega^2}{4\omega_\phi^2}) - \frac{(P_0 \pm \frac{1}{2} P_t)}{P^*} = 0. \quad (13)$$

Решение уравнения (13) дает две области неустойчивости относительно критических частот возбуждения ω_1^* и ω_2^* :

$$\omega_1^* = \frac{2\omega_x}{\sqrt{2\gamma}} \sqrt{1 + \gamma - \sqrt{(1 - \gamma)^2 + 4\gamma \frac{(P_0 \pm \frac{1}{2}P_t)^2}{P^{*2}}}};$$

$$\omega_2^* = \frac{2\omega_\phi}{\sqrt{2}} \sqrt{1 + \gamma + \sqrt{(1 - \gamma)^2 + 4\gamma \frac{(P_0 \pm \frac{1}{2}P_t)^2}{P^{*2}}}},$$
(14)

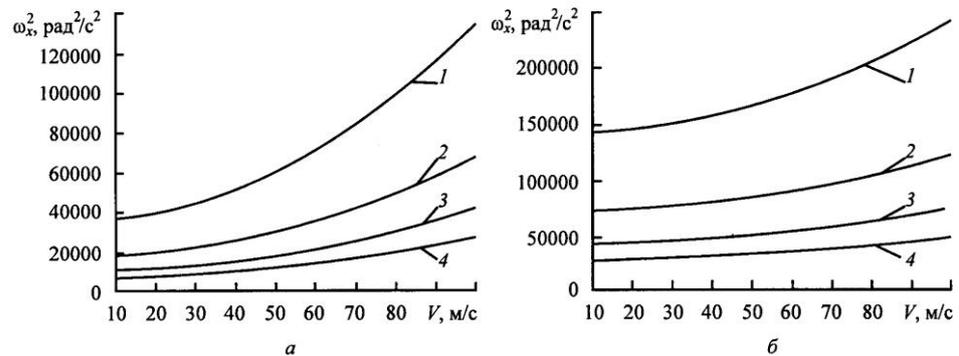
где $\gamma = \frac{\omega_x^2}{\omega_\phi^2}$ – соотношение квадратов парциальных частот, соответствующих изгибным и крутильным колебаниям, определяющим степень их связанности.

Уравнения (14) представляют собой математическую модель областей динамической устойчивости рассматриваемой системы.

Для проведения численного анализа были приняты следующие значения характеристик рассматриваемой системы:

- толщина пилы $s = 1,2 \cdot 10^{-3}$ м;
- ширина пилы $b = 100 \cdot 10^{-3}$ м;
- модуль Юнга $E = 2 \cdot 10^{11}$ Па;
- модуль сдвига материала пилы $G = 7,7 \cdot 10^{10}$ Па;
- масса единицы длины пилы $m = \rho s b = 1$ кг/м;
- плотность материала пилы $\rho = 7,7 \cdot 10^3$ кг/м³.

На рис. 4 приведены численные значения квадратов собственных частот изгибных колебаний и отношения квадратов парциальных частот в зависимости от силы натяжения и свободной длины пилы. Как видно из рис. 4, квадраты отношения собственных частот изгибных и крутильных колебаний при скорости резания 30 ... 50 м/с в зависимости от натяжения пилы составляют 0,60 ... 0,87, что свидетельствует о существенной связанности колебаний. Основным фактором, влияющим на величину этих частот, является сила натяжения пилы и ее свободная длина.



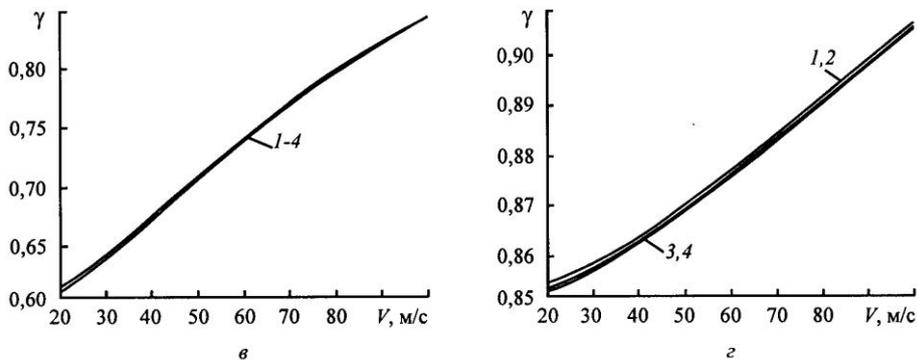


Рис. 4. Зависимость квадратов собственных частот изгибных колебаний ω (а, б) и отношения квадратов собственных частот γ (в, г) ненагруженной силой резания системы от V при различных значениях l и N_0 : 1 – $l = 1,0$ м; 2 – 1,4; 3 – 1,8; 4 – 2,2 м; а, в – $N_0 = 5$ кН; б, г – 20 кН

Для анализа областей неустойчивости системы введем следующие коэффициенты:

$\alpha = \frac{P_0}{P^*}$ – соотношение между критической силой и постоянной составляющей внешней нагрузки (фактически коэффициент запаса устойчивости в статической постановке);

$\beta = \frac{P_t}{P_0}$ – коэффициент возбуждения.

Существуют две главные области неустойчивости, связанные с собственными частотами изгибно-крутильных колебаний связанной системы. Эти области достаточно близко расположены друг к другу при малых α . Ширина этих зон определяется коэффициентом возбуждения β , величина которого зависит от режимных параметров обработки, шага пилы, высоты пропила, характеристик обрабатываемой древесины. Например, увеличение шага пилы при сохранении других условий обработки ведет к увеличению коэффициента возбуждения и снижению частоты возмущающей силы резания.

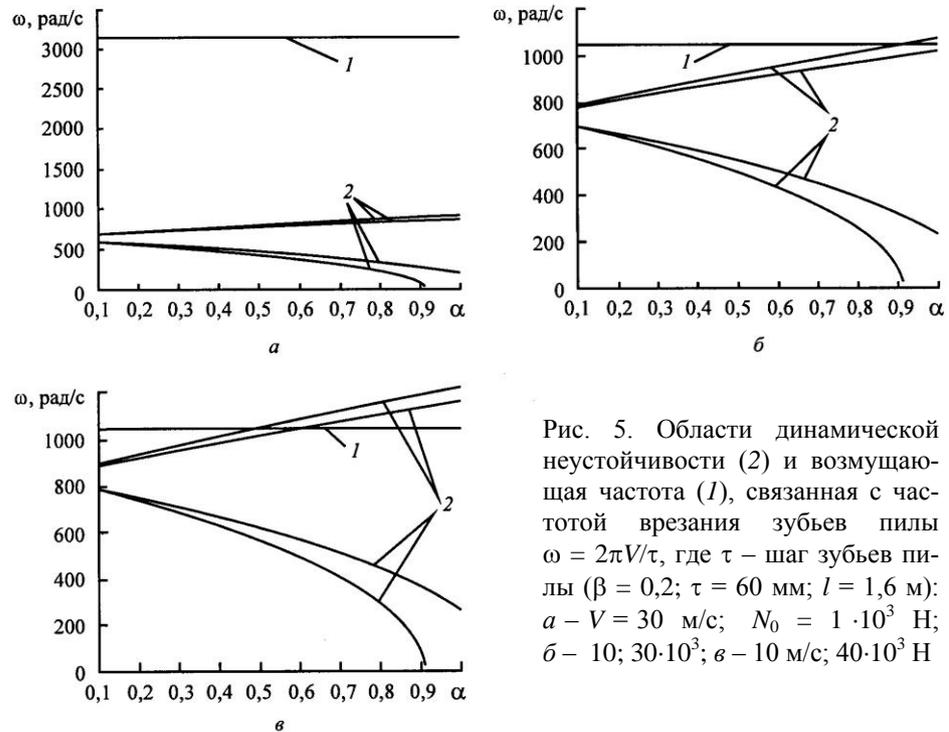


Рис. 5. Области динамической неустойчивости (2) и возмущающая частота (1), связанная с частотой врезания зубьев пилы $\omega = 2\pi V/\tau$, где τ – шаг зубьев пилы ($\beta = 0,2$; $\tau = 60$ мм; $l = 1,6$ м):
 а – $V = 30$ м/с; $N_0 = 1 \cdot 10^3$ Н;
 б – 10 ; $30 \cdot 10^3$; в – 10 м/с; $40 \cdot 10^3$ Н

На рис. 5 изображены области динамической неустойчивости рассматриваемой системы в зависимости от некоторых значений, входящих в модель параметров.

Предварительные расчеты показали, что возможно такое сочетание параметров и характеристик рассматриваемой системы, которое может привести к потере плоской формы изгиба даже в том случае, когда значение горизонтальной составляющей силы резания намного меньше своего критического значения в статической постановке (рис. 5, б, в). Так, увеличение силы натяжения пилы при одновременном снижении скорости резания может привести к потере динамической устойчивости системы.

В результате выполненного исследования можно сделать следующие выводы.

1. Динамическая неустойчивость ленточных пил может быть обусловлена параметрическим возбуждением системы от периодической силы резания.

2. Существуют две области динамической неустойчивости, связанные с собственными частотами изгибно-крутильных колебаний, ширина которых зависит от коэффициента возбуждения и определяется в основном параметрами режима резания, характеристиками обрабатываемой древесины, геометрическими параметрами пилы и высотой пропила.

3. При определении запаса устойчивости плоской формы изгиба ленточных пил следует учитывать не только постоянную составляющую горизонтальной силы резания, но и ее частоту и амплитуду.

4. Разработанная математическая модель в виде аналитических зависимостей позволяет строить области динамической неустойчивости полотна ленточных пил в зависимости от ряда технологических параметров обработки.

Следует отметить, что наличие переменной составляющей силы натяжения пилы N , обусловленной дисбалансом пильного шкива и связанной с частотой его вращения, приводит к появлению дополнительной параметрической нагрузки, амплитуда которой зависит от величины дисбаланса и скорости вращения шкива. Этот вид возмущения приведет к появлению дополнительных областей неустойчивости, которые будут накладываться на рассмотренные выше, что необходимо учитывать при расчете устойчивости пил. Анализ влияния периодической нагрузки от дисбаланса вращающегося шкива может быть проведен аналогично.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бидерман, В.Л. Теория механических колебаний [Текст] / В.Л. Бидерман. – М.: Высш. шк., 1980. – 408 с.
2. Болотин, В.В. Динамическая устойчивость упругих систем [Текст] / В.В. Болотин. – М.: Изд-во технико-теорет. лит-ры, 1956. – 600 с.
3. Брюквин, А.В. Динамическая модель колебаний дереворежущих ленточных пил [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Брюквин А.В. – М., 1994. – 26 с.
4. Вибрации в технике [Текст]: справ. Т. 1. Колебания линейных систем/ под ред. В.В. Болотина. – М.: Машиностроение, 1978. – 352 с.
5. Кудинов, В.А. Динамика станков [Текст] / В.А. Кудинов. – М.: Машиностроение, 1967. – 360 с.
6. Прокофьев, Г.Ф. Интенсификация пиления древесины рамными и ленточными пилами [Текст] / Г.Ф. Прокофьев. – М.: Лесн. пром-сть, 1990. – 238 с.
7. Прокофьев, Г.Ф. К вопросу ограничения скорости резания ленточно-пильных станков [Текст] / Г.Ф. Прокофьев, С.В. Ершов // Лесн. журн. – 1999. – № 2. – С. 109–115. – (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 17.04.08

L.V. Kremleva, V.I. Malygin

“Sevmashvtuz”, Branch of Saint-Petersburg State Marine Technical University

To Question on Dynamic Stability of Band Saws

Frequencies quantitative assessment of flexural-and-torsional vibrations for band saw blade and borders of unstable regions are provided depending on design-geometric saw parameters, process conditions, characteristics of processed materials. The analytical equations of dynamic unstable regions for flat form of band saw bend are produced.

Keywords: band saw, critical speed, dynamic stability, parametric excitation, elastic vibrations, cutting forces.

**ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ**

УДК 661.728

Ф.Х. Хакимова, Т.Н. Ковтун, Р.Р. Хакимов

Пермский государственный технический университет

Хакимова Фирдавес Харисовна родилась в 1938 г., окончила в 1965 г. Уральский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой технологии целлюлозно-бумажного производства Пермского государственного технического университета, заслуженный работник высшей школы РФ. Имеет более 150 научных трудов в области теории и технологии целлюлозы.
E-mail: tcbp@pstu.ac.ru



Ковтун Татьяна Николаевна родилась в 1951 г., окончила в 1975 г., Пермский политехнический институт, кандидат технических наук, профессор кафедры технологии целлюлозно-бумажного производства Пермского государственного технического университета. Имеет более 80 печатных работ в области теории и технологии целлюлозы.
E-mail: tcbp@pstu.ac.ru



Хакимов Роман Рашидович родился в 1984 г., окончил в 2006 г. Пермский государственный технический университет, аспирант кафедры технологии целлюлозно-бумажного производства ПГТУ. Имеет 4 печатные работы в области технологии целлюлозы.
E-mail: tcbp@pstu.ac.ru

**ОБЕССМОЛИВАНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ
ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ
НА СТАДИИ БИСУЛЬФИТНОЙ ВАРКИ**

Показано, что при бисульфитной варке для обессмоливания еловой, березовой и осиновой целлюлозы эффективной является добавка неионогенного поверхностно-активного вещества Неонол АФ 9-12 в количестве 0,2 ... 0,3 % от абс. сухой древесины.

Ключевые слова: бисульфитная варка, древесина хвойных и лиственных пород, обессмоливание, поверхностно-активное вещество, общая смолистость, «вредная» смолистость, критическая концентрация мицеллообразования.

Одной из актуальных проблем целлюлозно-бумажной промышленности являются смоляные затруднения, возникающие на разных стадиях переработки целлюлозной и бумажной массы и приводящие к большим экономическим потерям. В последнее время эта проблема обострилась в связи с дефицитом балансовой древесины и, как следствие, с сокращением длительности ее выдерживания

на воздухе. Кроме того, в последние годы предприятия ЦБП все чаще используют лиственную древесину, содержащую больше, чем хвойные породы, труднорастворимых компонентов смолы – жиров и неомыляемых веществ. Поэтому задача снижения смолистости целлюлозы – одна из важнейших для целлюлозно-бумажного производства.

В настоящее время среди различных способов обессмоливания наиболее экономичным, радикальным и технологически простым является использование поверхностно-активных веществ (ПАВ) на различных стадиях производства. Преимущество данного способа состоит в одновременном снижении общей смолистости целлюлозы и смоляных затруднений.

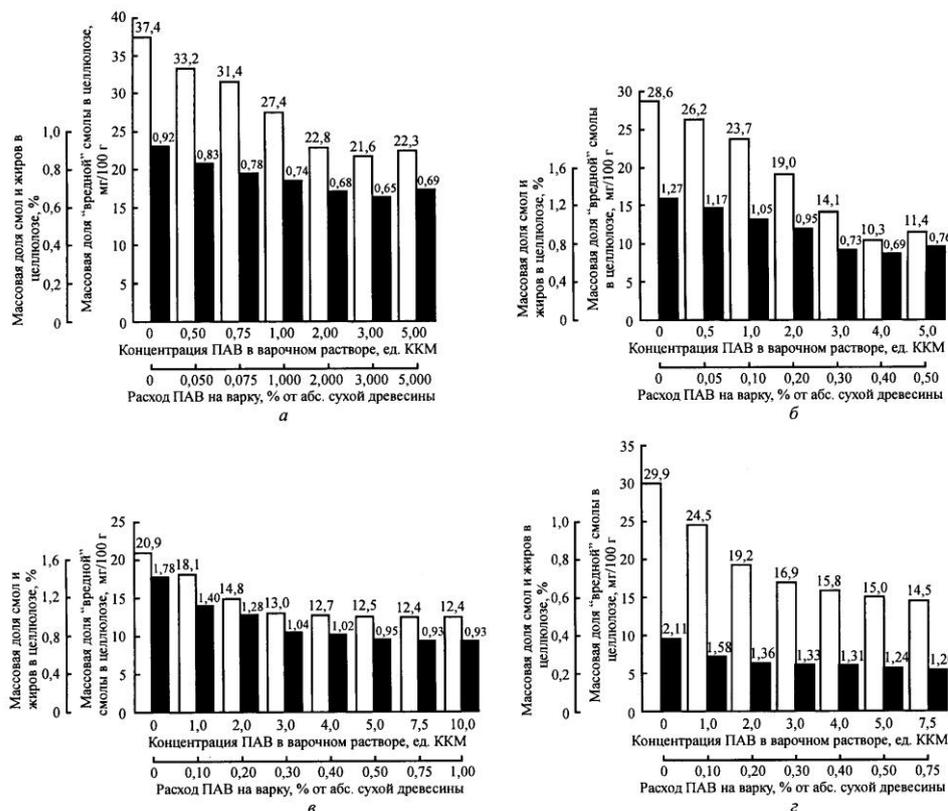
Наиболее целесообразно, по нашему мнению, применять ПАВ при варке целлюлозы, т. е. именно там, где возникает основной очаг будущих осложнений в виде коллоидно-диспергированной в варочном щелоке смолы, извлекаемой из древесины, особенно на первой стадии варки – при пропитке щепы сульфитной варочной кислотой.

С учетом вышеизложенного нами проведены соответствующие исследования. В качестве препарата для обессмоливания целлюлозы предложено эффективное отечественное ПАВ неионогенного типа Неонол АФ 9-12 с повышенной биоразлагаемостью.

Для лабораторных бисульфитных варок использовали производственные щепу и варочную кислоту на натриево-магниевом основании, содержащую 4,2 % всего SO_2 , 2,2 % связанного SO_2 ; рН кислоты 3,5. (В последние годы на ряде сульфитцеллюлозных заводов стали применять варочную кислоту, близкую по составу к бисульфитной, поэтому варка названа бисульфитной). Режим варки принят применительно к условиям ОАО ЦБК «Кама»: подъем температуры до 110 ... 115 °С – 1,5 ч, пропитка при этой температуре – 2,0 ч, подъем температуры до 154 ... 160 °С – 2,0 ч, варка при конечной температуре – 1,5 ... 2,0 ч. ПАВ добавляли перед варкой в варочную кислоту, подогретую до 70 ... 75 °С.

Варки целлюлозы проводили с различным расходом ПАВ. Для нахождения оптимального расхода ПАВ необходимо определить его критическую концентрацию мицеллообразования (ККМ), используя метод измерения поверхностного натяжения. Для ПАВ Неонол в условиях бисульфитной варки ККМ составляла 0,02 %.

Нами исследовано обессмоливание еловой, березовой и осиновой целлюлозы. Варки целлюлозы с добавками ПАВ из еловой древесины проводили до различной степени провара. На рисунке *а, б* представлены результаты бисульфитных варок целлюлозы до жесткости 100 ... 120 и 90 ... 95 п. ед. Для характеристики степени обессмоливания определено содержание в целлюлозе общей и «вредной» смолы. Общая смолистость имеет значение в производстве лишь постольку, поскольку она предопределяет вредную смолистость, вызывающую смоляные затруднения. Характерным признаком вредной смолы является липкость и способность к агрегатированию в крупные частицы, между тем ни один из компонентов смолы в отдельности этими свойствами не обладает. Возникновение вредной смолистости – результат смешения отдельных компонентов смолы, которые в исходной древесине между собой разобщены, и варка является тем первым производственным процессом, при котором это смешение становится возможным.



Влияние расхода ПАВ при варке на обессмоливание еловой (а, б), березовой (в) и осиновой (г) целлюлозы: а – степень провара 100 ... 120 п.е.; б – 90 ... 95 п.е.

(□ – массовая доля «вредной» смолы; □ – массовая доля смол и жиров)

Как видно из рисунка, целлюлоза, полученная без применения ПАВ при варке, отличается относительно невысоким содержанием общей смолы, но значительной долей вредной смолы. Добавка ПАВ в количестве, соответствующем концентрации его в варочном растворе (равной по величине ККМ), снижает содержание общей и вредной смолы в целлюлозе соответственно на 20 и 27 %. Наибольший эффект обессмоливания достигается при варке с расходом ПАВ, превышающим ККМ в 2 – 3 раза. Дальнейшее повышение расхода влияет на эффективность обессмоливания незначительно.

Целлюлоза более глубокой степени провара (рисунок б) отличается несколько меньшим содержанием вредной смолы и эффект обессмоливания в этом случае выше, чем при варке более жесткой целлюлозы и одинаковом расходе ПАВ. Так, при концентрации ПАВ в варочном растворе 3,0 ед. ККМ эффект обессмоливания по общей и вредной смоле соответственно составляет 43 и 51 %, против 29 и 42 % для более жесткой целлюлозы. Максимальный эффект обессмоливания достигнут при превышении ККМ в 5 раз.

Полученные результаты показывают, что при варках по одинаковому режиму добавки ПАВ приводят к некоторому снижению жесткости получаемой целлюлозы. Объясняется это тем, что основное растворение смолы из древесины происходит при пропитке, а добавка ПАВ повышает гидрофильность смолы, ускоряя процесс пропитки, что способствует не только обессмоливанию, но и лучшей делигнификации.

Проблема профилактики и устранения смоляных затруднений при переработке лиственной древесины относится к труднорешаемым. В этом случае вредная смолистость вызывается, при отсутствии смоляных кислот, высоким содержанием нейтральных веществ в составе экстрактивных веществ лиственной древесины.

На рисунке 6, 7 представлены результаты изучения влияния ПАВ Неонол на обессмоливание березовой и осиновой бисульфитной целлюлозы.

Образцы березовой целлюлозы (см. рисунок 6) имеют степень провара 87 ... 92 п.ед. Эффект обессмоливания ~ 40 % достигается при расходе ПАВ 0,3 % от абс. сухой древесины (при концентрации ПАВ, превышающей ККМ в 3 раза). Однако, если при варке ели обессмоливание по вредной смоле эффективнее, чем по общей, то при варке березы степень обессмоливания по общей и вредной смоле примерно одинакова. При близких значениях степени провара эффект обессмоливания от добавок ПАВ при варке еловой целлюлозы выше, чем березовой.

Образцы целлюлозы из осиновой древесины имеют степень провара ~ 65 п.ед. Результаты варок осиновой целлюлозы с добавками ПАВ (рисунок 7) показывают, что рациональным, как и в случае варок ели и березы, является расход ПАВ 0,2 ... 0,3 % от абс. сухой древесины (концентрация ПАВ 2,0 ... 3,0 ед. ККМ).

При равных расходах ПАВ эффект обессмоливания березовой и осиновой целлюлозы различается несущественно. При расходе ПАВ 0,5 % от абс. сухой древесины степень обессмоливания по вредной смоле достигает 50 %.

Таким образом, при бисульфитной варке еловой, березовой и осиновой древесины эффективным является расход ПАВ Неонол 0,2 ... 0,3 % от абс. сухой древесины, который обеспечивает концентрацию ПАВ, превышающую ККМ в 2 – 3 раза. При этом по вредной смоле степень обессмоливания выше у еловой целлюлозы (39 ... 51 % в зависимости от жесткости целлюлозы), тогда как для березовой составляет 30 ... 40 %, для осиновой – 36 ... 44 %.

Для контроля процесса обессмоливания целлюлозы при варке был использован также метод окрашивания частиц смолы препаратом SUDAN 4 с подсчетом под микроскопом. При определении смолы в целлюлозе ее классифицировали на три типа: диспергированная (свободная), коагулированная (осевшая на волокнах), внутриволоконная (капсулированная).

Свободная (свежая) смола окрашивается препаратом в красный цвет, коагулированная (старая) – в черный, внутриволоконная – в желто-красный. Для анализа использовали образцы целлюлозы, содержащие примерно по 600 волокон. В образцах лабораторной целлюлозы большая часть смолы окрашена в черный цвет, так как для варок использовали воздушно-сухую щепу, в которой часть смолы уже окислена.

Результаты микроскопического анализа смолы в еловой, березовой и осиновой целлюлозе приведены в таблице. Анализу подвергали образцы целлюлозы, полученные варкой без ПАВ и с добавкой ПАВ Неонол в количестве 0,3 % от абс. сухой древесины. Смолу определяли в целлюлозе и промывном фильтрате. Использование ПАВ при варке привело к увеличению на 28 ... 34 % количества смолы в фильтрате, отобранном из суспензии сравниваемых образцов целлюлозы.

Результаты микроскопического анализа смолы

Целлюлоза	Смола в фильтрате, шт./600 вол.		Смола в целлюлозе, шт./600 вол.				
			диспергированная	коагулированная	внутриволоконная		
Еловая	$\frac{68}{94}$	(+ 27,6)	–	$\frac{38}{24}$	(– 36,8)	$\frac{29}{12}$	(– 58,6)
Осиновая	$\frac{27}{39}$	(+ 30,8)	$\frac{6}{28}$	(+ 78,6)	$\frac{49}{14}$	(– 71,4)	–
Березовая	$\frac{25}{38}$	(+ 34,5)	$\frac{4}{19}$	(+ 78,9)	$\frac{48}{24}$	(– 50,0)	–

Примечание. В числителе приведены данные без добавки ПАВ при варке, в знаменателе – с добавкой, в скобках – изменение показателя.

Анализ полученных результатов показал, что в отличие от лиственной целлюлозы, в хвойной отсутствовала диспергированная смола, но была обнаружена внутриволоконная. Использование Неонола при варке еловой древесины уменьшило количество коагулированной смолы на 37 %, внутриволоконной – на 59 %.

У образцов осиновой и березовой целлюлозы добавка ПАВ при варке существенно увеличила количество диспергированной смолы при значительном снижении коагулированной.

Полученные нами результаты подтверждают, что обессмоливание целлюлозы при добавке ПАВ происходит за счет диспергирования смолы и уменьшения ее коагулирования, т.е. образования липких сгустков, оседающих на волокнах.

Таким образом, использование ПАВ Неонол на стадии варки способствует меньшему оседанию смолы на целлюлозное волокно и эффективному отмыванию мелких частиц смолы при промывке целлюлозы, что в конечном итоге снижает смолистость целлюлозы после варки и дает возможность устранить смоляные затруднения по всему дальнейшему технологическому потоку.

В отдельных исследованиях нами установлено, что добавка ПАВ при варке не оказывает отрицательного влияния на прочность целлюлозы.

Полученные нами результаты позволяют сделать вывод, что для обессмоливания еловой, березовой и осиновой целлюлозы при бисульфитной варке эффективна добавка неионогенного ПАВ Неонол АФ 9-12 в количестве 0,2 ... 0,3 % от абс. сухой древесины.

Поступила 07.05.08

F.Kh. Khakimova, T.N. Kovtun, R.R. Khakimov
Perm State Technical University

Pulp Deresination by Surfactants at Bisulfite Pulping Stage

It is shown that addition of nonionic surfactant Neonol AF 9-12 in amount of 0,2 ... 0,3 % of bone-dry wood during bisulfite pulping is efficient for spruce, birch and aspen pulp deresination.

Keywords: bisulfite pulping, softwood and hardwood, deresination, surfactant, general gumminess, "harmful" gumminess, critical concentration of micelle formation.

УДК 676.16

Э.И. Гермер

СПбОО «Экология и бизнес»

Гермер Эмиль Исаакович окончил Ленинградский технологический институт целлюлозно-бумажной промышленности, доктор химических наук, заместитель генерального директора СПбОО «Экология и бизнес» по новым технологиям. Имеет около 180 печатных работ в области производства целлюлозы, преимущественно по химии, технологии и катализу кислородно-щелочной делигнификации, экологии и технологии целлюлозно-бумажного производства.
Тел.: (812) 375-01-02



СОВРЕМЕННАЯ КОНЦЕПЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЦБП И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ЕЕ РЕАЛИЗАЦИИ В РОССИИ. 3. ПРОБЛЕМЫ НОРМИРОВАНИЯ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ И ПОБОЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВ; О ЛИМИТАХ И ПОЛУЧЕНИИ КОМПЛЕКСНОГО РАЗРЕШЕНИЯ НА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Рассмотрена проблема нормирования побочных производств предприятий ЦБП, а также перехода от лимитов по проблемным для предприятий экологическим показателям к узаконенным нормативам. С учетом опыта промышленно развитых зарубежных государств выделены основные правила, которым целесообразно следовать при рассмотрении заявок и выдаче предприятию комплексного разрешения на природопользование.

Ключевые слова: твердые отходы, побочные производства, экологическое нормирование, комплексное разрешение на природопользование.

О нормировании твердых отходов

Как следует из Сообщений 1 и 2, твердые отходы целлюлозно-бумажных производств в соответствии с обсуждаемым Проектом нормированию не подлежат (за исключением производства массы из макулатуры, где по твердым отходам имеются более или менее достоверные данные – см. табл. 6 Сообщения 2). Это важное обстоятельство безусловно требует обоснования, особенно, с учетом того, что ряд экологов настаивают на нормировании твердых отходов ЦБП, не учитывая изложенную ниже специфику данного вопроса.

Основной причиной отсутствия нормирования твердых отходов является абсолютно недостаточное количество относящихся к ним сопоставимых достоверных данных, без чего невозможно предложить обоснованные нормы. Причем такое положение имеет место не только в российской ЦБП, но и в ЦБП Европы. На это, в частности, обращается внимание в Директиве Европейского комитета по предотвращению интегрированных загрязнений и контролю за ними (ИРПС), под эгидой которой относительно недавно был издан сборник наилучших существующих технологий (НСТ) в ЦБП для стран Европейского союза (ЕС). Такое положение, по видимому, сложилось по ряду причин. Прежде всего следует иметь в виду, что твердые технологические отходы, образующиеся на предприятиях даже одного профиля, достаточно разнообразны как по количеству, так и по составу (речь преимущественно идет о неорганических отходах), поскольку они в значительной степени обусловлены видом и качеством используемого сырья и химикатов, которые, в свою очередь, могут серьезно различаться в зависимости от места их добычи, воз-

возможностей поставщика, степени очистки сырья и химикатов от посторонних включений и примесей и т.д. В частности, по европейским данным в целом количество сухих твердых отходов при производстве, например, небеленой и беленой сульфатной целлюлозы соответственно колеблется в интервале 50 ... 140 и 70 ... 130 кг/т в.с.ц. Таким образом, нижнее и верхнее значение указанных интервалов отличается в 2–3 раза, что исключает использование даже их средних значений для ответственного нормирования при ограниченном количестве данных, как в этом случае. В то же время, например, данные одного финского предприятия такого же профиля свидетельствуют об общем количестве твердых отходов 44 кг/т в.с.ц., что ниже даже самого низкого значения в указанных выше интервалах. По данным SEPA суммарное количество шлама зеленого щелока и известкового шлама на сульфатцеллюлозных производствах колеблется от 10 до 60 кг/т в.с.ц., т.е. различается в 6 раз, количество золы, шлаков и иных сыпучих веществ – от 5 до 45 кг/т в.с.ц., а количество отходов лесной биржи, состоящих из не утилизируемой коры (это не кора от окорки балансов), песка и камней, – от 1 до 20 кг/т в.с.ц. и т.д. – и все это при статистически недостоверном количестве информации.

Кроме того, за рубежом нормирование твердых отходов отсутствует еще и потому, что там проблему снижения их количества решают не путем нормирования, а за счет достаточно высокой стоимости их депонирования – чтобы не нести значительные расходы по этой статье, каждое предприятие без всякого нормирования старается свести их количество к минимуму. Однако одно серьезное ограничение нормативного характера в странах ЕС все-таки имеется – все твердые отходы, содержащие более 5 % органических веществ, должны быть утилизированы.

Исходя из вышеизложенного, разработчиком Проекта было принято решение, получившее поддержку экспертов группы выполнения, не рекомендовать до проведения специальных исследований нормирование твердых отходов производств ЦБП, а при определении их нормативного количества временно руководствоваться Методическими указаниями по разработке проектов нормативов образования отходов и лимитов на их размещение, разработанными в развитие закона «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 г. № 89-ФЗ и утвержденными Министерством природных ресурсов РФ в 2002 г.

Что касается органических отходов, составляющих основную часть твердых отходов большинства предприятий ЦБП, то применительно к ним безусловно требуется иной подход. Основное их количество приходится на долю кородревесных отходов, избыточного активного ила и волокнистых шламов (кородревесные отходы в развитых странах отходами не считаются; они – качественное биотопливо, имеющее огромное преимущество перед другими видами топлива в связи с тем, что диоксид углерода, образующийся при его сжигании, не учитывается в выбросах этого компонента в атмосферу). Эти твердые отходы должны быть в обязательном порядке утилизированы. Есть целый ряд способов их использования, из которых наибольшее развитие получило сжигание с выработкой пара, направляемого или непосредственно на производство, или/и для получения электроэнергии. При этом возможны варианты – совместное их сжигание в короутилизационном котлоагрегате или сжигание избыточного ила и волокнистых шламов в топках специальных котлов. Поэтому в обсуждаемом Проекте предлагается вменить предприятиям в качестве обязательного условия полную утилизацию этих видов твердых органических отходов. Более мягкий вариант рекомендуемого решения – полная утилизация твердых отходов при содержании в них не менее 75 % органики по сухому веществу. При отсутствии у предприятия возможности выполнить это условие на момент

вступления норм в действие в полном объеме ему будет дано время для создания соответствующей установки или модернизации существующей (подробнее об этом см. ниже). Вследствие высокой стоимости топлива сегодня и в обозримом будущем срок окупаемости необходимого оборудования, в частности, для утилизации упомянутых выше органических отходов сжиганием должен быть относительно невелик.

Об учете при нормировании вспомогательных и побочных производств

Вспомогательные производства, назначение которых способствовать работе основного производства, входят в состав последнего и поэтому отдельному нормированию не подлежат. К числу этих производств относятся отделы по приготовлению растворов различных химикатов, получению в ряде случаев самих химикатов (например, кислорода, диоксида хлора и др.), локальной и внеплощадочной очистки сточных вод, водоснабжения предприятия, транспортного и ремонтно-механического обеспечения и т.д.

С побочными производствами, технологическая схема которых не зависит от основного производства (это обеспечивает возможность функционирования последнего и при отсутствии побочных производств), обстоит сложнее. Фактически все, даже относительно небольшие предприятия российской ЦБП, имеют побочные производства. На некоторых ЦБК их число заметно больше десятка. Их можно разделить на несколько основных групп:

производства продуктов переработки древесины (ДСП, ДВП, деревянных строительных конструкций, лесопильное и т.д.);

производства на основе компонентов отработанных щелоков (сухие дрожжи, сухие или упаренные лигносульфонаты, талловая канифоль и т.п.);

производства на основе выпускаемой бумаги или картона (писчебумажные изделия, обои, картонная тара, санитарно-гигиенические изделия и т.д.);

производства на основе переработки твердых отходов (строительные плиты или блоки с использованием избыточного активного ила и других волокнистых шламов, шлака или золы котельных, пигменты из золы котельных и т.д.).

Не так однозначно обстоит дело и с производством энергии. Встречаются предприятия, получающие ее от стороннего производителя. С учетом этого, даже если энергия производится и непосредственно на предприятии, ее получение вроде бы целесообразно отнести к разряду побочных производств. Однако без энергии, как и без снабжения водой, приготовления производственных растворов и т.п. (все это, как отмечалось выше, вспомогательные производства), не может функционировать ни одно основное производство в ЦБП. Именно этот факт привел к тому, что на подавляющем числе целлюлозно-бумажных предприятий энергия производится непосредственно на заводских ТЭС. Что касается сульфатцеллюлозных предприятий, то на них производство энергии вообще является частью общей производственной схемы, поскольку непосредственно сопряжено с регенерацией основных химикатов, осуществляемой в СРК. Также однозначно к вспомогательным производствам следует отнести получение энергии в короутилизационных котлоагрегатах, специальных котлах по сжиганию избыточного ила, волокнистых шламов, образующихся в процессе производства токсичных горючих газов и т.п. Эти котлоагрегаты являются обязательным атрибутом технологической схемы основного производства и обеспечивают его экологическую безопасность, они относятся к вспомогательным (т.е. входят в состав основного производства). Поэтому по совокупности всех перечисленных выше обстоятельств все-таки логичней производство энергии, как тепловой, так и электрической (особенно с учетом современных тенденций, связанных с реализацией принципа когенерации энергии), считать вспомога-

ным, а не побочным производством. В этом случае предприятия, полностью или частично получающие энергию от стороннего производителя, вроде бы оказываются в более выгодном положении в плане экологии, поскольку сбросы и выбросы, связанные с производством энергии, являются проблемой ее производителя. Однако это преимущество для таких предприятий нивелируется заметно более высокой стоимостью покупаемой энергии по сравнению с ее себестоимостью при производстве на собственной ТЭС.

Возвращаясь к проблеме нормирования сбросов и выбросов загрязняющих веществ для побочных производств, необходимо отметить, что на сегодняшний день по тем интегральным показателям, по которым предлагается нормировать основные виды целлюлозно-бумажных производств, оно фактически отсутствует поскольку, прежде всего, на сегодня не собраны статистически достоверные данные по этому вопросу, которые должны были бы явиться основой для соответствующих исследований и расчетов. Кроме того, как отмечено выше, эти производства весьма разнородны, в том числе по характеру и количеству сбросов и выбросов, а также по их числу на каждом предприятии. Поэтому разработчик по согласованию с группой выполнения Проекта и по рекомендации заказчика вынужден был прибегнуть к обобщенной экспертной оценке при определении вклада побочных производств в величину предельно допустимого технологического сброса (ПДТС) или выброса (ПДТВ), расхода энергии (ПДРЭ), расхода сточной воды (ПДРС) для каждого нормируемого компонента (не путать ПДТС с ПДС, так как величина последнего для каждого нормируемого компонента обусловлена характеристиками конкретного водоема, куда сбрасываются стоки предприятия, а также величиной ПДК нормируемого компонента). Было решено, что на первых порах (до проведения соответствующих обследований фактически существующих побочных производств с позиции их последующего экологического нормирования) сбросы, выбросы и т.д. этих производств целесообразно учитывать, используя коэффициент 1,05, на который следует умножить полученные расчетным путем значения нормативов предельно допустимых технологических сбросов (выбросов, расхода энергии и т.д.) по каждому нормируемому компоненту, полученные с учетом существующих основных производств на данном предприятии. Однако предполагается, что это временная мера. В перспективе каждое предприятие должно будет профинансировать исследование независимой лицензированной организации по экологическому нормированию своих побочных производств с учетом использования в их работе НСТ. При этом нормирование тех побочных производств, которые достаточно широко встречаются на предприятиях нашей отрасли, может быть выполнено для отрасли в целом под эгидой, например, РАО «Бумпром», Министерства промышленности РФ (его отдела, курирующего работу ЦБП), Ростехнадзора и т.п., что каждому предприятию, участвующему в такой общей работе, обойдется значительно дешевле, чем индивидуально заказанное нормирование. Однако при любом варианте эти затраты в большинстве случаев оправдают себя, поскольку к значениям ПДТС, ПДТВ, предельно-допустимого технологического размещения отходов (ПДТРО) и ПДРЭ, рассчитанным с учетом функционирования на предприятии только основных производств, будут, согласно разработанным нормам для побочных производств, добавляться соответствующие величины по каждому нормируемому компоненту сбросов и выбросов, а также по расходу сточных вод и энергии. Это во многих случаях более существенно повысит допустимые значения нормативов, чем умножение их базовых значений на коэффициент 1,05.

Лимиты на сбросы, выбросы и расход энергии

Как отмечалось выше, в российской ЦБП трудно найти предприятие, которое уже сегодня соответствовало бы всем предлагаемым для нормирования значениям интегральных экологических показателей. В то же время, фактически любое предприятие при условии проведения соответствующих природоохранных мероприятий и внедрения ряда НСТ в состоянии соответствовать предлагаемым нормативам. Однако в зависимости от степени амортизации оборудования, соответствия его, а также действующей технологии современному техническому уровню, от культуры производства и инвестиционных возможностей управляющей компании срок выхода разных предприятий на тот технический уровень, при котором оно в состоянии стабильно соблюдать новые нормативы, будет существенно различаться. На этот период, который может составить несколько лет и более, предприятию предполагается разрешить работать в соответствии с лимитами (временно согласованными сбросами (ВСС), выбросами, расходами энергии и сточной воды), которые превышают нормативные значения контролируемых показателей. Величина лимитов при этом тесно увязывается с графиком выполнения природоохранных мероприятий, уменьшаясь по мере его реализации. По выполнении графика все нормируемые значения сбросов, выбросов и т.д. должны соответствовать нормативным значениям ПДТС, ПДТВ, ПДРЭ и т.п., а также обеспечивать соблюдение ПДС и ПДВ, обусловленные состоянием водного объекта, куда сбрасываются сточные воды предприятия, или состоянием атмосферы в районе его расположения. В настоящее же время лимиты, на условии соблюдения которых работает большинство отечественных предприятий ЦБП, если и несколько меняются по величине год от года, то сами по себе могут сохраняться без обязательного ограничения сроков своего действия, что вряд ли можно считать правильным.

Лимиты по каждому нормируемому показателю, природоохранные мероприятия и график их выполнения предполагается согласовывать с органом, создаваемым из представителей существующих сегодня региональных природоохранных структур, – комиссией по выдаче комплексных разрешений на природопользование. В результате рассмотрения комиссией упомянутых выше документов, в том числе и лимитов, по ее указанию от предприятия может потребоваться их корректировка.

Таким образом, предприятие получает возможность не сразу, а поэтапно снижать по каждому нормируемому показателю свои сбросы, выбросы, а также количество твердых отходов, расход сточных вод, энергии вплоть до достижения нормативных значений. Несоблюдение предприятием лимитов на каком-либо этапе выполнения плана мероприятий может привести к аннулированию комплексного разрешения на природопользование и, следовательно, к его закрытию. При этом принимается во внимание, что график выполнения упомянутых выше мероприятий и связанных с ним лимитов рассчитан на ряд лет. За этот достаточно продолжительный промежуток времени могут возникнуть обстоятельства, которые уже в процессе выполнения графика потребуют его корректировки. Чтобы возникновение подобных обстоятельств являлось исключением, а не правилом, при необходимости корректировки сроков действия лимитов или их величины и связанного с ними графика выхода на нормируемые значения экологических показателей, предприятие должно будет сделать соответствующее обоснованное представление в Ростехнадзор и с его разрешения пройти процедуру пересмотра сроков действия или величины лимитов, которая аналогична процедуре выдачи или продления разрешения на комплексное природопользование (см. ниже).

Следует также иметь в виду, что лимиты устанавливаются предприятию лишь при его относительно ритмичной работе, т.е. без аварий, частых сбоев в тех-

нологическом режиме как основного производства, так и очистных сооружений, а также при выполнении предприятием программы экологического контроля и всех предписаний контролирующих экологических органов.

О комплексном разрешении на природопользование в соответствии с предлагаемой системой экологического (технологического) нормирования

Предлагаемая в Проекте система экологического нормирования включает в себя и все, что связано с получением предприятием комплексного разрешения на природопользование, без которого его функционирование не допускается. В настоящее время получению этого разрешения предшествует необходимость согласовывать заявку на него с множеством региональных природоохранных ведомств – Ростехнадзором, Росприроднадзором, Роспотребнадзором, Россельхознадзором, Федеральным агентством водных ресурсов МПР РФ и т.д., у каждого из которых свои требования, иногда не согласующиеся друг с другом. Эта сложная система не отвечает, в частности, одному из самых основных принципов, рекомендуемых при рассмотрении любых комплексных разрешений, – принципу «одного окна». Суть его состоит в том, что заявитель подает свои документы «в одно окно», т.е. организацию, ответственную за прохождение заявки по всем инстанциям и согласование ее с другими структурами, имеющими отношение к данному документу. По завершении всех внутренних согласований, организуемых упомянутой основной курирующей организацией, заявитель получает у нее разрешение или утвержденный документ. (Естественно, что в процессе получения согласований курирующей структурой возникают вопросы к заявителю по существу дела).

Применительно к системе прохождения заявок предприятий для получения комплексного разрешения на природопользование этот принцип уже относительно давно и успешно реализуется в ряде передовых европейских стран (Швеция, Финляндия, Франция); в некоторых странах Европы (Нидерланды, Греция, Испания) один правительственный орган осуществляет в этом вопросе координирующую функцию.

Наиболее интересен в этом плане шведский опыт работы экологических судов. Последние являются самыми настоящими судами, входящими в систему судопроизводства Швеции, где основную роль играют юристы, работающие в них на постоянной основе и являющиеся специалистами в области экологического права. В заседании суда также участвуют эксперты, представители экологического отдела администрации того территориального образования, где находится предприятие, представители общественности и т.д. Все предприятия, представляющие наибольшую опасность для окружающей среды (в частности, целлюлозно-бумажные), могут получить разрешение на природопользование только после рассмотрения их заявки в таком суде. Одной из соревнующихся сторон в судебном заседании является государство в лице представителя экологического отдела территориального образования, где находится предприятие, другой – представитель предприятия. После доклада представителя о производственных планах предприятия, мероприятиях, предусматривающих отсутствие усиления экологического давления на окружающую среду после намечаемой модернизации (расширения, реконструкции, перепрофилирования и т.п.), новых значениях экологических нормируемых показателей и т.д. и содержательной дискуссии по существу между сторонами-участниками процесса с участием членов суда, представителей общественных организаций и др. суд выносит решение о выдаче (или невыдаче) разрешения на природопользование. Даже при соответствии нормативам они не могут быть выше тех значений показателей,

которые уже достигнуты предприятием. Как правило, не только удельные, но и общие количества эмиссий по нормируемым показателям во времени (сутки, месяц, год), а также количество отходов и т.п. в заявке предприятия не должны превышать существующие (в том числе и при росте производительности), что достигается заменой некоторых имеющихся технологий или оборудования на более совершенные НСТ, а также дополнительными природоохранными мероприятиями.

В случае, если суд не согласен даже с одним из предлагаемых предприятием значений нормируемых показателей или каким-нибудь иным положением, связанным с получением разрешения, предприятие вынуждено вносить коррективы в свою заявку, чтобы на новом заседании суда получить требуемое ему разрешение. Ни одно предприятие не рискует начать намеченную им реконструкцию или расширение без того, чтобы предварительно не получить положительное решение суда на свою заявку, где обосновывается экологическая приемлемость этого мероприятия даже в том случае, если задержка чревата не только недополучением прибыли, но и значительными убытками.

В предлагаемой новой системе рассмотрения заявок на получение комплексного разрешения на природопользование в обсуждаемом российском Проекте, данная шведская система несколько трансформирована с учетом наших отечественных реалий, но при сохранении всего того положительного и рационального, что в ней есть. В частности, разработчик считает несвоевременным и нереальным введение в российскую систему законодательства нового дополнения в виде экологических судов. Вместо них предусматривается создание в каждом регионе межведомственной комиссии по рассмотрению заявок предприятий на получение комплексного разрешения на природопользование. Более подробно о ее работе и всей процедуре рассмотрения заявки предприятия на получение комплексного разрешения на природопользование изложено в отдельной части Проекта – «Методические указания по использованию сборника НСТ и технологических нормативов для ЦБП России». Ниже будут изложены лишь основные положения, относящиеся к данному вопросу, чтобы можно было составить представление о существе предлагаемых в Проекте путей решения этой непростой проблемы.

Создание этой комиссии предлагается под эгидой Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор), как организации, которой наиболее свойственны данные функции (ее глава или представитель является председателем комиссии). Однако роль координирующей организации может быть придана и МПР РФ (одна из его природоохранных структур) или иной из упомянутых выше государственных экологических организаций. В состав комиссии должны будут входить представители всех прочих территориальных (региональных) природоохранных надзорных государственных структур, согласования которых на заявке предприятия необходимы и в настоящее время: Росприроднадзор, Роспотребнадзор, Федеральное агентство водных ресурсов МПР РФ, Россельхознадзор и т.д. Кроме того, в состав комиссии должны входить эксперты, представители администрации того района, где находится предприятие, представители наиболее авторитетных официально зарегистрированных общественных организаций этого района. О заседании комиссии будет сообщаться предварительно в средствах массовой информации, представители которых также могут на нем присутствовать для освещения его хода и результатов.

Предприятие заблаговременно подает в комиссию полностью оформленную заявку, с которой знакомятся ее члены. Предварительно проверяется правильность оформления и требуемая полнота всех материалов, входящих в заявку. На

заседании комиссии представитель предприятия (природопользователя) подробно и аргументировано докладывает суть и цель технологических решений, содержащихся в заявке, и предполагаемое их воздействие на окружающую среду, график их реализации; затем следует подробное обсуждение доклада и материалов заявки с участием как членов комиссии, так и всех приглашенных на ее заседание (вопросы, ответы, выступления). По завершении заседания члены комиссии с учетом высказанных мнений и уровня их аргументации простым голосованием принимают решение о выдаче разрешения (или отказе в нем), об его условиях и сроках действия. Принятое решение представляется на утверждение в территориальный орган Ростехнадзора, после чего природопользователю выдается разрешение на комплексное природопользование (или на его продление) или мотивированный отказ в его выдаче. Комплексное разрешение на природопользование предлагается выдавать предприятию на срок внедрения мероприятий (в первую очередь НСТ) для полного соответствия экологическим нормативам, но не более, чем на 10 лет. Обжаловать решение территориального Ростехнадзора можно в его вышестоящей инстанции.

Указанный выше срок действия разрешения не должен казаться нашим государственным надзорным органам слишком большим – он соответствует сроку действия разрешения во многих странах ЕС. Причем, в отличие от большинства стран Европы, у нас разрешение продлевается ежегодно, правда только в случае отсутствия каких-либо серьезных изменений в технологии или мощности предприятия (а также в состоянии водного объекта, принимающего стоки предприятия, и воздушного бассейна в районе его расположения). В противном случае предприятию надо делать (или заказывать у специализированной организации) ОВОС и заново подавать заявку на получение комплексного разрешения на природопользование. Учет состояния водоприемника, куда сбрасываются очищенные стоки предприятия, и воздушного бассейна в районе его расположения позволяет сделать предлагаемую общегосударственную систему удельных нормативов для каждой отрасли более гибкой, учитывающей местные условия. В ряде зарубежных стран этого достигают за счет использования региональных нормативов.

Не исключено, что для того, чтобы система выдачи разрешений на комплексное природопользование, лишь основные положения которой представлены выше, смогла реально начать работать, потребуется более детальная ее проработка, чем даже та, которая представлена в упоминавшихся выше методических указаниях. Кроме того, утверждение новой системы нормативов по срокам может не совпасть с реформированием системы выдачи разрешений. В этом случае нельзя исключать возможность того, что временно процедура приема заявок на комплексное природопользование и их рассмотрения останется существующей, но базирующейся на новых (удельных) нормативах, которые должны будут в основном обеспечить соблюдение ПДС и ПДВ, вмененных предприятию контролирующими природоохранными органами.

Заключение

Состояние биосферы, вероятно, можно считать одним из основных тормозов в развитии экономической активности человечества. Это общее положение актуально для каждой промышленно развитой страны. Одной из таких стран является Россия. Едва ли в мире найдется страна, которая могла бы выстроить устойчивую стратегию своего развития без учета состояния своей биосферы сегодня и в будущем, без серьезных природоохранных мероприятий, прежде всего связанных с функционированием и развитием промышленности. Однако защита окружающей природы от давления со стороны промышленных предприятий начинается с рацио-

нальной прогрессивной системы экологического нормирования используемых технологий, ограничивающей их сбросы, выбросы, отходы и т.д. Как отмечалось выше, в области экологического нормирования нам приходится догонять передовые страны мира, и дальнейшее наращивание этого отставания поставит под угрозу выполнение более глобальной задачи – реализацию стратегии устойчивого развития России, являющейся важнейшей задачей нашего правительства, всего нашего общества. Наши «власть предержащие» понимают это, однако часто ограничиваются только декларированием правильных положений, отдавая их практическую реализацию в руки нижестоящих инстанций, где они благополучно «забываются» или где на их претворение в жизнь уходят годы и годы. Как видно из приведенной выше взаимосвязи проблем, применительно к экологическому (технологическому) нормированию промышленной деятельности, в частности к целлюлозно-бумажной промышленности, Россия уже давно исчерпала весь лимит времени, и откладывать решение этой проблемы недопустимо.

Поступила 18.04.07

E.I. Hermer
SPb Ltd «Ecology and Business»

Modern Concept of Ecological Rationing of PPP Technological Processes and Possible Ways of its Realization in Russia. 3. Problems of Solid Wastes Rationing and By-production; on Restrictions and Obtaining Complex Permission for Nature Management

The problem of by-production rationing of PPP enterprises is analyzed as well as transfer from restrictions related to problem ecological characteristics for PPP enterprises to legalized standards. Taking into account the experience of industrially developed foreign states the main rules are defined to be followed when processing applications and issuing complex permission for nature management for the enterprise.

Keywords: solid wastes, by-productions, ecological rationing, complex permission for nature management.

УДК 697.941:544.723.5

Л.Н. Григорьев, И.Н. Анушин, О.А. Шанова, Д.А. Костина

С.-Петербургский государственный технологический университет
растительных полимеров

Григорьев Лев Николаевич родился в 1941 г., окончил в 1965 г. Ленинградский технологический институт целлюлозно-бумажной промышленности, доктор технических наук, профессор кафедры охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов С.-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров. Имеет более 140 научных трудов в области химической очистки выбросов в атмосферу и утилизации промышленных отходов.
E-mail: grig.lev@mail.ru



Анушин Илья Николаевич – инженер-эколог, аспирант кафедры ООС и РИПР СПбГТУ РП.
E-mail: mail@gturp.spb.ru



Шанова Ольга Александровна родилась в 1977 г., окончила в 1999 г. С.-Петербургский государственный технологический университет растительных полимеров, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов СПбГТУРП. Имеет 6 научных работ в области экологического мониторинга выбросов в атмосферу.
Тел.: (812) 771-06-36



Костина Дарья Аркадьевна – бакалавр, магистрант кафедры ООС и РИПР СПбГТУРП.
E-mail: mail@gturp.spb.ru



АДСОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА ВОЗДУХА ОТ ДИОКСИДА СЕРЫ ПРИ НИЗКИХ КОНЦЕНТРАЦИЯХ

Рассмотрены условия адсорбции диоксида серы при низких концентрациях его в воздухе на лигнинном активном угле.

Ключевые слова: диоксид серы, динамика адсорбции, гидроксид натрия, импрегнирование, массопередача.

В связи с применением компьютерных технологий для управления технологическими процессами целлюлозно-бумажного производства важным в настоящее время становится обеспечение надежности функционирования электронных систем в экстремальных для них условиях применения. Одним из факторов, способствующих созданию условий, обуславливающих опасность выхода системы из строя, является загрязненность атмосферного воздуха в местах его забора. Как правило, атмосферный воздух, забираемый из межкорпусного объема, направляется в кондиционер и далее в помещение пульта управления соответствующей технологией. Опыт показывает, что установленные на предприятиях кондиционеры не всегда

обеспечивают требуемую остаточную запыленность воздуха и его очистку от паров органических веществ и газов; при этом именно присутствие паров и газов является одной из основных причин нарушений в работе электронных блоков кондиционеров и компьютеров. Поэтому стоит вопрос о дополнительной очистке воздуха.

Для надежного и объективного выбора метода и способа очистки отбираемого воздуха необходимы сведения о его объеме, качественном и количественном составе в месте отбора, температуре и относительной влажности; важной является также информация о температуре в помещении пульта управления и воздуха рабочей зоны (в цехе), объеме помещения пульта.

Анализ годовых данных заводских лабораторий целлюлозно-бумажных комбинатов позволяет выделить максимальные (max) и минимальные (min) значения концентраций загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферном воздухе (табл. 1).

Таблица 1

Состав атмосферного воздуха на территории промплощадки

Загрязняющее вещество	Концентрация ЗВ, мг/м ³		
	min	max	средняя (min-max)
Сероводород	0,005	0,300	0,0292 – 0,094
Диоксид серы	0,018	0,490	0,0734 – 0,191
Метилмеркаптан	0,010	0,042	–
Хлор	Следы	0,006	0,0032
Диоксид хлора	Следы	0,045	0,0034 – 0,0254

Температура воздуха в районе расположения пультов управления (варочный цех) летом составляет 26 ... 34 °С и зимой – 25 ... 28 °С; относительная влажность – 31 и 30 %; максимальная относительная влажность воздуха – 50 %.

Следует отметить, что воздух в районе пультов, расположенных в технологических цехах, содержит, как правило, ЗВ в концентрациях, меньших предельно-допустимых концентраций в рабочей зоне (ПДК_{р.з.}). Однако эти значения, как и значения концентраций ЗВ в атмосферном воздухе, являются более высокими, чем это регламентировано требованиями ANSI/ISA-S71/04-1985 для помещения пульта управления (табл. 2).

Таблица 2

Требования к составу воздуха для систем контроля

Загрязняющее вещество	Концентрация ЗВ, мг/м ³ , при уровне загрязненности воздуха			
	незначительном	среднем	тяжелом	суровом
Сероводород	≤ 0,003	≤ 0,010	≤ 0,050	≥ 0,050
Диоксид серы	≤ 0,010	≤ 0,100	≤ 0,300	≥ 0,300
Хлор	≤ 0,001	≤ 0,002	≤ 0,010	≥ 0,010

С учетом вышеприведенного состава для очистки воздуха наиболее целесообразно применение адсорбционного метода, который широко используется в промышленности, в частности, для санитарной очистки вентиляционных выбросов. Однако надежные данные для расчета адсорберов и условий проведения процесса адсорбции рассмотренных выше ЗВ при низких концентрациях их в воздухе отсутствуют. Механический перенос результатов исследований адсорбции ЗВ из более концентрированных потоков далеко не всегда оправдан.

Цель данной работы – изучить особенности адсорбции диоксида серы (как ЗВ, присутствующего в воздухе в наибольшей концентрации) углеродными сорбентами в равновесных и динамических условиях.

Исследования динамики адсорбции проводили на лабораторной проточной установке. Адсорбер представлял собой колонку из молибденового стекла внутренним диаметром $1,4 \cdot 10^{-2}$ м, впаянную в колонку диаметром $2,6 \cdot 10^{-2}$ м, в которой циркулировала вода из термостата. Диоксид серы получали в среде азота (сорт 1, ГОСТ 9293 – 74) при пропускании его через раствор сульфита (бисульфита) натрия концентрацией 1 ... 5 г/л с учетом требований, изложенных в [2]. Смесь азота и диоксида серы дозировали в поток воздуха, подаваемый в адсорбер с помощью вакуумного насоса.

Концентрацию диоксида серы определяли фотоколориметрическим способом на спектрофотометре СФ-46, в качестве абсорбента использовали раствор тетрахлормеркурата натрия [7]. При проведении эксперимента воздух отбирали из смесителей до и после адсорбера с помощью шприца (объем шприца 10 мл) через каждые 5 ... 10 мин; отобранную пробу медленно пропускали через 10 мл поглотительного раствора.

Общий объем воздуха, выходящего из адсорбера, измеряли с помощью реометра; количество SO_2 определяли по калибровочному графику в зависимости от концентрации сульфита натрия и расхода азота. Поток воздуха (с SO_2) пропускали через адсорбер с фиктивной линейной скоростью 0,15 м/с. Концентрация SO_2 в воздухе перед адсорбером изменялась в интервалах 100 ... 500 и 100 ... 3500 мг/м³. При проведении опытов в бескислородной среде в качестве носителя вместо воздуха использовали балонный азот (при этом вакуумный насос из схемы исключался). В качестве адсорбента применяли лигнинный активный уголь (условное название ОЛУ), синтезированный при условиях [6]. Характеристики адсорбента: насыпная плотность 400 кг/м³; предельный объем сорбционного пространства 0,38 см³/г; структурная константа $0,67 \cdot 10^{-6}$ град⁻²; концентрация функциональных групп (мг-экв/м²) $\cdot 10^4$: фенольных – 3,95, перекисных – 1,92, хинонных – 6,08.

При выборе концентрации SO_2 в потоке воздуха исходили из того, чтобы величины равновесных адсорбций (a_0) SO_2 , соответствующие его концентрациям в газовой фазе (C_0), относились к прямолинейному участку изотермы. Это условие обусловлено невозможностью реализовать опыты с низкими, соответствующими производственным условиям, концентрациями SO_2 вследствие чрезмерной длительности опыта, которая имеет место уже при высоте слоя адсорбента 1 см. Соблюдение принятого условия ($a_0/C_0 = \text{const}$) дает возможность экстраполировать экспериментальные данные в пределах линейного участка изотермы.

Изотермы адсорбции SO_2 на угле ОЛУ снимали динамическим методом при температуре $T = 291 \dots 293$ К (рис. 1).

Из рис. 1 видно, что повышение концентрации кислорода (в различных формах) как в газовой, так и в твердой фазе способствует увеличению адсорбции SO_2 . В связи с тем, что известные изотермы адсорбции SO_2 [1, 3], снятые для различных активных углей в широком интервале концентраций, относятся к первому типу, а активные угли – к микропористым; для интерпретации изотермы 3 было применено уравнение Дубинина – Радужкевича:

$$a = \frac{W_1}{v} \exp \left[-B_1 \left(\frac{T}{\beta} \lg \frac{P_{\text{H}}}{P} \right)^2 \right] + \frac{W_2}{v} \exp \left[-B_2 \left(\frac{T}{\beta} \lg \frac{P_{\text{H}}}{P} \right)^2 \right],$$

где a – адсорбция;
 W – предельный объем адсорбционного пространства (W_1 – в микропорах, W_2 – в супермикропорах);
 ν – мольный объем;
 B – структурная константа (B_1 – для микропор, B_2 – для супермикропор);
 T – температура адсорбции;
 β – коэффициент подобия;
 P_n и P – давление насыщенного пара и парциальное давление адсорбтива.

Из рис. 1 (кривые 2, 3) видно, что уравнение достаточно хорошо воспроизводит экспериментальные данные в области высоких концентраций SO_2 ($\geq 2,0 \text{ г/м}^3$): относительная погрешность не превышает 25 % и снижается с увеличением концентрации SO_2 . Расхождение расчетных и экспериментальных данных увеличивается от 102,6 до 198,0 % при уменьшении концентрации SO_2 от 0,875 до 0,500 г/м^3 . В связи с тем, что в таком аспекте изотермы адсорбции ЗВ на активных углях не рассматривались, нами были проведены аналогичные расчеты для различных ЗВ и активных углей (АУ). Сравнение экспериментальных (числитель) и расчетных (знаменатель) данных приведено в табл. 3 – 5.

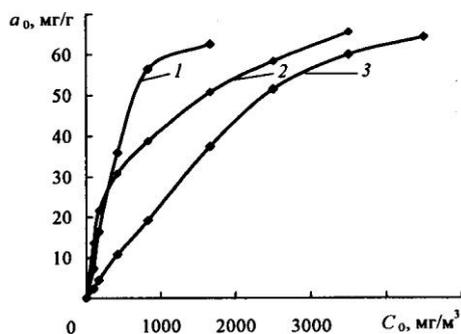


Рис. 1. Изотермы адсорбции диоксида серы на ОЛУ: 1 – из потока воздуха; 2 – из бескислородной смеси – потока азота (расчетная); 3 – из бескислородной смеси

Как видно из данных табл. 3 – 5, в области малых концентраций адсорбтива, независимо от его типа, расчетные значения адсорбции значительно отличаются от экспериментальных. Поскольку изучение этой проблемы не входило в задачу данной работы, отметим, что отклонение экспериментальных данных от расчетных в области низких концентраций (и, возможно, более крутой подъем начальных участков изотерм некоторых веществ) обусловлено, видимо, не только наличием микропор;

Таблица 3
Результаты сравнения адсорбции CO_2 на АУ СКТ [5]*

$C_0, \text{г/м}^3$	$a_0, \text{мг/г}$
0,1	1,0 / 0,16
0,6	3,0 / 1,75
1,0	6,0 / 3,22
4,0	16,0 / 14,33
6,6	23,0 / 26,18
10,0	31,0 / 33,48

* Параметры уравнения Дубинина: $T = 293 \text{ К}$; $\nu = 34 \text{ см}^3/\text{моль}$; $W_1 = 0,45 \text{ см}^3/\text{г}$; $B_1 = 0,70 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-2}$; $\beta = 0,416$

Таблица 4
Результаты сравнения адсорбции дихлорэтана на АУ АР-3 [4]*

$C_0, \text{г/м}^3$	$a_0, \text{мг/г}$
0,08	50,0 / 82,1
0,34	90,3 / 107,8
1,00	120,1 / 128,1
2,00	174,2 / 168,5
6,00	225,1 / 219,9

* Параметры уравнения Дубинина: $T = 303 \text{ К}$; $\nu = 85,26 \text{ см}^3/\text{моль}$; $W_1 = 0,33 \text{ см}^3/\text{г}$; $B_1 = 0,74 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-2}$; $W_2 = 0,18 \text{ см}^3/\text{г}$; $B_2 = 3,42 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-2}$; $\beta = 0,880$

существенную роль при этом могут играть ориентационные и индукционные силы, а также взаимодействия адсорбата и активных центров поверхности с образованием промежуточных соединений с химическими связями различной степени устойчивости. Из сравнения данных табл. 3 – 5 и рис. 1 следует, что расхождение экспериментальных и расчетных данных в большей степени отмечено при адсорбции SO_2 и CO_2 , которая носит специфический характер. При неспецифической адсорбции паров бензола на угле AP-3 (табл. 6) расхождения в области малых концентраций являются минимальными, хотя тенденция их снижения с увеличением концентрации адсорбтива имеет место и в этом случае.

Таблица 5
Результаты сравнения адсорбции этантиола на АУ СКТ [5]*

C_0 , г/м ³	a_0 , мг/г
2,33	67,0 / 127,5
3,50	100,0 / 148,5
25,65	300,0 / 273,1
51,30	323,4 / 319,8

*Параметры уравнения Дубинина: $T = 293$ К; $\nu = 74$ см³/моль;
 $W_1 = 0,55$ см³/г; $B_1 = 0,80 \cdot 10^{-6}$ град⁻²;
 $\beta = 0,880$

Таблица 6
Результаты сравнения адсорбции бензола на угле AP-3 [8]

C_0 , г/м ³	a_0 , мг/г
0,04	97,0 / 56,4
0,43	149,5 / 96,0
1,00	165,1 / 116,6
2,00	180,2 / 136,6
3,00	190,1 / 149,5
4,30	200,3 / 161,7

Отмеченное выше может быть использовано для решения практических задач, например при выборе марки адсорбента: в качестве адсорбента для очистки воздуха с низкими концентрациями SO_2 необязательно применять активные угли с большим объемом микропор.

Из рис. 1 можно видеть, что адсорбция SO_2 увеличивается в присутствии кислорода в газовой фазе. В интервале концентраций 100 ... 500 мг/м³ изотерма адсорбции SO_2 из потока азота может быть представлена в виде следующего выражения: a_0 (мг/г) = 0,023 C_0 (мг/м³); аналогично для адсорбции SO_2 из потока воздуха: a_0 (мг/г) = 0,074 C_0 (мг/м³).

Результаты адсорбции SO_2 в различных динамических условиях приведены на рис. 2. За проскоковую концентрацию принимали $C_{\text{пр}} = 0,05C_0$. Из рис. 2 следует, что наибольшую продолжительность работы слоя имеет образец ОЛУ, пропитанный раствором гидроксида натрия концентрацией 5,0 % мас.; наименьшая продолжительность характерна при адсорбции SO_2 из потока азота (в отсутствие кислорода). Повышение концентрации SO_2 также способствует снижению продолжительности адсорбции.

Из рис. 2 можно определить параметры уравнения Шилова (табл. 7):

$$\tau_{\text{пр}} = K_{3,д}(H - h),$$

где $\tau_{\text{пр}}$ – время появления проскоковой концентрации;

$K_{3,д}$ – коэффициент защитного действия;

H – высота слоя угля;

h – неиспользованная высота слоя угля.

Сравнение линий 2, 3 и 6 (рис. 2) показало, что для заданной высоты слоя справедливо $C_0\tau_{\text{пр}} = \text{const}$, а из табл. 7 следует, что коэффициент защитного действия слоя изменяется обратно пропорционально начальной концентрации SO_2 .

Адсорбция SO_2 на образце ОЛУ в пределах длины работающего слоя протекает в соответствии с общепринятыми представлениями: при малых концентрациях SO_2 в воздухе выходные кривые адсорбции (рис. 3) во всем изученном интервале относительных проскоковых концентраций представляют собой прямые линии, которые при различной длине слоя образца ОЛУ (линии 2, 3) можно считать параллельными, т.е. перемещение SO_2 по длине слоя образца происходит с одинаковой скоростью. При этом линии 1, 3 и 4 не параллельны, что обусловлено, видимо, протеканием адсорбции по различным механизмам: с образованием слабосвязанного SO_2 (3), с преобладанием физической адсорбции (1) и хемосорбции (4) с образованием химически более прочной формы SO_2 . Изменение соотношения между физической составляющей процесса и химической существенно не отражается на величине коэффициента массопередачи.

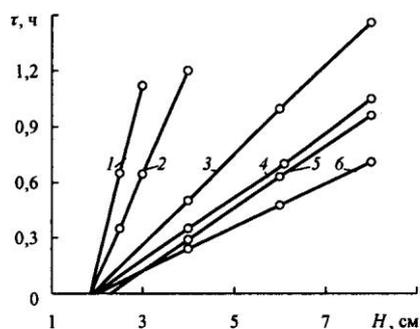


Рис. 2. Зависимость продолжительности τ работы слоя до появления проскоковой концентрации от высоты слоя H ОЛУ и начальной концентрации SO_2 , мг/м^3 : 1, 2, 4 – 100; 3 – 240; 5, 6 – 500; 1–3, 6 – адсорбция из потока воздуха; 4, 5 – из потока азота (1 – ОЛУ, импрегнированный NaOH)

Таблица 7

Параметры уравнения динамики адсорбции ($T = 292 \text{ К}$, $\omega = 0,15 \text{ м/с}$)

Параметр	ОЛУ		ОЛУ, импрегнированный NaOH	
	Значение параметра при концентрации ЗВ, мг/м^3			
	500	240	100	
$K_{з,д}, \text{ч} \cdot \text{м}^{-1}$	11,8	24,3	53,4	93,3
$h, \text{м}$	0,020	0,019	0,018	0,018

Таблица 8

**Изменение коэффициента массопередачи при адсорбции SO_2
($T = 290 \text{ К}$, $\omega = 0,15 \text{ м/с}$, $C_0 = 98,6 \text{ мг/м}^3$)**

Высота слоя, м	Поток газа	Концентрация NaOH, мг/г	Коэффициент массопередачи, с^{-1}
0,04	Азот	–	60,0
0,04	Воздух	–	61,7
0,04	«	33,3	62,7
0,02	«	–	63,1

Из табл. 8 видно, что наибольшее значение коэффициента массопередачи (при сравнимых условиях) достигается при преобладании адсорбции, сопровождающейся образованием слабосвязанного SO_2 ; с повышением химической активности адсорбента величина коэффициента массопередачи снижается.

Коэффициент массопередачи практически не изменяется при адсорбции SO_2 из потоков воздуха и азота, немного увеличиваясь с уменьшением высоты слоя. Пропитка образца щелочным раствором (концентрация NaOH – $5,0 \text{ г/дм}^3$) также не приводит к снижению коэффициента массопередачи.

В связи с повышением продолжительности работы слоя адсорбента при обработке его щелочным раствором возникает вопрос – какова должна быть концентрация щелочи в адсорбенте, обеспечивающая необходимое время его работы и достаточное значение коэффициента массопередачи. Из данных табл. 9 следует, что соответствующая концентрация гидроксида натрия в пропиточном растворе составляет не более 7,0 % мас.

Приведенные выше экспериментальные данные свидетельствуют о возможности применения лигнинных активных углей для очистки атмосферного воздуха от SO_2 в целях подачи его в помещения пультов управления. С использованием этих данных можно приблизительно вычислить продолжительность работы слоя угля заданной длины при концентрациях SO_2 , меньших 100 мг/м^3 .

Например, для очистки воздуха, содержащего SO_2 в количестве $0,49 \text{ мг/м}^3$, при линейной скорости потока в свободном сечении адсорбера $0,15 \text{ м/с}$ и высоте слоя адсорбента (ОЛУ) $0,04 \text{ м}$ продолжительность работы адсорбера составит около 4357 ч. Импрегнирование угля 5 %-м раствором NaOH позволяет увеличить продолжительность работы слоя до 7617 ч. Необходимо отметить, что снижение скорости потока воздуха в адсорбере до $0,10 \text{ м/с}$ способствует повышению продолжительности работы слоя.

Таблица 9

Влияние концентрации NaOH в растворе на адсорбционную активность углей

$C_{\text{NaOH}}, \text{ г/дм}^3$	$a_0, \text{ мг/г}$	
	БАУ-А	СКТ
1,02	–	0,51
4,64	–	1,82
9,54	–	2,54
29,46	1,41	4,48
47,32	1,18	5,12
68,96	3,33	5,58
96,58	3,10	6,00

В реальных условиях очистки атмосферного воздуха следует ожидать изменения полученных данных в зависимости от характера химических взаимодействий ЗВ (сероводород, метилмеркаптан, диоксид хлора, хлор) на поверхности, что обуславливает целесообразность проведения дальнейших исследований в этом направлении.

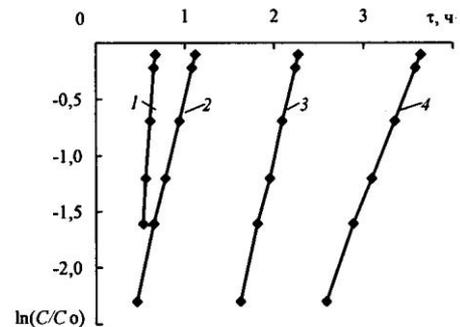


Рис. 3. Выходные линии адсорбции SO_2 на ОЛУ: 1 – из потока азота; 2 – 4 – из потока воздуха (4 – ОЛУ, импрегнированный NaOH); 1, 3, 4 – $H = 0,04 \text{ м}$; 2 – $0,02 \text{ м}$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ануров, С.А.* Физико-химические аспекты адсорбции диоксида серы углеродными адсорбентами [Текст] / С.А. Ануров // Успехи химии. – 1996. – 65 (8). – С. 718–731.
2. *Горелик, Д.О.* Мониторинг загрязнения атмосферы и источников выбросов. Аэроаналитические измерения [Текст] / Д.О. Горелик, Л.О. Конопелько. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 432 с.
3. *Кельцев, Н.В.* Основы адсорбционной техники [Текст] / Н.В. Кельцев. – М.: Химия, 1984. – 592 с.
4. *Кисаров, В.М.* Рекуперации дихлорэтана, используемого в качестве растворителя в производстве левомецитина [Текст] / В.М. Кисаров, Н.М. Мартынова // Методы очистки газовых выбросов и промстоков от вредных веществ: тез. докл. всесоюз. конф. – Дзержинск: НИИОГаз. – С. 222–227.
5. Очистка технологических газов [Текст] / Т.А. Семенова и [др.]. – М.: Химия, 1977. – 488 с.
6. Получение и применение окисленных активных углей на основе технических лигнинов [Текст] / Е.В. Петрова и [др.] // Лесн. журн. – 1996. – №1-2. – С. 86–93. – (Изв. высш. учеб. заведений).
7. Сборник методик по определению концентраций загрязняющих веществ в промышленных выбросах [Текст]. – Л.: Гидрометеоздат, 1987. – 270 с.
8. *Серпионова, Е.Н.* Промышленная адсорбция газов и паров: учеб. пособие [Текст] / Е.Н. Серпионова. – М.: Высш. шк., 1969. – 416 с.

Поступила 08.05.07

L.N. Grigorjev, I.N. Anushin, O.A. Shanova, D.A. Kostina
Saint-Petersburg State University of Technology

Adsorption Refining of Air Sulfur Dioxide at Low Concentrations

Conditions for sulfur dioxide adsorption on lignin active coal are considered at its low concentrations in the air.

Keywords: sulfur dioxide, adsorption dynamics, sodium hydroxide, impregnation, mass transfer.

УДК 543.422.7:547.455

Ю.Г. Хабаров, Н.Д. Камакина, В.А. Вешняков

Архангельский государственный технический университет

Хабаров Юрий Германович родился в 1950 г., окончил в 1972 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор химических наук, профессор кафедры технологии ЦБП Архангельского государственного технического университета. Имеет более 100 печатных трудов в области химической переработки древесины.

E-mail: khabarov@agtu.ru

Камакина Наталья Дмитриевна родилась в 1953 г., окончила в 1975 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии целлюлозно-бумажного производства Архангельского государственного технического университета. Имеет более 50 печатных работ в области переработки сульфитных щелоков.

E-mail: khabarov@agtu.ru



Вешняков Вячеслав Александрович родился в 1984 г., окончил в 2006 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры технологии ЦБП АГТУ. Имеет 12 печатных работ в области химии древесины и аналитической химии.

E-mail: khabarov@agtu.ru



ФОТОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕДУЦИРУЮЩИХ САХАРОВ В РАСТВОРАХ

Разработан экспресс-метод фотометрического определения содержания редуцирующих веществ, основанный на измерении уменьшения поглощения медно-щелочного раствора при 670 нм после 3 мин нагревания и позволяющий определять концентрацию редуцирующих веществ в диапазоне 0,5...1,5 мг/мл в пересчете на глюкозу.

Ключевые слова: редуцирующие вещества, углеводы, фотометрия, медно-щелочной раствор, раствор Фелинга, метод Бертрана.

Для количественной характеристики содержания восстанавливающих сахаров используют показатель – содержание редуцирующих веществ (РВ). Обычно РВ определяют в сульфитных щелоках, гидролизатах и предгидролизатах для контроля процесса биохимической переработки их в этиловый спирт и кормовые дрожжи [1]. Кроме того, РВ определяют в гидролизатах, получаемых при анализе лигноцеллюлозных материалов на содержание легко- и трудногидролизуемых полисахаридов [4]. В основу методов определения РВ положено взаимодействие так называемого медно-щелочного раствора с сахарами со свободной гликозидной, или восстанавливающей, группой. Медно-щелочной раствор представляет собой водный раствор сульфата меди (II) с сегнетовой солью и гидроксидом натрия. Его обычно готовят непосредственно перед определением, смешивая равные объемы следующих растворов: раствор 1 – сульфат меди (II), раствор 2 – сегнетова соль и гидроксид натрия. В ходе определения происходит восстановление катионов меди (II) до меди (I), сопровождающееся окислением восстанавливающих сахаров. При этом ключе-

вой реакцией является окисление альдегидной группы сахаров до карбоксильной с образованием альдоновых кислот. На самом деле взаимодействие сахаров с медно-щелочным раствором состоит из нескольких сотен реакций, протекающих одновременно. Например, только из глюкозы может образоваться 113 соединений, часть из которых также обладает восстанавливающей способностью [3].

Классическим способом определения РВ является метод Бертрана [5, 6], который осуществляется следующим образом. Анализируемый раствор сахаров смешивают с медно-щелочным раствором, эту реакционную смесь кипятят в течение 3 мин, затем выпавший осадок оксида меди (I) отфильтровывают и растворяют в растворе сульфата железа (III) (сульфата железа (III)-аммония [5]), подкисленном серной кислотой. При этом медь (I) окисляется до меди (II), а железо (III) восстанавливается до железа (II). Количество катионов железа (II) определяют перманганатометрически. Метод Бертрана является достаточно трудоемким и обычно дает значительный разброс между параллельными определениями из-за окисления осадка оксида меди (I) воздухом.

В России большое распространение получил эбулиостатический метод [1, 3] определения РВ. Он исключил недостатки метода Бертрана. В медно-щелочной раствор введена желтая кровяная соль, образующая с медью (I) растворимое бесцветное комплексное соединение. Это позволило исключить стадию фильтрования и последующего растворения осадка оксида меди (I). Контакт кислорода воздуха с медно-щелочным раствором был устранен совмещением проведения реакции и титрования в специальном устройстве – эбулиостате, из которого воздух вытесняется водяным паром. Эбулиостатический метод заключается в титровании медно-щелочного раствора непосредственно анализируемым раствором сахаров. Индикатором при этом служит метиленовый голубой, фиксирующий скачок окислительно-восстановительного потенциала, или момент восстановления всех катионов меди (II) до меди (I). Однако эбулиостатический метод не стал менее трудоемким, так как при его выполнении необходимо проводить ориентировочное титрование, строго выдерживать заданную скорость титрования и другие условия анализа.

Для устранения недостатков определения РВ известными методами был разработан менее трудоемкий фотометрический метод, в котором регистрируется изменение светопоглощения медно-щелочного раствора в результате реакции с анализируемым раствором сахаров.

Экспериментальная часть

Электронные спектры растворов регистрировали на спектрофотометре Shimadzu UV-Probe 1650 PC в кварцевых кюветах (толщина рабочего слоя 1 см) относительно дистиллированной воды. Оптическую плотность растворов при 670 нм измеряли на фотоколориметре КФК-2МП в кюветах (толщина рабочего слоя 1 см) относительно дистиллированной воды.

В работе были использованы реактивы следующих квалификаций: D-глюкоза, серная кислота, пентагидрат сульфата меди (II) – ч.; гидроксид натрия, железо-аммонийные квасцы, сахароза – ч.д.а.; желтая кровяная соль, перманганат калия, сегнетова соль – х.ч.; вода – дистиллированная.

Для проведения эксперимента готовили по 500 мл растворов 1 (8,65 г пентагидрата сульфата меди (II) в дистиллированной воде) и 2 (25,00 г сегнетовой соли, 2,00 г желтой кровяной соли и 37,50 г гидроксида натрия в дистиллированной воде). В пробирке смешивали по 2,00 мл растворов 1 и 2 и 2,00 мл анализируемого раствора, содержание РВ в котором находится в диапазоне 0,5...1,5 мг/мл. Затем пробирку

с реакционной смесью нагревали на кипящей водяной бане в течение заданного времени, по истечении которого смесь фотометрировали.

В качестве реальных объектов были использованы производственные сульфитные щелока, отобранные по ходу варки через 30, 60 и 90 мин после выхода на конечную температуру варки, а также гидролизаты, полученные при определении легкогидролизуемых полисахаридов [4] в древесине березы и осины.

Обсуждение результатов

Электронный спектр медно-щелочного раствора имеет полосу поглощения с максимумом при 670 нм (кривая 1, рис. 1). Спектры растворов отдельных компонентов медно-щелочного раствора не имеют полос поглощения в диапазоне длин волн 500 ... 1 000 нм во всех случаях, кроме раствора сульфата меди (II), поглощающего в области 808 ... 810 нм (кривая 3). Голубой цвет раствора сульфата меди (II) обусловлен образованием гидратированного комплекса меди (II). В медно-щелочном растворе катионы меди (II) связываются в прочный виннокислый комплекс, за счет чего полоса поглощения смещается в более коротковолновую область (от 808...810 до 670 нм), придавая раствору характерную синюю окраску.

При нагревании медно-щелочного раствора с раствором глюкозы (1 мг/мл) в течение 3 мин положение полосы поглощения с максимумом при 670 нм осталось неизменным, но уменьшилась ее интенсивность (кривая 2).

Таким образом, в качестве аналитической выбрана длина волны 670 нм, для выделения которой на обычных фотоколориметрах имеются светофильтры.

Реакция окисления сахаров медно-щелочным раствором при комнатной температуре практически не идет, поэтому ее проводили на кипящей водяной бане. В методах Бертрана и эбулиостатическом аналогичные реакции осуществляют также при температуре 100 °С.

Для определения оптимальной продолжительности фотометрическую реакцию проводили в течение заданного интервала времени (0...15 мин) с водными растворами *D*-глюкозы. Дополнительно были поставлены эксперименты с раствором сахарозы, взятой в качестве невосстанавливающего дисахарида, и холостой опыт.

Полученные кинетические зависимости (рис. 2) показывают, что фотометрическая реакция протекает быстро в первые 2 ... 3 мин, затем скорость уменьшения оптической плотности заметно снижается (кривая 3). Нагревание медно-щелочного раствора в отсутствие сахаров показало изменение оптической плотности при 670 нм: в первые 2 мин происходит увеличение поглощения, затем практически линейное уменьшение (кривая 1). Проведение реакции с сахарозой подтвердило отсутствие окислительно-восстановительных процессов медно-щелочного раствора с невосстанавливающими сахарами: кинетическая зависимость (кривая 2) почти полностью совпадает с изменением поглощения при 670 нм самого медно-щелочного раствора при нагревании.

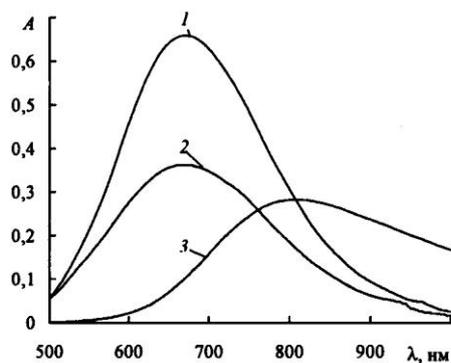


Рис. 1. Электронные спектры поглощения медно-щелочного раствора (1, 2) и раствора сульфата меди (II) (3): 1 – исходный раствор, 2 – после нагревания в течение 3 мин с добавкой 2 мг глюкозы

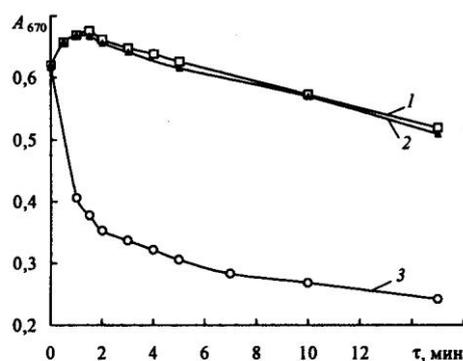


Рис. 2. Кинетические зависимости оптической плотности медно-щелочного раствора при 670 нм (A_{670}) от продолжительности τ проведения реакции (нагревание) без сахаров – холостой опыт (1), с сахарозой (2) и *D*-глюкозой (3)

Выбрана оптимальная продолжительность фотометрической реакции – 3 мин. Дальнейшее увеличение продолжительности реакции существенно не изменяет оптическую плотность при 670 нм. Метод Бертрана предусматривает такую же продолжительность реакции.

Для построения градуировочного графика фотометрические реакции проводили с растворами глюкозы, приготовленными в мерных колбах вместимостью 100 мл из навесок разной массы (от 50 до 150 мг) в дистиллированной воде. После проведения в течение 3 мин фотометрической реакции измеряли оптическую плотность при 670 нм на фотоколориметре КФК-2МП. На основе полученных данных был построен график зависимости оптической плотности при 670 нм от концентрации глюкозы в анализируемом растворе. Уравнение градуировочной зависимости:

$$A_{670} = -0,2946C + 0,6366; R^2 = 0,9996.$$

Стандартное среднеквадратическое отклонение оптической плотности при 670 нм между тремя параллельными определениями не превышало 0,003.

В отличие от стандартных растворов глюкозы, с помощью которых был построен градуировочный график, сульфитные щелока и гидролизаты окрашены и имеют небольшое поглощение при 670 нм. В связи с этим свободный член уравнения прямой градуировочного графика будет иметь различные значения, в зависимости от интенсивности окрашивания анализируемого раствора. Эти различия учитывали проведением холостого опыта, при котором медно-щелочной раствор с добавкой анализируемого раствора не нагревали, а сразу фотометрировали, т.е. измеряли начальную оптическую плотность реакционной смеси при 670 нм. В этом случае уравнение для определения содержания РВ будет выглядеть следующим образом:

$$PB = \frac{A_{\text{кон}} - A_{\text{нач}}}{-0,2946}, \quad (1)$$

где $A_{\text{нач}}$ и $A_{\text{кон}}$ – начальная и конечная оптические плотности реакционной смеси при 670 нм, т.е. до и после проведения реакции;
– 0,2946 – тангенс угла наклона прямой градуировочной зависимости.

При изучении стабильности медно-щелочного раствора в условиях фотометрической реакции было установлено, что поглощение собственно медно-щелочного раствора ($\lambda = 670$ нм) при нагревании в течение 3 мин увеличивается в среднем на 0,012. Медно-щелочные растворы с добавками растворов глюкозы, с помощью которых был построен градуировочный график, имели начальную оптическую плотность при 670 нм в среднем 0,625, а градуировочная зависимость пересекает ось ординат в точке 0,637. Поэтому при расчете величины РВ необходимо учитывать поправку 0,012, связанную с увеличением поглощения при 670 нм самого медно-щелочного раствора при нагревании в течение 3 мин. Тогда уравнение (1) с учетом разбавления и поправки 0,012 принимает вид:

$$PB = R \frac{A_{\text{нач}} - A_{\text{кон}} + 0,012}{0,2946},$$

где R – степень разбавления анализируемого раствора.

В таблице, приведены результаты определения РВ в сульфитных щелоках и гидролизатах методом Бертрана и предлагаемым фотометрическим методом. Каждое определение было проведено дважды, коэффициент вариации не превышал 0,6 %, относительная погрешность, характеризующая расхождение результатов известного и фотометрического методов, составила 1,7 %.

Сравнение результатов определения РВ различными методами

Объект	Степень разбавления раствора	Оптическая плотность при 670 нм		Концентрация РВ, мг/мл		Погрешность (1) относительно (2), %
		начальная	конечная	Фотометрический метод (1)	По Бертрану (2)	
Сульфитный щелок:						
1	50	0,636	0,362	49,3	48,5	1,7
2	50	0,638	0,340	52,3	52,6	0,7
3	66,7	0,643	0,398	57,7	58,2	0,9
Гидролизат:						
береза	2,5	0,629	0,351	2,45	2,46	0,3
осина	2,5	0,628	0,375	2,23	2,25	0,9

Таким образом, нами разработан фотометрический экспресс- метод определения РВ, относительная погрешность результатов которого по сравнению с методом Бертрана не превышает 1,7 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Емельянова, И.З. Химико-технический контроль гидролизного производства [Текст] / И.З. Емельянова. – М.: Лесн. пром-сть, 1976. – 322 с.
2. Инструкция по химико-техническому контролю биохимической переработки сульфитных щелоков, предгидролизатов и гидролизатов [Текст]. – Пермь: Звезда, 1982. – 180 с. – (введ. 1 июля 1982 г.).
3. Низовкин, В.К. Эбулиостатический метод определения редуцирующих сахаров [Текст] / В.К. Низовкин, И.З. Емельянова // Журнал прикладной химии. – 1959. – № 11. – С. 2516 – 2521.
4. Оболенская, А.В. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы: учеб. пособие для вузов [Текст] / А.В. Оболенская [и др.]. – М.: Экология, 1991. – 320 с.
5. Оболенская, А.В. Практические работы по химии древесины и целлюлозы [Текст] / А.В. Оболенская [и др.]. – М.: Лесн. пром-сть, 1965. – 412 с.
6. Bertrand, G. Le dosage des sucres réducteurs [Text] / G. Bertrand // Mémoires presentées à la société chimique. – 1906. – Т. 35. 3 sér. – P. 1285–1299.

Поступила 19.06.08

Yu.G. Khabarov, N.D. Kamakina, V.A. Veshnyakov
Arkhangelsk State Technical University

Photometric Method of Quantitative Determination of Reducing Carbohydrates in Solutions

Express-method of photometric determination of reducing carbohydrates' content based on measuring the absorbance reduction of copper-alkaline solution at 670 nm after three-minute heating and allowing to determine the concentration of reducing carbohydrates within 0,5 ... 1.5 mg/mL converting into glucose.

Keywords: reducing carbohydrates, carbohydrates, photometry, copper-alkaline solution, Feling's solution, Bertrand's method.



ИСТОРИЯ НАУКИ

УДК 061.75

Г.А. Чибисов

СевНИИЛХ

**СЕВЕРНОМУ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМУ ИНСТИТУТУ
ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА – 50 ЛЕТ**

В декабре 1958 г., учитывая большое народнохозяйственное значение лесов Европейского Севера и острую необходимость исследований по проблемам леса, президиум Академии наук СССР принял постановление о создании в Архангельске академического научно-исследовательского Института леса и лесохимии на базе Северного отделения Института леса АН СССР. Исторические предпосылки его возникновения и становления сложились значительно раньше. В 1934 г. для организации научно-исследовательской работы и обработки материалов экспедиций различных учреждений и ведомств в Архангельске было создано Бюро по изучению Северного края. В конце 1935 г. президиум АН СССР принял решение о реорганизации Бюро в Северную базу АН СССР, ее директором был назначен известный ученый – исследователь биологии и гидрологии морей европейской части СССР, профессор, доктор биологических наук Н.М. Книпович.

Начавшаяся Великая Отечественная война привела к резкому сокращению научно-исследовательских работ. Северная база АН СССР была эвакуирована в г. Сыктывкар. В Архангельске осталась лишь небольшая группа, преобразованная вскоре в Архангельский научно-исследовательский стационар АН СССР. В 1949 г. в составе стационара работали геологическая, зоологическая и лесоводственная группы. Проводились широкие комплексные исследования. Практика лесного хозяйства ставила перед научными учреждениями все новые и новые задачи, решение которых требовало участия специалистов разного профиля, расширения тематики. Президиум АН СССР постановил сконцентрировать исследования Архангельского научно-исследовательского стационара на проблемах лесного хозяйства, реорганизовав его в 1957 г. в Северное отделение Института леса АН СССР, а спустя год, по инициативе И.С. Мелехова, в Институт леса и лесохимии АН СССР. Первым директором института был избран доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик ВАСХНИЛ И.С. Мелехов. В дальнейшем институт возглавляли: доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАСХН, заслуженный лесовод России Н.А. Моисеев (1962–1965 гг.), кандидат сельскохозяйственных наук, Герой Советского Союза А.С. Синников (1965–1980 гг.), кандидат сельскохозяйственных наук, заслуженный лесовод России А.А. Листов (1980–1988 гг.), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заслуженный лесовод России Г.А. Чибисов (1988–1999 гг.), кандидат сельскохозяйственных наук Р.В. Сунгуров (1999–2007 гг.).

В 1961 г. институт был передан из АН СССР в Госкомитет СМ РСФСР по координации научно-исследовательских работ, в 1966 г. – в Госкомитет лесного хозяйства СМ СССР, а с 1991 г. находился в ведении Федеральной службы лесного хозяйства России, затем в Министерстве природных ресурсов России.

В целях приведения названия в соответствие с широтой исследований в Северном экономическом районе страны Архангельский институт леса и лесохимии в июле 1997 г. был переименован в Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства (СевНИИЛХ).

Зона деятельности института – Архангельская, Вологодская, Мурманская области, Республика Коми. Общая площадь лесного фонда в регионе составляет около 80 млн га и охватывает территорию четырех лесорастительных подзон тайги от тундры до зоны хвойно-широколиственных лесов. На пике развития в институте было 11 лабораторий, около 250 сотрудников, в том числе 30 докторов и кандидатов наук. В зону деятельности входили опорные пункты: Северная лесная опытная станция (ст. Обозерская Архангельской области), Вологодская научно-исследовательская лаборатория (г. Вологда), Мурманский научно-исследовательский стационар (г. Мончегорск), дендрологический сад (г. Архангельск).

Основными научными направлениями традиционно являлись северотаежное и притундровое лесоводство промышленно-сырьевого и экологозащитного назначения. Институт был головным, координирующим исследования в стране по притундровым лесам и в области прижизненного пользования лесом. В пределах этих направлений определились главные задачи: изучение природы лесов; совершенствование лесопользования и воспроизводства лесных ресурсов; повышение комплексной продуктивности и экологических полезностей лесов на основе совершенствования рубок, методов селекции, мелиорации; разработка эффективных способов и методов лесовосстановления, систем ведения лесного хозяйства на зонально-типологической основе.

Как отраслевой институт всегда жил нуждами лесного хозяйства. В короткой журнальной статье можно привести лишь некоторые результаты исследований. Широкое применение сплошных концентрированных рубок леса поставило ряд сложных проблем в лесовосстановлении. Изучение сплошных вырубок и процессов лесовозобновления позволило разработать новое научное направление в лесоводстве – типологию вырубок. Оно имело большое теоретическое и практическое значение, получило признание и распространение в стране и за рубежом, а впоследствии сформировалось в динамическую типологию леса. На основе типологии и изучения процессов лесовозобновления были предложены методы и способы естественного и искусственного лесовосстановления.

В 1960-е гг. институтом разработаны узкопасечная технология лесосечных работ с сохранением подроста, до сих пор широко применяемая в лесной промышленности, а также система рубок главного пользования, в том числе теоретические и практические основы новых способов – выборочных, постепенных, комплексных.

На основе изучения лесообразовательного процесса, смены пород, закономерностей роста и формирования вторичных лесов впервые для таежных лесов сформулированы теоретические основы и программы рубок ухода по целевому лесовыращиванию.

Выполнены большие исследования по лесной селекции и семеноводству. Разработан метод оценки наследственных свойств хвойных пород, проведено лесосеменное районирование, что позволило создать лесосеменную базу на Севере.

Благодаря трудам института впервые на Севере стали широко использовать выращивание посадочного материала хвойных в контролируемых условиях с закрытой корневой системой.

Леса Европейского Севера низкопроизводительные, более 40 % лесного фонда занято болотами и заболоченными лесами. По существу все работы института

направлены на повышение продуктивности лесов. Наиболее эффективное мероприятие – гидролесомелиорация. Установлены параметры лесоосушительных систем, дано лесоводственное и экономическое обоснование, предложены экологически безопасные и эффективные методы ведения хозяйства в осушаемых лесах.

Важным вопросом является расчет лесопользования. Институтом определены различные расчетные лесосеки по хвойному и лиственному хозяйствам. Впервые выполнена экономическая оценка лесов, всех видов пользования и лесных земель.

Притундровые леса являются форпостом на крайнем пределе распространения и подвержены интенсивному техногенному воздействию. Проведены многолетние стационарные исследования их средообразующей и средозащитной функций. При координирующей роли института в европейской части, Сибири, на Дальнем Востоке изучены природа, строение, защитное значение притундровых лесов в регионах, выполнено лесорастительное и лесопожарное районирование, уточнена южная граница, разработана система ведения лесного хозяйства.

Значительное место занимают исследования средообразующей роли лесов, природы лесных пожаров, охраны и защиты леса, физиологии и экологии древесных пород, побочного и прижизненного пользования, экономики и организации лесного хозяйства и др.

Акад. И.С. Мелехов выдвинул идею о выделении таежного лесоводства из общего лесоводства, сформулировав его содержание, основные задачи и значение для развития мировой лесной науки. Все работы института являются вкладом в это направление.

Заложена широкая сеть стационарных объектов, которые являются ценнейшей базой для проведения исследований, получения информации об эффективности проводимых лесохозяйственных мероприятий. На ряде стационаров в разных подзонах тайги исследования проводятся в течение 30 ... 40 лет.

Более 150 разработок, имеющих региональное и федеральное значение, внедрено на предприятиях лесного комплекса Европейского Севера.

Результаты научных исследований освещены в трех тысячах публикаций в стране и за рубежом. Издавались ежегодные тематические сборники, монографии: «Таежное лесоводство» (В.Г. Чертовской, И.С. Мелехов, Г.В. Крылов и др.), «Повышение продуктивности лесов Европейского Севера» (И.В. Волосевич, Н.И. Вялых, Г.А. Чибисов и др.), «Еловые леса европейской части СССР» (В.Г. Чертовской), «Притундровые леса европейской части России» (Б.А. Семенов, В.Ф. Цветков, Г.А. Чибисов), «Сосняки Кольской лесорастительной области и система ведения хозяйства в них» (В.Ф. Цветков), «Рост осушаемых лесов и ведение хозяйства в них» (А.М. Тараканов), «Почвенная экология лесных культур на Севере» (Л.А. Варфоломеев, Р.В. Сунгуров), «Рубки ухода и фитоклимат» (Г.А. Чибисов) и др. Труды института получили широкое признание лесоводов Севера, известны в научных кругах России и за ее пределами.

Институт сотрудничал со всеми отраслевыми и многими академическими институтами, профильными вузами страны, а после проведения в 1991 г. в Архангельске Международного симпозиума по проблемам северных лесов с участием разных стран получил международное признание.

В связи с юбилеем нельзя не вспомнить ведущих ученых института, внесших неоценимый вклад в развитие таежного лесоводства: А.И. Артемьева, Л.А. Варфоломеева, И.В. Волосевича, Г.С. Войнова, Н.И. Вялых, Б.А. Мочалова, В.Н. Нилова, А.Л. Паршевникова, В.Я. Попова, Ф.Т. Пигарева, Б.А. Семенова, А.М. Тараканова, В.Ф. Цветкова, В.Г. Чертовского, Н.П. Чупрова и др.

Сейчас много говорится о кризисе в лесном комплексе, необходимости новых прорывных технологий, технологий предвидения, а тем временем в Архангельске, некогда крупном лесном научном центре, прекратили свою деятельность ЦНИИМОД, СевНИИП, ряд проектных институтов. Из восьми профильных институтов с многочисленными лесными станциями, действовавшими в разных лесосаборных зонах, осталось два. Эта беда коснулась и нашего института, он преобразован в филиал С.-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства, число научных сотрудников сократилось до 35. Закрыты одна из старейших в России Северная лесная опытная станция, Мурманский стационар, жалкое существование влечит дендрологический сад.

Сегодня, в преддверии 300-летия М.В. Ломоносова, хочется вспомнить, что с его именем связаны истоки лесной науки о таежных лесах, идеи и положения, отвечающие современным представлениям о природе леса.

Как бывший директор поздравляю с юбилеем института ветеранов и ныне работающих сотрудников, посвятивших свою жизнь лесной науке.

G.A. Chibisov
NRIF

Northern Research Institute of Forestry is 50 Years Old

УДК 061.75

Н.А. Мусеев

Московский государственный университет леса

ОБ ИСТОКАХ АРХАНГЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА ЛЕСА И ЛЕСОХИМИИ АН СССР (СевНИИЛХ)

Автор настоящей статьи как один из первых директоров Архангельского института леса и лесохимии АН СССР (с 1997 г. Северного научно-исследовательского института лесного хозяйства), отмечающего полувековой юбилей, предлагает читателям журнала свои воспоминания о зарождении и формировании института, людях, которые своими трудами заложили фундамент одного из научных исследовательских центров на Европейском Севере. При этом следует помнить, что хотя наука и представляет коллективное творчество, но она всегда и личностна; ее сила – в преемственной связи поколений; не каждому дано быть организатором научных исследований и тем более создателем новых научных центров, которые консолидируют усилия многих ученых, создавая синергетический эффект; все проверяется временем, большое видится на расстоянии.

Сейчас российская наука переживает не лучшие времена. Пришли на смену другие люди, с другим настроем. Власть имущие пока не имеют четкой программы перехода к инновационной экономике; кажется, им вообще не до науки. Непродуманные реформы нанесли непоправимый урон фундаментальной и отраслевой лесной науке. Разрушены многие региональные отраслевые и даже некоторые головные институты, ликвидированы конструкторские бюро, экспериментальные заводы, опытные хозяйства, лесные опытные станции, утрачены высококвалифицированные кадры. Все это рано или поздно придется создавать заново, что потребует очень длительного времени и, конечно, больших, потерянных безвозвратно средств. Многого будет возвращаться «на круги своя», хотя уже на другом витке спирали. В общественном сознании происходит осмысление происшедшего. Усиливается протестное отношение к образу мышления и действий радикальных либерал-реформаторов, вынужденных теперь вести себя уже с несвойственной им ранее оглядкой на общественное мнение.

Пока мы еще далеки от того гражданского общества, которое не только контролировало бы государственную власть, но и направляло ее деятельность в общественных интересах. Только при таком условии страна может войти на равных с другими государствами в пору инноваций, какой прочат быть XXI веку, обеспечить безопасность и устойчивое развитие населяющим ее народам. И на этом пути возрождения утраченных позиций в науке будет безусловно востребовано многое положительное из прошлого. Именно с учетом этого обстоятельства и есть смысл анализировать и обобщать явления прошлого, акцентируя внимание на главном, позитивном.

Архангельский институт леса и лесохимии был создан на базе Северного отделения Института леса АН СССР в то время, когда последний был перебазирован из Москвы в Красноярск. Этому предшествовали многие события во время бурной реформаторской деятельности Н.С. Хрущева. Не входя в детали тех реформ, в том числе и размещения научных учреждений, отметим, что происходивший в то

время поворот событий был умело использован академиком ВАСХНИЛ И.С. Мелеховым для постановки в правительственных кругах вопроса о создании самостоятельного лесного научно-исследовательского центра на Европейском Севере.

Тут надо обратиться к личности И.С. Мелехова как организатора академического лесного института в Архангельске. Роль человека, являющегося в одном лице ученым и организатором, исключительно велика для развития науки и практики в той или иной области знаний. Далеко не каждый, даже крупный ученый, обладает этими способностями. Но именно от таких людей во многом зависит прорыв в определенной сфере знаний, успех и благополучие возглавляемых ими коллективов.

Яркими представителями таких людей были, например, М.В. Ломоносов, В.В. Докучаев, В.И. Вернадский, С.П. Королев, И.В. Курчатов. Среди лесоводов несомненно можно назвать профессора М.М. Орлова, которого в студенческие годы И.С. Мелехова называли «тузом козырным». К их числу относился и сам И.С. Мелехов. Большим набором человеческих качеств надо обладать, чтобы быть одновременно большим ученым, организатором, педагогом. Такая личность должна предварительно завоевать авторитет не только среди ученых, но и в широких общественных кругах, в том числе во властных структурах, обладать мужеством, чтобы нести ответственность за взятое на себя большое дело.

Я считаю себя счастливым человеком, так как начинал работать под руководством И.С. Мелехова, учился у него организации и управлению научными исследованиями, к чему, казалось бы, и не стремился.

Об И.С. Мелехове я писал уже не раз, давая ему многостороннюю развернутую характеристику [3, 4]. Не повторяя изложенного ранее, вкратце отмечу, что он прошел суровую трудовую жизнь во времена, требовавшие особой осмотрительности. У него были хорошие учителя, оставившие глубокий след в лесной науке. Студентом Ленинградской лесотехнической академии (ЛТА) он слушал таких известных профессоров, как М.Е. Ткаченко, М.М. Орлов, М.Н. Римский-Корсаков и др. Роль учителя, как известно, очень велика не только в получении знаний, но особенно в становлении личности, тем более как ученого, педагога. В те времена было много преподавателей не только педагогов, но и крупных ученых-исследователей, известных в стране общественных деятелей. К ним относился, например, М.Е. Ткаченко, от которого Иван Степанович воспринял лучшие традиции учителя. Наука немаловажна без историзма знаний, и эта глубинная черта была свойственна И.С. Мелехову. Ярким примером прошлого служил земляк Михайло Ломоносов, титаническим подвигом которого в науке особенно дорожил Иван Степанович. Для понимания настоящего не надо забывать смысл известного изречения: «Страна, не помнящая своих героев, не имеет будущего». Иван Степанович помнил своих учителей и очень тепло написал о них в своей трогательной книге воспоминаний [2].

Заведуя кафедрой лесоводства в Архангельском лесотехническом институте, И.С. Мелехов одновременно руководил Архангельским стационаром АН СССР, на базе которого возникло Северное отделение Института леса АН СССР. Здесь Иван Степанович проводил обширные комплексные научные исследования, участвуя непосредственно в полевых работах экспедиционным путем и на стационарах. В 1956 г. за научные заслуги его избрали академиком ВАСХНИЛ. Как колоритная фигура в Архангельске он стал депутатом Верховного Совета СССР, что расширило его возможности. Через первого секретаря Архангельского обкома КПСС С.П. Логинова и президента АН СССР А.Н. Несмеянова он добился решения вопроса о создании на базе Северного отделения самостоятельного Института леса и лесохимии АН СССР, который официально был основан 26 декабря 1958 г. Я

отлично помню тот волнующий момент, когда вернувшийся из обкома партии Иван Степанович сообщил сотрудникам эту радостную весть.

Чтобы создать институт, надо было предварительно сформировать работоспособный коллектив, который мог бы заявить о себе. Этим настойчиво и целенаправленно занимался Иван Степанович как директор еще в рамках Северного отделения. К тому времени я только что закончил аспирантуру в ЛТА, и мой официальный оппонент по кандидатской диссертации, бывший министр лесного хозяйства СССР Г.П. Мотовилов, с которым Иван Степанович советовался о кадровом обеспечении, рекомендовал меня. В годы работы Ивана Степановича в ЛТА я, студент III курса, был председателем научного студенческого кружка по лесоводству. Получив через моего научного руководителя, заведующего кафедрой лесостроительства А.А. Байтина приглашение приехать в Архангельск, я прибыл туда впервые пока в целях ознакомления и был на приеме у Ивана Степановича 15 октября 1957 г. Рассказав о перспективах работы и получив мое согласие, Иван Степанович приказом зачислил меня младшим научным сотрудником с 15 ноября 1957 г. и поручил сформировать отдел экономики. Позже из академии были приглашены еще два выпускника аспирантуры – А.В. Патрагин с кафедры лесных культур и А.В. Веретенников с кафедры анатомии и физиологии растений.

К моему приезду в составе Северного отделения института уже работали научные сотрудники разных подразделений. Следует подчеркнуть, что без каких-либо особых указаний свыше, мысля категориями народнохозяйственного значения применительно к Европейскому Северу, И.С. Мелехов создавал многоотраслевой научный центр, представлявший симбиоз двух ведущих направлений: 1) изучение природы таежных лесов, рациональные способы рубок и лесовосстановления; 2) комплексная глубокая переработка древесины, главным образом в целлюлозно-бумажном производстве.

В рамках первого направления уже функционировали лаборатории лесоводства и почвоведения, а второго – лаборатории целлюлозы, лигнина и экстрактивных веществ. В их составе трудились в основном молодые специалисты – выпускники АЛТИ и ЛТА, но в каждом подразделении были наставники старшего возраста. Сам Иван Степанович курировал лабораторию лесоводства, ему помогал П.Н. Львов, В.Г. Чертовской и В.В. Репневский. Двое последних в порядке соискательства готовили свои диссертации. В этой лаборатории были созданы научно-исследовательские группы, каждая из которых участвовала в общей теме по комплексному изучению лесов и способов рубок и возобновления: физиологии и анатомии древесных растений (руководитель А.В. Веретенников), типологии вырубок (А.А. Корелина, Л.И. Корконосова), микроклимата, лесной пирологии (А.А. Звонкова), лесных культур и семеноводства (А.В. Патрагин), биологического разнообразия, в том числе фауны.

Лабораторией почвоведения руководил Ю.А. Орфанитский (выпускник ЛТА), а общий тон задавал выпускник АЛТИ А.Л. Паршевников, благодаря своей неумной энергии и активности все годы бывший то секретарем партийной, то председателем профсоюзной организации.

Во втором направлении особо выделялась во главе с А.А. Соколовой лаборатория лигнина, которая занималась проблемой рационального использования отходов ЦБП. Экстрактивные вещества древесины изучала лаборатория под руководством Л.В. Меньшиковой и ее заместителя З.И. Калугиной. Для консультаций по инициативе Ивана Степановича был привлечен профессор ЛТА С.Я. Коротов. Лабораторию целлюлозы возглавлял И.А. Соловьев.

Созданная структура соответствовала требованиям бурно развивавшегося Архангельского лесопромышленного узла, к которому по Северной Двине и железным дорогам (Коноша – Архангельск, а позже Архангельск – Карпогоры) стягивались громадные объемы древесины, что требовало рациональной организации и комплексной ее переработки. Архангельский морской порт (первое «окно» России в Европу) был средоточием всех основных древесных потоков не только Архангельской, но и Вологодской области, Коми АССР. Не случайно в совнархозах Архангельском, а затем Северо-Западном «проходили стажировку» будущие министры лесного хозяйства РСФСР И.Е. Воронов и лесной промышленности СССР Н.В. Тимофеев.

Архангельск в то время стал столицей лесных научных учреждений. К АЛТИ как кузнице кадров для Европейского Севера добавились СевНИИП (проблемы лесозаготовительной промышленности); из подмосковного г. Химки сюда перебазировали ЦНИИМОД (проблемы лесопильно-деревообрабатывающей промышленности). Недостающее звено лесного сектора экономики заполнил Архангельский институт леса и лесохимии АН СССР (вопросы лесного хозяйства и ЦБП). Все органы государственной власти в центре и на местах сознавали необходимость в развитии научного сопровождения бурно развивавшегося крупного лесопромышленного комплекса на Европейском Севере.

Надо сказать, что все послевоенные годы, вплоть до 1990-х гг., были периодом подъема мощи Российского государства, всех его республик и регионов и без преувеличения годами расцвета отечественной фундаментальной и отраслевой науки, в том числе лесной. На этом фоне рос и развивался в те годы новый Институт леса и лесохимии, на общем подъеме жил и работал его коллектив.

Первоначально под Северное отделение было выделено трехэтажное здание прямо напротив здания Архангельского обкома КПСС и облисполкома (Дом Советов). Первые годы усилия дирекции были направлены на приспособление этого здания под научные лаборатории. Помогали в этом Ивану Степановичу его заместители по хозяйственной части: вначале П.П. Гоголев, затем А.П. Лукин. Позже, когда уже директором был я, по совету первого секретаря обкома мне предложили в качестве заместителя по хозяйственной части генерала (в отставке) Г.И. Мартиросова, бывшего начальника охраны И.В. Сталина. Он сделал немало по строительству многоквартирного жилого дома (на ул. Поморской) для сотрудников института, который заселили в 1965 г., способствовал началу строительства нового здания преобразованного института. Кабинет директора с маленькой приемной размещался в центре второго этажа, напротив – небольшой кабинет ученого секретаря, которым в Северном отделении тогда был П.Ф. Ваганов. В левом крыле второго этажа располагались лаборатории лигнина и экстрактивных веществ, справа бухгалтерия и далее библиотека института. На первом этаже находились лаборатории целлюлозы и лесоводства, на третьем – лаборатория почвоведения, моя небольшая группа сотрудников по экономике лесного хозяйства и лесной промышленности, группы физиологии и анатомии, лесных культур.

В связи с привлечением новых сотрудников, особенно приезжих, и необходимостью улучшения быта работавших в институте, большой заботой на протяжении всего времени оставалось обеспечение жильем. Каждый заход Ивана Степановича в обком партии и к председателю совнархоза сопровождался настоятельными просьбами о выделении квартир сотрудникам института. Благодаря авторитету Ивана Степановича этот весьма непростой вопрос постепенно решался.

Общий климат в институте был дружеским. Праздники отмечали всем коллективом, шутили, пели, танцевали. Иван Степанович и его жена Тамара Анатольевна были с нами. Все это скрепляло отношения, настраивало на оптимистический лад.

Тематику института, входившего в состав биологического отделения АН СССР, утверждал президиум АН СССР. Инициатива в ее определении, разумеется, шла от руководителя института и его подразделений, но с обязательным учетом запросов местных партийных и хозяйственных органов и производственных предприятий, где предполагалось внедрять рекомендации. Все исследования по лесному хозяйству вытекали из общей комплексной проблемы по изучению природы таежных лесов, способов рубок, характера вырубок (их типологии) и адекватных им способов возобновления и ухода за лесом. Сюда же относились разделы по охране лесов от пожаров и защите от вредителей. Эта комплексная проблема была всесоюзной, координировал ее И.С. Мелехов. Под его руководством разрабатывались программы и методики исследований, которые обсуждались на координационных совещаниях с участием не только руководителей других лесных НИИ и вузов, но и органов управления.

В этой общей проблеме шло разделение труда между подразделениями самого института. Так, с учетом разработанной Иваном Степановичем типологии вырубок А.В. Патрагин занимался обоснованием способов создания лесных культур. В.Г. Чертовской обосновывал способы сплошных рубок и естественного возобновления леса. Сотрудница моего уже сформированного отдела экономики Л. Лобова занималась экономическим обоснованием способов и технологий рубок леса. Во всех этих исследованиях принимали участие почвоведы, поскольку требовалась увязка рекомендаций с лесорастительными условиями.

Свое первое научное задание я получил через Ивана Степановича от председателя Архангельского совнархоза И.Е. Воронова. Мне предлагалось в течение одного года научно обосновать размер расчетной лесосеки как норматив неистощительного пользования лесом и базу для устойчивого развития всего комплекса лесных отраслей. Это был очень острый и злободневный вопрос. Скученно расположенные вдоль железной дороги и Северной Двины леспромхозы со сроками использования спелых лесов 20 ... 40 лет по существу оказывались временными и ставили крупные ЦБК и лесопильные заводы – главных потребителей круглого леса – в положение китов, попавших на мелководье. В то время расчетная лесосека превышала 40 млн м³, до этого даже 70 млн м³. Отброшенный в 1930-х гг. в пылу горячих дискуссий по лесоустройству, принцип постоянства пользования лесом в 1960-е гг. уже заставил задуматься руководителей лесных отраслей о твердых ориентирах. В нашем отчете была обоснована расчетная лесосека в размере 22 млн м³ (на этом уровне она держится и теперь). По словам И.С. Мелехова, передавшего наш отчет председателю Архангельского СНХ И.Е. Воронову, последний сказал, что вручит его в Госплане лицам, диктующим объемы рубок.

В этой работе были заняты также Н.П. Чупров, которого я первым привлек в свой отдел, и рекомендованный им В.Я. Казаков. Оба они выпускники АЛТИ, хорошо зарекомендовали себя на производстве. Н.П. Чупрову я посоветовал заняться под научным руководством проф. А.А. Байтина ресурсами березняков, которые заполнили вырубки и шли «волной» к поспеванию. По этой теме Н.П. Чупров защитил кандидатскую, а затем и докторскую диссертации и, как преемник, после меня возглавил отдел экономики. По совету И.С. Мелехова в качестве консультанта по вопросам лесной промышленности к нам был прикреплен доцент кафедры экономики АЛТИ С.К. Лебедев, высококлассный специалист и замечатель-

ный человек. Мы дружили до конца его жизни, вместе опубликовали первую для меня книжку «Очередные вопросы лесопользования» [5].

После этого задания я в общей проблематике института занялся со своими сотрудниками экономическим обоснованием организации выборочных рубок, используя в качестве объекта внедрения Карпогорский ЛПХ на р. Пинеге. В работе от лесоводов участвовал И.В. Волосевич, очень ответственный и вдумчивый сотрудник. Директор леспромхоза А.М. Шангин затем ежегодно приглашал нас проводить эти рубки, которые оказались эффективнее сплошных [1].

С организацией Института леса и лесохимии Иван Степанович рекомендовал меня на должность ученого секретаря. Кандидатура должна была утверждаться на президиуме АН СССР. На заседании, которое вел президент академии А.Н. Несмеянов, меня представлял академик В.Н. Сукачев.

На первом году работы института в штатном расписании не было должности заместителя директора. Она появилась в начале 1960 г., и по просьбе Ивана Степановича я работал его заместителем по научной работе до ноября 1962 г., когда он уехал в Москву в связи с назначением на должность заместителя председателя Государственного комитета по лесной, целлюлозно-бумажной, деревообрабатывающей промышленности и лесного хозяйства, в ведение которого тогда перешел и наш институт. По настоянию Ивана Степановича последовавшие три года (1962–1965 гг.) я исполнял обязанности директора института.

С момента создания института для его руководства проблема кадров была первоочередной. Иван Степанович главную ставку делал на привлечение молодежи и воспитание у нее навыка к научно-исследовательской работе. Есть такое выражение: «Наука требует жертв», верно отражающее главное требование к человеку: он должен с учетом своей творческой деятельности сформировать даже образ жизни, не разбрасываясь по мелочам. Результат меряется не днями и месяцами, а порою годами в зависимости от сложности проблем. Надо иметь терпение и более того мужество, которое спасает от разочарований, если результат не совпадает с ожиданиями. Роль научного руководителя в большей степени состоит в воспитании питомца; он служит, прежде всего, примером нравственности, ибо этика всегда присутствует в научной деятельности. Нельзя приписывать себе то, что открыто другими. А для этого надо хорошо знать историю вопроса. Недаром говорят, что «новое – часто хорошо забытое старое».

Иван Степанович был хорошим воспитателем, у него не было скороспелых учеников-выскочек. На всю жизнь мне запомнилось его выражение: «Ох уж эти Иваны, не помнящие родства». Это относилось к тем, кто не утруждал себя изучением прошлого, полагая, что с него начинается «открытие Америки». На моих глазах шла научная деятельность и жизнь его замечательных питомцев В.Г. Чертовского и В.В. Репневского. Это были главные «пахари» у Ивана Степановича на научной ниве. Первый потом стал заместителем директора института и руководителем лаборатории лесоведения и лесоводства. Второй руководил опытной сетью, начиная с Мурманского стационара, в последние годы – крупной ЛОС уже УкрНИИЛХа, а затем директором Майкопской ЛОС ВНИИЛМа.

При Иване Степановиче в стены института пришло большое пополнение из других университетов России. По его заданию мне пришлось быть на приеме у вице-президента АН СССР А.В. Топчиева с ходатайством о выделении дополнительных вакансий под сформулированную новую научно-исследовательскую тему. Он спросил, сколько для этого требуется человек. Я ответил, что хотя бы пять. На это он сказал, что это несерьезно, и выделил 50 человек. В то время в Академии

наук не было мелкотемья, которым пестрят ныне планы научных исследований институтов.

Для подбора сотрудников в лабораторию почвоведения по совету И.С. Мелехова я приезжал к директору Института почвоведения им. В.В. Докучаева, известному ученому, академику И.В. Тюрину. Он порекомендовал нам супругов Складных, которые в то время работали в Башкирии. Приехав к нам, Г.А. Складной возглавил лабораторию почвоведения (в связи с отъездом в Москву Ю.А. Орфанитского), был заместителем директора института по научной работе.

Можно назвать много славных имен, но в короткой статье невозможно рассказать обо всех. Моими товарищами были Г.С. Войнов, которого я переманил в институт из лесоустроительной экспедиции, Ф.Т. Пигарев, которого уговорил оставить работу в Государственной инспекции по лесному хозяйству Архангельской области, Г.Н. Дядицын, перешедший с поста первого секретаря Мезенского райкома комсомола на скромную должность в институте. Заметными фигурами были брат и сестра Листовы родом из Лешуконска. А.А. Листов впоследствии стал директором института. Всем им пришлось пережить непростой период адаптации от производственной к научно-исследовательской деятельности. Но они не только удержались, но и выдвинулись. Ф.Т. Пигарев защитил кандидатскую диссертацию и возглавил лабораторию лесных культур. Г.С. Войнов занялся осинниками Севера и написал очень серьезную диссертационную работу. Г.Н. Дядицын стал ученым секретарем, выполнял сложную работу по планированию, анализу и обобщению всех научных исследований института, в том числе годовых отчетов. Об этом я могу судить не понаслышке. А.А. Листов по совету Ивана Степановича увлекся сосняками и по этой теме защитил диссертацию. С институтом связали свою судьбу супруги Ниловы. В.Н. Нилов многие годы посвятил дендрарию института, заложившему еще при Иване Степановиче. Всяческой похвалы заслуживает деятельность И.В. Волосевича, Н.И. Вялых, которые ежегодно выезжали на полевые работы, создавали стационары, внедряли рекомендации. Последний затем возглавил лабораторию лесоводства.

Нельзя умолчать о представителях органов управления и производства, в самой тесной связи с которыми работали ученые института. В их числе: начальник Архангельского областного управления лесного хозяйства В.М. Веснин; его заместитель, позже начальник Государственной инспекции по лесному хозяйству Архангельской области С.Н. Анурьев; начальник Архангельской лесоустроительной экспедиции В.Г. Амосов, позже перешедший в обком КПСС; сменивший его на первом посту О.А. Неволин. В обкоме партии после С.П. Логинова Ивану Степановичу и мне пришлось решать вопросы с первым секретарем К.А. Новиковым, а чаще со вторым секретарем Г.А. Душиным, позже ставшим заместителем председателя Гослесхоза СССР, где мы с ним тесно сотрудничали. Председатели совнархозов И.Е. Воронов, К.К. Костров, Н.В. Тимофеев проводили крупные совещания, на которых приходилось выступать и отчитываться за работу института не только директору, но и сотрудникам со своими рекомендациями. Нередко в Архангельске бывал и легендарный министр Г.М. Орлов, на встречу с которым приглашали всех директоров институтов Архангельска, чтобы держать ответ за работу. В то время в Архангельске кипела бурная деловая жизнь, отнюдь не формально складывались отношения института с городским и областным руководством. Например, только начав в ноябре 1957 г. работать в институте, я уже через месяц по указанию Ивана Степановича поехал в составе комиссии от облисполкома с проверкой работы Хмельницкого ЛПХ (Коношский район), которому грозили большие штрафные санкции за оставление деревьев лиственных пород на вырубках. Я дока-

зал комиссии безвыходность положения этого леспромхоза, который в условиях бездорожья работал на сплав.

Сотрудники института часто выезжали на кустовые совещания по обмену опытом работы производственных предприятий. Раз в год директоров лесхозов и леспромхозов приглашали в институт, его сотрудники докладывали о своих работах и выслушивали критические замечания и пожелания. Это подтягивало уровень работы коллектива и вместе с тем делало ее нужной для широкой практики.

Таков был этап создания и развития Института леса и лесохимии в период моей работы (1957–1965 гг.). Когда я приехал, в нем было всего около 60 человек, к концу моего пребывания численность увеличилась до 200, в последующем достигла 240 человек вместе с сотрудниками станций и стационаров. При мне были организованы стационары в Мурманской и Вологодской областях, из ведения ЛенНИИЛХа институту передана Обозерская ЛОС, которой в то время руководил Л.А. Ершов.

В работе ученых советов института принимали участие сотрудники АЛТИ: ректор Ф.И. Коперин, зав. кафедрой целлюлозы Б.Д. Богомолов, доцент кафедры экономики С.К. Лебедев, зав. кафедрой лесной таксации и лесоустройства В.И. Левин, затем сменивший его И.И. Гусев. Благодаря настрою Ивана Степановича коллектив института тесно сотрудничал и с другими институтами, особенно с СевНИИПом.

Впоследствии, на посту начальника управления науки, передового опыта и внешних сношений Гослесхоза СССР, я тесно контактировал с директорами института А.С. Синниковым (1965–1980 гг.), А.А. Листовым (1980–1988 гг.), а будучи в течение 20 лет директором ВНИИЛМа – с Г.А. Чибисовым (1989–1999 гг.), встречаясь на общих совещаниях Гослесхоза СССР, позже Министерства лесного хозяйства РФ.

Многие сотрудники института, с которыми мне пришлось работать, стали для меня родными. В каждый приезд в Архангельск я обязательно заходил в свой институт, хотя его коллектив значительно обновлялся.

В порядке послесловия хочу сказать, что не разделяю последнюю реформу, 10
анную по инициативе Рослесхоза, передавшего СевНИИЛХ на положение а СПбНИИЛХу, как и передачу ДальНИИЛХа ВНИИЛМу. Трудно поверить, что такая реорганизация пойдет на пользу лесной науке, скорее может привести к ее свертыванию. Не может быть никаких оправданий ликвидации ряда лесных опытных станций и опытных лесхозов, без которых немислимы стационарные научные исследования и особенно проверка и внедрение рекомендаций в производство. Все эти реформы, вынуждаемые якобы нехваткой средств, не выдерживают никакой критики. На протяжении последних лет они привели к оттоку кадров из института, численность которых вернулась к первоначальной. Будем надеяться, что реформаторский «зуд» рано или поздно пройдет и придется снова, на солидной основе восстанавливать отраслевую лесную науку. При этом пример прошлого, в том числе и Архангельского института леса и лесохимии, ныне СевНИИЛХа, будет безусловно востребован. Руководству и коллективу СевНИИЛХа хочется пожелать выдержки, терпения и умения мобилизовать творческие силы для сохранения и последующего развития лесной науки на Европейском Севере.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вопросы таежного лесоводства на Европейском Севере. – М.: Наука, 1967.

-
2. *Мелехов, И.С.* Мои воспоминания. О родном Севере. Альма-матер [Текст] / И.С. Мелехов. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2005. – 320 с.
 3. *Моисеев, Н.А.* Академик И.С. Мелехов. К 100-летию со дня рождения [Текст] / Н.А. Моисеев // Лесн. хоз-во. – 2005. – № 4. – С. 22 – 23.
 4. *Моисеев, Н.А.* К 90-летию со дня рождения Ивана Степановича Мелехова (1905–1994) [Текст] / Н.А. Моисеев // Лесн. журн. – 1995. – № 6. – С. 126 – 131. – (Изв. высш. учеб. заведений).
 5. *Моисеев Н.А.* Очередные вопросы лесопользования [Текст] / Н.А. Моисеев, С.К. Лебедев. – Архангельск: Арханг. кн. изд-во, 1960.

N.A. Moiseev
Moscow State Forest University

**On Background of Arkhangelsk Institute of Forest and Forestchemistry of USSR
Academy of Sciences (NRIF)**

УДК 061.75

*Филиал ФГУ «СПбНИИЛХ» – Северный НИИ лесного хозяйства
Архангельское отделение Общества почвоведов им. В.В. Докучаева
Архангельский центр Русского географического общества*

ПАМЯТИ АНАТОЛИЯ ЛЕОНИДОВИЧА ПАРШЕВНИКОВА

Всего четырех месяцев не дожил до 80-летнего юбилея один из старейших исследователей лесных почв Европейского Севера России, бывший заведующий лабораторией лесного почвоведения Северного НИИ лесного хозяйства в Архангельске, кандидат сельскохозяйственных наук Анатолий Леонидович Паршевников (24.11.1928–13.07.2008).

В 1953 г. он с отличием окончил лесохозяйственный факультет Архангельского лесотехнического института, затем учился в аспирантуре по специальности «Лесное почвоведение» при Институте леса АН СССР под руководством проф. С.В. Зонна. Собранный в лесах Вологодской области материал по теме «Биологический круговорот азота и зольных элементов в связи со сменой пород в лесах средней тайги» обобщен в кандидатской диссертации А.Л. Паршевникова, успешно защищенной в 1963 г.

Более полувека ученый проработал в Архангельском институте леса и лесохимии (позже Северном НИИ лесного хозяйства) вначале в должности научного сотрудника, а затем заведующего лабораторией. За эти годы он провел разносторонние исследования лесных почв на территории Севера от Кольского полуострова и предтундровых побережий в Архангельской области и Ненецком АО до южных районов Вологодской области и от границ с Карелией на западе до Предуралья в Республике Коми на востоке. На своем творческом пути исследователь охватил широкий круг проблем генезиса лесных почв как компонента биогеоценоза и решения актуальных вопросов таежного и предтундрового лесоводства. Особое внимание было уделено бонитировке таежных почв, применению минеральных удобрений для повышения продуктивности лесов, разработке технологий утилизации древесных отходов на органические удобрения и использованию их при окультуривании лесных питомников. А.Л. Паршевников умело сочетал решение конкретных задач северного лесоводства с экологическими проблемами региона, проявлял тщательность и высокую требовательность к материалам и результатам исследований.

Список научных трудов Анатолия Леонидовича включает более 200 наименований, в том числе книги, брошюры, разработанные совместно с сотрудниками «Бонитировочные таблицы для оценки лесных почв северной и средней подзон тайги европейской части СССР», руководства и рекомендации производству. Он проявил себя умелым организатором ряда всесоюзных совещаний и конференций по лесному почвоведению в Архангельске, активно участвовал во многих общероссийских совещаниях. Как региональный почвовед в Архангельске своей многолетней деятельностью *in situ* А.Л. Паршевников внес значительный вклад в изучение лесных почв Севера. Память о нем как ученом и человеке бережно хранят его коллеги, ученики, специалисты северного лесоводства и почвоведения.

*Branch of FSI «SPbRIF» – Northern Research Institute of Forestry
Arkhangelsk Branch of Soil Scientists' Association Named after V.V. Dokuchaev*

Arkhangelsk Centre for Russian Geographic Association

In memory of Anatoly L. Parshevnikov

10*



КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 630*581:911.52(049.3)

Н.А. Бабич, В.Ф. Цветков

Архангельский государственный технический университет

СОЛИДНОЕ УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Вышло в свет учебное пособие Д.М. Киреева «Лесное ландшафтоведение» (СПб.: СПбГЛТА, 2007. – 540 с. + Прил. (64 с.)). Оно иллюстрировано 196 рисунками, в том числе цветными и черно-белыми фотографиями, аэрокосмическими снимками, 27 таблицами и библиографическим списком из 37 названий.

В 17 главах книги раскрываются теоретические положения новой дисциплины, которую автор пособия преподает с 1995 г. в С.-Петербургской государственной лесотехнической академии.

Лесное ландшафтоведение – это физико-географический (ландшафтный) раздел общего лесоведения. Лесные (таежные) ландшафты отличаются от ландшафтов тундр, степей и пустынь длительностью жизни, многоступенчатостью лесообразовательного процесса, сложностью лесовозобновления, большим влиянием растительных сообществ на землю, атмосферу, воду, животный мир, человеческое общество и в целом на природные территориальные комплексы (ПТК).

В пособии показана роль основных компонентов ландшафта (литогенная основа, атмосфера, вода, растения и животные) в образовании ПТК лесов, процессе ландшафтообразования, формирования структуры ПТК и экологических режимов лесных земель. Для сопоставления лесорастительного потенциала ПТК и их классификации проведена оценка лесных земель по восьми экологическим режимам.

Дана характеристика ландшафтно-экологических свойств лесных растений и их группировок, в частности основных древесных пород-лесообразователей. Экологические ареалы и зоны экологического оптимума развития различных древесных пород характеризуются семичленной формулой.

Особая тема – изучение общих свойств ландшафтных единиц, их классификации в зависимости от строения литогенной основы. Рассмотрены континентальный, региональный, локальный и детальный уровни ландшафтно-морфологического анализа лесов.

На большом фактическом материале автора пособия, фрагментах ландшафтных карт, дешифрованных аэрокосмических снимках, ландшафтных профилях рассмотрена структура, строение и экологические режимы земель аккумулятивных, денудационных, болотных и горных ландшафтов.

Отличительной чертой курса является применение разработанного автором пособия метода ландшафтных и экологических индикаторов. Поэтому структура лесных ландшафтов и их картографирование наиболее эффективно изучаются путем ландшафтной интерпретации аэрокосмических, картографических, фондовых и литературных источников информации. Такой подход намного повышает темпы и качество ландшафтного изучения и картографирования лесов. В результате создается ландшафтная основа лесохозяйственной деятельности – согласованные карты ПТК различных масштабов, ландшафтные профили, дешифрованные аэрокосмические снимки, подробные объяснительные записки и условные обозначения к ландшафтным картам. На полученной ландшафтной основе наиболее успешно решаются задачи тематического

картографирования лесов, оценки и инвентаризации лесных ресурсов, задачи экологически безопасного природо- и лесопользования, ландшафтно-экологического планирования лесного хозяйства, динамики лесного фонда, мониторинга и оценки биоразнообразия лесов.

В пособии показаны семь этапов и содержание ландшафтно-морфологических исследований, методика применения дистанционных материалов и физико-географических карт, направления практического применения ландшафтного метода и его экономическая эффективность.

Текстовая часть пособия сопровождается удачно составленными рисунками, дешифрованными аэрокосмическими снимками, фрагментами ландшафтных карт. Иллюстративный материал снабжается подробными разъяснительными текстами, хорошо дополняющими основные положения лесного ландшафтоведения.

Без сомнения, современный специалист, исследующий лесные территории, должен знать ландшафтный метод их анализа, обладать навыками дешифрирования дистанционных материалов – аэрофотоснимков, космических снимков, уметь интерпретировать различные источники информации (общегеографические, топографические, различные тематические карты, литературные и фондовые материалы). Методы дешифрирования аэроснимков, инвентаризации лесов и организация лесного хозяйства в настоящее время нуждаются в привлечении ландшафтно-морфологического анализа лесов и учения о структуре лесного ландшафта.

Автором решена одна из задач этого курса – обучение специалистов самостоятельному анализу ландшафтной структуры лесной территории и составлению ландшафтной основы лесохозяйственной деятельности.

Считаем, что дисциплина «Лесное ландшафтоведение» является одним из основных учебных курсов, необходимых для подготовки всех лесных специалистов. Изданное пособие может служить основой учебника для лесных вузов России.

N.A. Babich, V.F. Tsvetkov
Arkhangelsk State Technical University

Sound Textbook

УДК 338.5:630*(049.3)

А.В. Пластилин

Архангельский государственный технический университет

ПОЛЕЗНАЯ И ЦЕННАЯ КНИГА

Вышел в свет труд хорошо известного в лесном образовании и бизнес-сообществе ученого-экономиста, профессора С.-Петербургской лесотехнической академии В.И. Мосягина «Ценообразование в лесном комплексе» (СПб.: «Издательский дом «Герда», 2008. – 448 с.). Автор скромно именуется свой труд учебным пособием для студентов, однако масштаб рецензируемой работы гораздо шире и глубже заявленного формата.

Автор рассматривает наиболее актуальные проблемы ценообразования, имеющие большое практическое значение в современных условиях хозяйствования, не ограничиваясь исследованием только общетеоретических проблем, подробно излагает отраслевые особенности цен и ценообразования на примере лесного комплекса. Как теоретический, так и практический материал учебного пособия изложен ясно и доступно. Основные положения широко иллюстрируются примерами, проверочными тестами, деловыми ситуациями. В методическом отношении достоинством книги является наличие контрольных вопросов к каждой главе и обширного списка литературы.

Рецензируемая работа включает 10 глав, объединенных в три раздела. В первом разделе «Общие вопросы ценообразования» доходчиво и лаконично изложен широкий круг теоретических проблем рыночного ценообразования. В центре внимания такие вопросы, как ценообразование в системе экономических отношений, ценовая политика государства и фирмы, методологические подходы и приемы ценообразования.

Во втором разделе «Цены и ценообразование в лесном комплексе» впервые в экономической практике автором поставлены такие приоритетные вопросы, как ценности леса, проблемы оценки леса, необходимость совершенствования учета экологического фактора в ценах на лесопroduкцию, экономическая оценка вторичных древесных ресурсов. Автор справедливо отмечает, что до сих пор нет единого мнения о полноте ценностей леса и возможности их квантификации. Существующие методы практически применяются лишь к экономическим ценностям леса.

Стоимость древесины на корню и недревесных полезностей леса (грибы, ягоды, живица, лекарственные растения и др.) находит денежное выражение в лесных податях (таксах) за пользование лесными ресурсами. Совершенствование процесса ценообразования отмечается в качестве важнейшей задачи лесного хозяйства и лесозаготовительной отрасли. Определены основные направления: расширение сферы стоимостной оценки различных ценностей леса как экосистемы; установление цен на все виды экономических полезностей леса; приближение оценки продукции и услуг к рыночным условиям и др.

В работе правильно отмечается, что продукция деревообработки широко применяется в экономике, отличается большим ассортиментом (тысячи наименований) и разнообразием размерно-качественных характеристик. Здесь особенно важно соотношение цен по потребительским свойствам. Для этой цели используется система (сетка) ценностных коэффициентов.

При ценообразовании на продукцию химической переработки древесины важное значение отводится дифференциации цен по качеству, удачно применены параметрические методы установления цен.

Третий раздел книги содержит практические (расчетные) материалы, охватывающие как общие, так и прикладные вопросы ценообразования.

По сути это сборник хорошо продуманных практических задач и ситуаций, содержащий рекомендации по их решению, что может оказаться весьма полезным для читателя. Здесь же приведены тесты и вопросы практически по каждой главе книги. Для углубленного изучения проблем ценообразования дан подробный список литературы. Не обязательно читать от начала до конца все приведенные публикации, но они могут помочь студентам и специалистам навести справки, получить важную дополнительную информацию и тем самым обеспечить наиболее квалифицированный результат.

Возможно, книга не лишена некоторых недостатков. К ним, в частности, можно отнести: сведение методов оценки леса к экономическим ценностям леса; ограниченность ценообразования в сфере услуг; недостаточную аргументацию страхования цен. Однако это не снижает ценности работы, которая позволяет составить целостное и современное представление о рыночном ценообразовании. На наш взгляд, учебное пособие проф. В.И. Мосягина будет воспринято читателями с интересом и принесет большую пользу как преподавателям, аспирантам и студентам, так и широкому кругу участников лесного бизнес-сообщества, интересующихся вопросами ценообразования.

A.V. Plastinin
Arkhangelsk State Technical University

Useful and Valuable Book



ЮБИЛЕИ

УДК 06.091

В.Г. ЛИСИЕНКО – 75 ЛЕТ

7 ноября 2008 г. исполнилось 75 лет со дня рождения блестящего педагога и ученого, вице-президента и академика Академии инженерных наук (АИН) РФ, президента Уральского регионального отделения АИН, заслуженного деятеля науки и техники РФ, лауреата премии Правительства РФ, профессора, доктора технических наук, заведующего кафедрой автоматики и управления в технических системах (аппаратуры автоматического управления) радиотехнического факультета Уральского государственного технического университета (УГТУ) Владимира Георгиевича Лисиенко.

В.Г. Лисиенко родился в с. Нижняя Бахмутовка Авдеевского района Донецкой области, свою трудовую деятельность начал в 1952 г. подручным столевара. После получения диплома о высшем образовании в 1956 г. он был оставлен на металлургическом факультете Уральского политехнического института (УПИ), в должности младшего научного сотрудника. В 1962 г. успешно защитил кандидатскую диссертацию на тему «Исследование элементов конструкций форсунок высокого давления для мартеновских печей», в 1972 г. – докторскую диссертацию на тему «Исследование светящегося факела и процессов теплообмена в условиях высокотемпературных металлургических печей» и был утвержден в 1974 г. в ученом звании профессора. На радиотехническом факультете УГТУ–УПИ он с 1982 г. и по настоящее время заведует кафедрой автоматики и управления в технических системах.

Плодотворно совмещал педагогическую и научно-исследовательскую деятельность с работой зам. декана металлургического факультета (1965 – 1969 гг.) и проректора УПИ по научной работе (1979 – 1988 гг.). Как проректор он много сделал для расширения тематики важнейших исследований и внедрения их результатов в промышленность, увеличения объемов госбюджетных и хоздоговорных НИР, создания 14 новых проблемных и отраслевых лабораторий, межвузовского экспериментального центра научных исследований, развития экспериментальной и производственной баз вуза. С 1999 г. – научный руководитель Института проблем энергосбережения и автоматики при УГТУ–УПИ, с 1994 г. – вице-президент АИН и президент Уральского регионального отделения АИН.

Владимир Георгиевич является создателем известной в нашей стране и за рубежом научной школы по управлению и совершенствованию высокотемпературных энерготехнологических процессов на основе математического моделирования, интегрированного энерго-экологического анализа, экспертных систем и интеллектуальных датчиков. Под его руководством подготовлено 40 кандидатов и 5 докторов наук.

Автор более 1200 трудов, в том числе 40 монографий и справочных изданий, 22 учебников и учебных пособий, 102 патентов и авторских свидетельств на изобретения, в том числе зарубежных, научный редактор многих монографий и сборников трудов. Избранные сочинения (в том числе в соавторстве): Интенсификация теплообмена в пламенных печах. – М.: Металлургия, 1979; Улучшение топливоиспользования и управление теплообменом в металлургических печах. –

М.: Металлургия, 1989; Хрестоматия энергосбережения. – М.: Теплоэнергетик, 2002; Хрестоматия энергосбережения. – М.: Теплотехник, 2005; Топливо: рациональное сжигание, управление и технологическое использование. – М.: Теплотехник, 2003; Моделирование объектов с распределенными параметрами на примере трехуровневых АСУ нагревом материала. – Екатеринбург: УГТУ–УПИ; М.: МИ-СиС, 2004; Плавильные агрегаты: теплотехника, плавление и экология. – М.: Теплотехник, 2005; Развитие трехуровневых АСУ ТП в металлургии (коксовые и бескоксовые примеси). – М.: Теплотехник, 2006; Измерение температур: теория, практика, эксперимент. – М.: Теплотехник, 2007; Альтернативная металлургия: проблемы легирования, модельные оценки эффективности. – М.: Теплотехник, 2007.

В 1995, 1998, 2002, 2003, 2006 и 2007 гг. – стажировки и работа в США. (Пурдье-Университет (Вест-Лафайетт); Институт технологий газа (Чикаго)). Он участник многих зарубежных конгрессов, симпозиумов и конференций: симпозиум ИФАК (1967 г., Прага), XI Международный газовый конгресс (1970 г., Москва), конгрессы ИФАК (1978 г., Хельсинки, Финляндия; 1981 г., Киото, Япония), семинар (1987 г., Киев), конференции по теплообмену (1988 и 1992 гг., Минск), конференция «Термо-96» (1996 г., Будапешт, Венгрия), конференция по исследованию пламени (1996 г., Мерилэнд, США), VI Международный форум по информационным технологиям (1999 г., Кемер, Турция), Международный конгресс по исследованию машин и механизмов (2004 г., Хуанг, Китай), конгрессы Американского общества инженеров-механиков (2006 г., ASME, Чикаго; 2007 г., ASME, Сизтл).

В 1982 – 1985 гг. был депутатом Кировского районного совета депутатов трудящихся. Член редколлегии журналов «Известия вузов и энергетических объединений СНО. Энергетика» и «Энергоанализ и энергосбережение», главный редактор журнала «Промышленные печи и трубы», член исполкома международной ассоциации «Знание», член правления Союза предприятий малого и среднего бизнеса Свердловской области, член попечительского совета фонда «Инновационные технологии», член Российского национального комитета по автоматическому управлению и Екатеринбургского союза НИО, член экспертного совета и председатель совета по защите докторских и кандидатских диссертаций, член НТК и наградной комиссии УГТУ–УПИ.

Деятельность В.Г. Лисиенко отмечена почетными званиями, орденами, медалями: заслуженный деятель науки и техники РФ (1991 г.), лауреат премии Правительства РФ (1998 г.), лауреат конкурса энергетического центра ЕС (1995 г.), лауреат конкурса по энергосбережению и автоматизации технологических процессов металлургических и горнорудных предприятий (2002 г.), лауреат премии большой золотой медали «60 лет международной ассоциации «Знание» (2008 г.); орден «Знак почета» (1985 г.) и «Почета» (2003 г.), медали им. К.Э. Циолковского, М.В. Келдыша, В.Е. Грум-Гржимайло, А.С. Попова, А.М. Прохорова и «Ветеран труда», золотая медаль им. В.Г. Шухова, серебряная медаль Кембриджа «Выдающийся ученый XXI века», серебряная и две бронзовые медали ВДНХ, почетное звание и знак «Рыцарь науки и искусства», три золотые медали СВЯЗЬПРОМЭКСПО (2005–2007 гг.).

Е.Н. Виноградов

E.N. Vinogradov

V.G. Lisienko – 75 Years Old
