

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

ПОСВЯЩАЕТСЯ 100-ЛЕТИЮ  
СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ АКАДЕМИКА И.С. МЕЛЕХОВА

4

2005

ИЗДАТЕЛЬ – АРХАНГЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Главный редактор – проф. **О.М. Соколов**  
Заместители главного редактора:  
проф. **Е.С. Романов**, проф. **С.И. Морозов**

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

проф. **Е.Д. Гельфанд**, проф. **И.И. Гусев**, проф. **Р.Е. Калитеевский**, акад. РАСХН **Н.И. Кожухов**, проф. **А.А. Камусин**, проф. **В.И. Комаров**, проф. **В.С. Куров**, проф. **Н.В. Лившиц**, проф. **В.И. Мелехов**, проф. **М.Д. Мерзленко**, проф. **Е.Г. Мозолева**, **В.В. Мусинский**, доц. **О. А. Неволин**, проф. **А.Н. Обливин**, проф. **В.И. Онегин**, проф. **Г.С. Ощепков**, проф. **А.В. Питухин**, проф. **В.К. Попов**, проф. **С.М. Репях**, проф. **В.П. Рябчук**, проф. **Э.Н. Сабуров**, проф. **Е.Н. Самошкин**, проф. **В.Г. Санаев**, проф. **В.И. Санев**, проф. **В.А. Суслов**, проф. **Ф.Х. Хакимова**, проф. **В.Я. Харитонов**, проф. **Г.А. Чибисов**, 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» № 4

Редакторы **Н.П. Бойкова**, **Л.С. Окулова**  
Перевод **Н.Т. Подражанской**  
Компьютерный набор **О.В. Деревцовой**, верстка **Е.Б. Красновой**

---

Сдан в набор 04.05.2005. Подписан в печать 04.07.2005.  
Форм. бум. 70×108 1/16. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 13,82. Усл. кр.-отг. 13,82.  
Уч.-изд. л. 17,28. Тираж 1000 экз.  
Архангельский государственный технический университет

---

Адрес редакции: 163002, г. Архангельск, наб. Сев. Двины, 17, тел./факс: (818-2) 27 37 18,  
e-mail: forest@agtu.ru http://lesnoizhurnal.agtu.ru

---

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



## СОДЕРЖАНИЕ

## ПАМЯТИ АКАДЕМИКА И.С. МЕЛЕХОВА

(к 100-летию со дня рождения)

<i>Редколлегия и редакция «Лесного журнала». Иван Степанович Мелехов.....</i>	7
<i>В.Г. Санаев. Иван Степанович Мелехов – выдающийся деятель лесного дела современной эпохи .....</i>	12
<i>Н.А. Моисеев. Наука и личность.....</i>	15
<i>Б.Н. Уголев. Иван Степанович Мелехов и древесиноведение.....</i>	20
<i>В.Ф. Цветков. Памяти Ивана Степановича Мелехова .....</i>	22
<i>О.А. Харин, Н.И. Кожухов, В.И. Обыденников, Е.П. Сергеева. Научная школа академика РАСХН (ВАСХНИЛ) Ивана Степановича Мелехова .....</i>	26
<i>С.А. Денисов, К.К. Калинин, В.И. Пчелин. И.С. Мелехов и развитие лесоводственной школы Поволжья .....</i>	34
<i>В.И. Обыденников, Н.И. Кожухов. Естественноисторические аспекты типологии вырубок .....</i>	39
<i>Г.А. Чибисов, Н.И. Вялых. Системы рубок главного пользования и лесовосстановления в таежной зоне европейской части России.....</i>	48
<i>И.И. Степаненко. Повышение продуктивности сосновых насаждений в результате внесения минеральных удобрений.....</i>	61
<i>С.М. Матвеев. Динамика поздней древесины сосны обыкновенной в различных лесорастительных условиях.....</i>	70
<i>С.В. Залесов, Н.А. Луганский. Роль И.С. Мелехова в обосновании и развитии лесной пирологии.....</i>	75

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>Д.Г. Щепаченко, А.З. Швиденко, П.И. Лакида. База данных структуры фитомассы лесов России .....</i>	80
<i>В.Н. Косицын. Побочное лесопользование в условиях устойчивого управления лесами.....</i>	87
<i>О.А. Неверова, В.М. Позняковский. Фитоиндикация загрязнения городской среды тяжелыми металлами (на примере г. Кемерово).....</i>	92

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>Б.Г. Мартынов, К.Е. Муравьев. Определение технического состояния двигателей лесных машин по параметрам их вибрации.....</i>	96
<i>Д.Л. Нерадовский. Методика определения длины свай в полигонных условиях. 100</i>	

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

## И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

<i>Л.И. Евельсон, Е.А. Памфилов, Е.В. Шевелева, А.П. Симин. Исследование подшипников скольжения .....</i>	105
<i>В.Л. Рымашевский, В.Г. Турушев, А.М. Копейкин. Влияние размерно-качественного состава пиловочного сырья на эффективность экспорта пиломатериалов.....</i>	112

*ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ*

- В.К. Дубовый, Г.И. Чижов.* Силы связи в бумаге из растительных и минеральных волокон..... 116
- М.А. Агеев, В.В. Свиридов, Н.Л. Медяник.* Исследование взаимодействия частичек типографской краски с воздухом при флотационном облагораживании макулатуры..... 124
- Л.В. Кутовая, В.В. Еременко, Ю.Д. Алашкевич, А.П. Руденко, Н.С. Решетова.* Комплексный параметр как показатель качества обработки волокнистых материалов ..... 135

*КОМПЬЮТЕРИЗАЦИЯ УЧЕБНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ*

- И.С. Майоров, Д.Г. Чухчин, О.М. Соколов.* Автоматизированный метод микробиологического контроля дрожжевого производства..... 140
- И.С. Майоров, Д.Г. Чухчин, О.М. Соколов.* Метод контроля состава активного ила на предприятиях ЦБП ..... 144

*КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ*

- О.А. Коношатов, С.А. Корчагов.* Новая книга о фитомассе лесов..... 147

*ЮБИЛЕИ*

- В.Г. Санаев, Ю.П. Семенов.* Борис Наумович Уголев (К 80-летию со дня рождения)..... 149

*ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ*

- Ю.А. Варфоломеев.* Использование еловой древесины с биологическими поражениями..... 151





## CONTENTS

## IN MEMORY OF ACADEMICIAN I. S. MELEKHOV

(by 100<sup>th</sup> Birthday)

<i>Editorial Board and Editorial Staff of «Lesnoj Zhurnal».</i> Ivan Stepanovich Melekhov.....	7
<i>V.G. Sanaev.</i> Ivan Stepanovich Melekhov – Outstanding Figure in Forestry of Modern Epoch .....	12
<i>N.A. Moiseev.</i> Science and Personality.....	15
<i>B.N. Ugolev.</i> Ivan Stepanovich Melekhov and Wood Science.....	20
<i>V.F. Tsvetkov.</i> In Memory of Ivan Stepanovich Melekhov .....	22
<i>O.A. Kharin, N.I. Kozhukhov, V.I. Obydyonnikov, E.P. Sergeeva.</i> Scientific School of Academician of Russian Academy of Agricultural Sciences (All-Russia Academy of Agricultural Sciences and Forestry) of Ivan Stepanovich Melekhov.....	26
<i>S.A. Denisov, K.K. Kalinin, V.I. Pchelin.</i> I.S. Melekhov and Development of Forestry School of Povolzhje.....	34
<i>V.I. Obydyonnikov, N.I. Kozhukhov.</i> Natural-and-historical Aspects of Felling Typology.....	39
<i>G.A. Chibisov, N.I. Vyalykh.</i> Final Felling System and Reforestation in Taiga Zone of European Part of Russia .....	48
<i>I.I. Stepanenko.</i> Increasing Productivity of Pine Stands by Mineral Fertilizers Application .....	61
<i>S.M. Matveev.</i> Dynamics of Scotch Pine Latewood in Different Forest-growing Conditions.....	70
<i>S.V. Zalesov, N.A. Lugansky.</i> Role of I. S. Melekhov in Substantiation and Development of Forest Pyrology.....	75

## FORESTRY

<i>D.G. Shchepashchenko, A. Z. Shvidenko, P. I. Lakida.</i> Database of Phytomass Structure of Forests in Russia.....	80
<i>V.N. Kositsyn.</i> Secondary Forest Use in Conditions of Sustainable Forest Management.....	87
<i>O.A. Neverova, V.M. Poznyakovsky.</i> Phytomonitoring of Urban Environment by Heavy Metals (on the Example of Kemerovo).....	92

## FORESTEXPLOITATION

<i>B.G. Martynov, K. E. Muravjev.</i> Determination of Technical State of Forest Machine Engines According to Vibration Parameters .....	96
<i>D.L. Neradovsky.</i> Technique of Determining Pile Length in Test Ground Conditions.....	100

---

---

*MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOODSCIENCE*

- L.I. Evelson, E.A. Pamfilov, E.V. Sheveleva, A. P. Simin.* Investigation of Friction Bearing ..... 105
- V.L. Rymashevsky, V.G. Turushev, A.M. Kopeikin.* Influence of Dimension-quality Composition of Sawing Raw Material on Efficiency of Sawed Timber Export .... 112

*CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD*

- V.K. Dubovy, G.I. Chizhov.* Bonding Force in Paper Made of Plant and Mineral Fibers..... 116
- M.A. Ageev, V.V. Sviridov, N.L. Medyanik.* Study of Printer's Ink Interaction with Air in Waste Paper Flootation..... 124
- L.V. Kutovaya, V.V. Eremenko, Yu.D. Alashkevich, A.P. Rudenko, N.A. Reshetova.* Complex Parameter as Quality Index for Fiber Material Treatment ..... 135

*COMPUTERIZATION OF TRAINING AND TECHNOLOGICAL PROCESSES*

- I.S. Majorov, D.G. Chukhchin, O.M. Sokolov.* Automated Method of Microbiological Control of Yeast Production..... 140
- I.S. Majorov, D. G. Chukhchin, O. M. Sokolov.* Control Method for Activated Sludge Composition at PPM Enterprises..... 144

*CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY*

- O.A. Konyushatov, S.A. Korchagov.* New Book on Forest Phytomass..... 147

*JUBILEES*

- V.G. Sanaev, Yu.P. Semenov.* Boris Naumovich Ugolev (By 80<sup>th</sup> Birthday)..... 149

*INNOVATION TECHNOLOGIES*

- Yu.A. Varfolomeev.* Utilization of Spruce Wood with Biological Attacks..... 151
- 
-



ПАМЯТИ АКАДЕМИКА И.С. МЕЛЕХОВА  
(к 100-летию со дня рождения)

УДК 061.6.75

### ИВАН СТЕПАНОВИЧ МЕЛЕХОВ

В созвездии блистательных имен ученых лесоводов второй половины XX столетия первое место принадлежит крупнейшему ученому с мировым именем, академику РАСХН, доктору сельскохозяйственных наук, профессору, заслуженному деятелю науки РСФСР Ивану Степановичу Мелехову.

Иван Степанович родился 15 сентября 1905 г. на Севере, в дер. Жаровиха (ныне в черте г. Архангельска) в семье рабочего лесопильного завода. Трудовую жизнь начал 9-летним мальчиком в качестве погонщика лошадей на лесопильном заводе. Полюбив с раннего детства природу родных северных лесов, он избрал путь лесовода. После окончания



в 1930 г. Ленинградской лесотехнической академии И.С. Мелехов в течение многих лет изучал леса Европейского Севера, сочетая научные исследования с преподавательской работой в Архангельском лесотехническом институте. Уже в ранних научных публикациях он затрагивал вопросы естественного возобновления ели, природы лесных пожаров, анатомического строения и физико-механических свойств древесины хвойных пород Севера.

С 1934 г. по 1962 г. (с перерывом) И.С. Мелехов был заведующим кафедрой общего лесоводства в Архангельском лесотехническом институте, а в 1951–1952 гг. – в Ленинградской лесотехнической академии. Одновременно (с 1936 г.) он проводил исследовательскую работу в системе АН СССР: 1936–1943, 1945–1960 гг. – руководитель научных экспедиций АН СССР по изучению лесов Севера; 1938–1942 гг. – руководитель лесной группы Северной базы АН СССР; 1942–1943 гг. – и.о. директора Архангель-

ского стационара АН СССР; 1943–1957 гг. – руководитель лесной группы стационара, 1957–1958 гг. – директор Северного отделения Института леса АН СССР. В 1956 г. И.С. Мелехов избран действительным членом (академиком) Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. В. И. Ленина (ВАСХНИЛ), организатор и первый директор Института леса и лесохимии АН СССР в Архангельске (1958–1962 гг.).

Широкое и систематическое изучение сплошных концентрированных вырубок Севера позволило И.С. Мелехову разработать новое фундаментальное научное направление – типологию вырубок. Основным объектом научного познания стала для него природа леса в целом, где лес рассматривается как природная система и региональное явление, а тип леса раскрывается как динамическая система на биогеоценозном (экосистемном) уровне. Разработанное им учение о динамической типологии позволяет познавать лес в развитии, глубоко понимая его прошлое и настоящее, решать практические задачи лесоводства и предвидеть будущее.

В 1962–1966 гг. И.С. Мелехов – заместитель председателя Государственного комитета по лесной, целлюлозно-бумажной, деревообрабатывающей промышленности и лесному хозяйству Совмина СССР (позднее при Госплане СССР), с 1965 г. по 1971 г. – академик-секретарь отделения лесоводства и агролесомелиорации ВАСХНИЛ и член президиума ВАСХНИЛ.

К этому времени им капитально разработаны и обобщены вопросы рубок главного пользования, что получило отражение в монографии «Рубки главного пользования», вышедшей двумя изданиями (1962, 1966 гг.). Он продолжал углубленные исследования в области экологической анатомии и камбиальной деятельности древесных пород в различных природных условиях; занимался проблемой комплексной продуктивности леса и путей ее повышения. Посвятив всю свою жизнь изучению лесов нашей страны, И.С. Мелехов хорошо знал леса и лесное хозяйство зарубежных стран: Чехословакии, Польши, Венгрии, Румынии, ГДР, ФРГ, Австрии, Италии, Испании, Швеции, Норвегии, Финляндии, США.

Комплексно решая вопросы лесоведения и лесоводства, И.С. Мелехов вкладывал много труда в обучение и воспитание инженерных и научных кадров, подготовил более 50 кандидатов и докторов наук. С 1962 г. он заведовал кафедрой лесоводства Московского лесотехнического института. В 1980 г. И.С. Мелеховым выпущен учебник-монография «Лесоведение», получивший высокую оценку ученых и принесший ему звание лауреата Золотой медали им. Г.Ф. Морозова. В 1983 г. И.С. Мелехов завершил публикацию объемного учебного пособия «Лесная пирология», состоящего из пяти выпусков, где воплощено целостное учение о природе лесных пожаров, методах борьбы с ними и их последствиях, использовании положительной роли огня в лесном хозяйстве.

И.С. Мелехов — автор почти 300 работ по лесоведению, лесоводству, другим вопросам лесного хозяйства. Многие из них получили широкую известность и признание в нашей стране и за рубежом.

Иван Степанович — доктор *honoris causa* сельскохозяйственного университета г. Брно (1966 г.); иностранный член Королевской Шведской академии сельского и лесного хозяйства (1968 г.); почетный член Лесного общества Финляндии (1969 г., член-корреспондент с 1962 г.); иностранный член Венгерской академии наук (1979 г.).

И.С. Мелехов активно участвовал в международных лесных конгрессах, симпозиумах, конференциях, выступал с докладами на V (США) и VI (Испания) Мировых лесных конгрессах; на XIII (Австрия), XIV (ФРГ) и XV (США) конгрессах Международного союза лесных исследовательских организаций. Был вице-президентом VI Мирового лесного конгресса и председателем первой пленарной сессии этого конгресса. В 1967 г. на XIV конгрессе ИЮФРО избран членом Постоянного комитета Международного союза лесных исследовательских организаций, на XV конгрессе (1971 г.) — членом исполнительного бюро ИЮФРО. Участвовал в Международном симпозиуме «Лес и внешняя среда»; был председателем комитета «Лесоводство» на XIV Тихоокеанском научном конгрессе (1979 г.).

Широко известны работы И. С. Мелехова по истории лесной науки. Им вскрыты и показаны научные положения и предвидения М.В. Ломоносова, касающиеся важных сторон науки о лесе. В 1957 г. И.С. Мелеховым была выпущена монография «Очерк развития науки о лесе в России». После книги Ф.К. Арнольда «История лесоводства в России, Франции и Германии», вышедшей в конце XIX в., это первая и пока единственная значительная работа нашего времени по истории лесной науки. В 1970 г. И. С. Мелехов выступал с докладом на Международном конгрессе историков в Москве и был избран в состав постоянно действующей Международной исторической комиссии по лесу от СССР. В 1977 г. И.С. Мелехов создал и возглавил комиссию по истории лесов СССР при секции охраны природы Московского общества испытателей природы.

И.С. Мелехов был членом КПСС с 1945 г., вел большую общественную работу. Он избирался депутатом Архангельского городского Совета депутатов трудящихся четырех созывов (1934–1953 гг.), депутатом Верховного Совета СССР пятого созыва (1958–1962 гг.). В 1966–1967 гг. возглавлял научно-технический совет Минлесхоза РСФСР, в 1967–1980 гг. был председателем НТС Госкомлеса Совета Министров СССР, в 1971–1975 гг. — председателем экспертной комиссии ВАК по лесным специальностям. И.С. Мелехов — один из зачинателей и член первой редколлегии «Лесного журнала» (с 1958 г.); в 1980–1993 гг. его главный редактор, а затем заместитель главного редактора. Он был также членом редколлегий журналов «Лесное хозяйство» и «Лесоведение».

За большую плодотворную деятельность И.С. Мелехов награжден орденами Ленина, Октябрьской Революции, двумя орденами Трудового Красного Знамени и многими медалями.

В последние годы жизни И.С. Мелехов талантливо написал замечательные воспоминания о Лесотехнической академии и о родном Севере, из-

данные в трех брошюрах (1992, 1993 гг.); они читаются с захватывающим интересом и не оставляют читателей равнодушными.

Широкая эрудиция, доброжелательность, чуткость к окружающим снискали Ивану Степановичу глубочайшее уважение коллег, учеников, студентов, всех, с кем он общался.

Имя маститого ученого-лесоведа навечно вписано золотыми буквами в скрижали истории лесной науки, а научное наследие его будет всегда служить отечественному лесоводству на благо русского леса.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ О ЖИЗНИ И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И.С. МЕЛЕХОВА

1. Козмин Н.Д. Мелехов И. С.: [библиография трудов] / Н.Д. Козмин // Перечень печ. работ ин-та / Арханг. лесотехн. ин-т. – Архангельск, 1941. – С. 14–16.
2. 50-летие профессора Ивана Степановича Мелехова // Лесн. хоз-во. – 1956. – № 2. – С. 82–83.
3. Анисимов А. Иван Степанович Мелехов / А. Анисимов // Вестн. с.-х. науки. – 1965. – № 12. – С. 137.
4. Исследователь, ученый, педагог // Лесн. хоз-во. – 1965. – № 9. – С. 24–25.
5. Чертовской В.Г. Юбилей И. С. Мелехова / В.Г. Чертовской, П.И. Войчаль // Лесн. журн. – 1965. – № 5. – С. 175. – (Изв. высш. учеб. заведений).
6. Keresztesi B. I. Sz. Melehov a 60 születésnapja / B. Keresztesi // As erdő. – 1965. – Vol. 14, N 11. – P. 527.
7. Клюев С.В. Библиография основных трудов И.С. Мелехова / С.В. Клюев // Вопросы таежного лесоводства на Европейском Севере. – М., 1967. – С. 311–318.
8. Akademiemitglied Prof. Dr. Ivan Stepanovic Melechov 65 Jahre // Arch. Forstwes. – 1971. – Bd 20, N 2. – S. 205–211.
9. Виноградов В.Н. К 70-летию академика ВАСХНИЛ Ивана Степановича Мелехова / В.Н. Виноградов, Н.П. Бойко, А.Ф. Калашников // Вестн. с.-х. науки. – 1975. – № 9. – С. 96–97.
10. И.С. Мелехову – 70 лет // Лесн. хоз-во. – 1975. – № 9. – С. 17.
11. Thomasius H. Akademiemitglied Prof. Dr. Dr. h. c. Ivan Stepanovic Melechov zum 70: Geburtstag / H. Thomasius, W. Pfalz // Soz. Forstwirtschaft. – 1975. – N 11. – S. 351.
12. Юбилей академика ВАСХНИЛ Ивана Степановича Мелехова // Лесн. журн. – 1975. – № 4. – С. 171–173. – (Изв. высш. учеб. заведений).
13. Иван Степанович Мелехов (к 70-летию со дня рождения) // Лесоведение. – 1976. – № 1. – С. 92–93.
14. Кайрюкштитис Л.А. Значение трудов И.С. Мелехова в развитии лесоводства / Л.А. Кайрюкштитис // Современные исследования продуктивности и рубок леса. – Каунас, 1976. – С. 7–15.
15. Список печатных научных работ И.С. Мелехова // Там же. – С. 28–40.
16. Чертовской В.Г. Иван Степанович Мелехов / В.Г. Чертовской, А.С. Синников // Вопросы лесовосстановления на Европейском Севере. – Архангельск, 1976. – С. 3–15.
17. Keresztesi B.I. Sz. Melehov az mta tiszteletbeli tagja / B. Keresztesi // Az erdő. – 1979. – Vol. 28, N 9. – P. 410.

18. Юбилей академика ВАСХНИЛ И. С. Мелехова (к 75-летию со дня рождения) // Лесн. журн.– 1980. – № 4. – С. 134–136. – (Изв. высш. учеб. заведений).
19. *Невядомская Ф.К.* Иван Степанович Мелехов / Ф.К. Невядомская. – М., 1981. – 32 с.
20. *Неволин О.А.* Лесная типология в северном лесоустройстве / О.А. Неволин. – Л.: ЛТА, 1984. – 48 с.
21. *Чибицов Г.А.* Иван Степанович Мелехов и таежное лесоводство / Г.А. Чибицов // Лесоводственные исследования на зонально-типологической основе. – Архангельск, 1984. – С. 3–7.
22. Иван Степанович Мелехов (к 80-летию со дня рождения) // Лесн. журн. – 1985. – № 4. – С. 132–134. – (Изв. высш. учеб. заведений).
23. Ивану Степановичу Мелехову – 85 лет // Лесн. журн. – 1990. – № 4. – С. 136. – (Изв. высш. учеб. заведений).
24. *Мелехов И.С.* Альма матер. Воспоминания о Лесотехнической академии. Ч. I. Студенческие годы / И.С. Мелехов. – СПб.: ЛТА, 1992. – 98 с.
25. *Мелехов И.С.* Альма матер. Воспоминания о Лесотехнической академии. Ч. II. Возвращение в академию и уход из нее / И.С. Мелехов. – СПб.: ЛТА, 1993. – 108 с.
26. *Мелехов И.С.* О родном Севере (из воспоминаний) / И.С. Мелехов. – Архангельск, 1993. – 113 с.
27. Факультет лесного хозяйства / Госкомитет РФ по высшему образованию; Арханг. лесотехн. ин-т. – Архангельск, 1994. – 37 с.
28. *Чибицов Г.А.* Иван Степанович Мелехов и лесная наука / Г.А. Чибицов // Проблемы притундрового лесоводства: сб. тр., посвященных памяти И.С. Мелехова и 90-летию со дня рождения. – Архангельск, 1995. – С. 3–7.
29. *Гиряев Д.М.* Академик Мелехов / Д.М. Гиряев // Лесная лира: Поэмы. Стихотворения. – М: Энциклопедия сел и деревень, 1999. – 336 с.
30. *Чибицов Г.А.* И.С. Мелехов и таежное лесоводство / Г.А. Чибицов // Лесоводство Севера на рубеже столетий (Вторые Мелеховские чтения): материалы Междунар. науч.-практ. конф.: Тр. XI съезда РГО. – СПб., 2000. – Т. 8. – С. 9–11.
31. *Ипатов Л.Ф.* Лесные знатели. Вып. 1 / Л.Ф. Ипатов. – Архангельск, 2001. – 160 с.
32. Неволин О.А. История Березниковского лесхоза / О.А. Неволин, А.И. Грицынин. – Архангельск: Правда Севера, 2002. – 464 с.
33. *Неволин О.А.* Лесоустройство / О.А. Неволин, С.В. Третьяков, С.В. Ердяков, С.В. Торхов. – Архангельск: Правда Севера, 2003. – 583 с.
34. Факультет лесного хозяйства АГТУ. – Архангельск, 2004. – 84 с.
35. *Ипатов Л.Ф.* Караси, Караси ... : книга-фотоальбом с комментариями автора / Л.Ф. Ипатов. – Архангельск, 2004. – 224 с.

Редколлегия и редакция  
«Лесного журнала»

*Editorial Board and Editorial Staff of «Lesnoj Zhurnal»*  
**Ivan Stepanovich Melekhov**

---

УДК 061.6.75

*В.Г. Санаев*

### **ИВАН СТЕПАНОВИЧ МЕЛЕХОВ – ВЫДАЮЩИЙСЯ ДЕЯТЕЛЬ ЛЕСНОГО ДЕЛА СОВРЕМЕННОЙ ЭПОХИ**

Имя академика РАСХН (ВАСХНИЛ) И.С. Мелехова занимает достойное место в ряду имен ученых лесного дела и хорошо известно отечественной и зарубежной научной общественности. Его многогранная деятельность связана с многосторонней научно-педагогической работой, руководством и организацией ведения лесного хозяйства, активным участием в научных форумах мирового, федерального, регионального уровня.

Как истинный ученый и патриот акад. И.С. Мелехов проявил себя еще в начале научно-педагогической карьеры, работая в Архангельском лесотехническом институте. Своеобразный подход к изучению строения древесины, в частности формирования годичного кольца (в связи с эколого-географическими условиями) заинтересовал ученых и практиков в нашей стране и за рубежом. В начале 1930-х гг. им опубликована статья «О качестве древесины сосны», которая получила широкий международный резонанс. В ней на обширном экспериментальном материале убедительно показано, что отечественная сосна севера европейской части нашей страны обладает высоким качеством древесины и, следовательно, является конкурентоспособной на мировом рынке. Результаты этих исследований не утратили актуальности и в настоящее время. Большим вкладом в лесоводственную и древесиноведческую науку являются установленные И.С. Мелеховым и его учениками эколого-географические закономерности пробуждения камбия у сосновых древостоев. Заслуги И.С. Мелехова в области экологической анатомии древесины высоко оценены крупными учеными-древесиноведами А.А. Яценко-Хмелевским, Б.Н. Уголевым, О.И. Полубояриновым и др.

Талант крупного организатора научных исследований и видного ученого И.С. Мелехова особенно ярко проявился (в условиях родного Севера) на работе в качестве руководителя лесной группы Архангельского стационара АН СССР (1943–1957 гг.) и директора Северного отделения Института леса АН СССР (1957–1958 гг.). В процессе организации и развития стационарных и экспериментальных работ Иван Степанович основное внимание уделял исследованиям проблемного и методического характера. На основании всесторонних исследований и широкого научного обобщения им выявлена природа концентрированных вырубок. К одному из крупных научных достижений И.С. Мелехова следует отнести создание учения о типах вырубок, которое, как и типология леса, зародилось в России. Типология вырубок получила признание многих крупных отечественных и иностранных ученых. В докладе на VII Мировом конгрессе президентом ИЮФРО была дана высокая оценка типологии вырубок. Работая в должности профессора, заведующего кафедрой лесоводства Архангельского лесотехниче-

ского института, Иван Степанович привлекал к научным исследованиям студентов, многие из которых в последующем стали крупными организаторами лесной науки (А.А. Листов – директор Архангельского института леса и лесохимии, В.Г. Чертовской – зам. директора того же института и др.).

Фундаментальные положения докторской диссертации И.С. Мелехова, защищенной им в 1944 г., послужили научно-практической основой лесной пирологии и вошли практически во все учебники и учебные пособия лесных вузов страны по этой дисциплине. В настоящее время учебное пособие по лесной пирологии И.С. Мелехова переиздается в МГУЛе. Большую научную и практическую значимость имеют вскрытые им основные закономерности в природе лесных пожаров и разработанные критерии для выделения лесопожарных поясов.

За огромный вклад в лесную науку И.С. Мелехов в 1956 г. был избран действительным членом (академиком) ВАСХНИЛ (ныне РАСХН). С 1958 г. по 1962 г. он возглавлял Институт леса и лесохимии АН СССР. В это время в полной мере проявился его талант организатора научных исследований. Под его руководством и при непосредственном участии решались важные проблемы повышения комплексной продуктивности лесов (в том числе древесной, биологической, экологической).

Большое практическое значение для лесного хозяйства и лесной промышленности страны имеет разработанная Иваном Степановичем система повышения древесной продуктивности, которая охватывает проблемы лесоводства, лесных культур, лесозащиты, экологии, экономики и другие.

Наряду с этим, в 1962–1966 гг. И.С. Мелехов руководил всей лесной отраслью народного хозяйства СССР в качестве заместителя председателя Государственного комитета по лесной, целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности и лесному хозяйству при Госплане СССР, где раскрылись способности Ивана Степановича при решении актуальных практических задач лесного хозяйства. В это время широко реализуются в практике не только его идеи и концепции, но значительные результаты исследований видных ученых. В частности, при лесовосстановительных работах и в связи с рубками широко используются теоретические и методические положения динамической типологии, типологии вырубков и др. Расширяются масштабы лесовосстановительных работ в стране с использованием современных методов и способов, предложенных наукой. Начиная с 1962 г. И.С. Мелехов одновременно работал заведующим кафедрой лесоводства и подсочки леса Московского лесотехнического института. Он показал себя блестящим педагогом. Большой опыт работы в академической науке, по руководству и организации отраслей народного хозяйства, значительный педагогический стаж позволяли ему проводить учебные занятия на высоком научно-методическом уровне. Его лекции вызывали огромный интерес у студентов, аспирантов и стажеров. Экскурсии по лесоведению и лесоводству, которые он проводил во время учебной практики в Щелковском учебно-опытном лесхозе, можно считать образцом для профессорско-

преподавательского состава лесоводов страны. Впечатления от них у многих выпускников института остались на всю жизнь. По учебникам И.С. Мелехова «Лесоведение» и «Лесоводство» учатся студенты всех лесных вузов России. Они будут полезны не только студентам, но еще не одному поколению специалистов лесного хозяйства. За учебник «Лесоведение» Иван Степанович награжден ВАСХНИЛ Золотой медалью им. Г.Ф. Морозова. В настоящее время подготовлено третье издание этих учебников, связанное со 100-летием со дня его рождения. Иван Степанович был активным членом специализированного совета по защите докторских диссертаций и ученого совета университета. К его мнению прислушивались, с ним считались члены совета, ректорат. Большая часть научной и педагогической деятельности (1968–1994 гг.) И.С. Мелехова совпала с благоприятной творческой обстановкой, сформировавшейся во время работы ректором МЛТИ (МГУЛ) проф. А.Н. Обливина.

На определенном этапе работы в МЛТИ (1965–1971 гг.) И.С. Мелехов возглавлял академическую лесную науку в качестве академика-секретаря отделения лесоводства и агролесомелиорации ВАСХНИЛ. Иван Степанович подготовил десятки докторов и кандидатов наук, многие из которых были или являются директорами научно-исследовательских институтов (академики РАСХН Н.И. Кожухов и Н.А. Моисеев, чл.-кор. РАСХН В.А. Рожков, доктор сельскохозяйственных наук А.И. Чилимов и др.).

В 1981 г. И.С. Мелехов был назначен главным редактором «Лесного журнала», на страницах которого обсуждаются важнейшие проблемы всех отраслей народного хозяйства, связанных с воспроизводством, использованием леса и переработкой его продуктов. Иван Степанович как главный редактор уделял большое внимание экологическим аспектам актуальных проблем лесного сектора. Его научная деятельность и труды хорошо известны за рубежом. В 1966 г. На IV Мировом лесном конгрессе он был избран вице-президентом конгресса. И.С. Мелехов являлся членом многих иностранных научных обществ и академий: почетным доктором Высшей сельскохозяйственной школы г. Брно, Чехословакия (1966 г.); иностранным членом Королевской Шведской академии сельского и лесного хозяйства (1968 г.); почетным членом Лесного общества Финляндии (1969 г.); Венгерской академии наук (1981 г.); исполнительного бюро IUFRO (ИЮФРО) (1986 г.).

Большим признанием заслуг И.С. Мелехова является награждение его орденами Ленина, Октябрьской Революции и др. Он избирался депутатом Верховного Совета СССР. Немаловажным событием того времени было присвоение ему звания заслуженного деятеля науки РСФСР (1967 г.).

Рассмотренная научно-педагогическая и общественная деятельность Ивана Степановича далеко не охватывает всех сторон его творчества. Он проявлял интерес также к историческим, экологическим, социально-экономическим и другим аспектам лесной науки.

И.С. Мелехов оставил богатое научно-педагогическое наследие (более 400 научных трудов, в том числе множество монографий, учебников,

---

учебных пособий). Ученики и последователи Ивана Степановича успешно развивают его идеи и концепции, реализуя их на практике. Академика И.С. Мелехова можно по праву назвать классиком отечественного и мирового лесоводства.

Московский государственный  
университет леса

*V.G. Sanaev*

**Ivan Stepanovich Melekhov – Outstanding Figure in Forestry  
of Modern Epoch**

---

УДК 061.6.75

*Н.А. Мусеев*

## НАУКА И ЛИЧНОСТЬ

Жизнь академика ВАСХНИЛ (РАСХН) Ивана Степановича Мелехова прошла в рамках бурного XX столетия, отмеченного для России такими памятными событиями, как первая мировая война, революция, гражданская война; «великий перелом» 30-х гг., связанный с коллективизацией сельского хозяйства и форсированной индустриализацией; вторая мировая война, ставшая для нашей страны Великой Отечественной; восстановление народного хозяйства в оккупированных районах и его подъем в масштабе страны; освоение космоса; наступивший в 80-е гг. период перестройки, приведший к переходу от социализма к реставрации капитализма, от которого промышленно развитые страны стали уже отходить; беспрецедентный обвал общественного производства и превращение страны из второй сверхдержавы в сырьевой придаток стран, определяющих «новый мировой порядок».

В этой хронологической цепочке событий почти две трети жизни Ивана Степановича были связаны с Архангельском – первым «окном в Европу» и с лесами Европейского Севера, которые, по его выражению, были принесены в жертву. После разрухи, вызванной гражданской войной, страна остро нуждалась в валюте для решения первоочередных проблем народного хозяйства. Издавна северный регион был экспортно-ориентированным, а Архангельск как крупнейший морской порт явился для страны «всесоюзной лесопилкой» и «валютным цехом». Сюда стягивались караваны плотов со всего Северо-Двинского бассейна и железнодорожные составы по Северной железной дороге, построенной позже дороге Архангельск – Карпогоры. Перебазирование лесозаготовок из малолесных и центральных районов в многолесные шло и на Европейский Север. Леса Архангельской области оказались первоочередным объектом этого крупномасштабного наступления.

Поэтому не случайно Архангельск в 1950-е гг. стал превращаться в крупнейший центр лесной науки и образования, в составе которого функционировали научные учреждения, практически отражавшие весь лесной сектор отраслей. Наряду с СевНИИПом, прикладным исследовательским институтом по лесозаготовительной промышленности, сюда из подмосковных Химок был перебазирован ЦНИИМОД как исследовательский центр по лесопильно-деревообрабатывающей промышленности. Уже тогда функционировал здесь и филиал ВНИИБа, обслуживавший практические запросы Архангельского и Соломбальского ЦБК. Позже к ним добавились строившийся Котласский ЦБК, а затем и Сыктывкарский ЛПК, на базе которых формировались крупные лесопромышленные комплексы, прообразы будущих лесных корпораций.

Именно из практической надобности была поддержана инициатива акад. И.С. Мелехова по созданию в Архангельске первого здесь академического научного центра – Института леса и лесохимии АН СССР, в состав которого вошли научные лаборатории по лесному хозяйству, подсочке и химической переработке, в том числе по целлюлозе, лигнину, экстрактивным веществам.

Многопрофильный лесной вуз – Архангельский лесотехнический институт (АЛТИ) – обеспечивал кадрами не только лесные предприятия с резко возросшими объемами производства, но и научные учреждения. Иван Степанович, уже много лет заведовавший кафедрой лесоводства, одновременно возглавил и новый научный центр, который он успешно формировал, используя научные кадры АЛТИ и привлекая специалистов из Ленинградской лесотехнической академии (ЛТА), тесными узами с которой был связан как ее выпускник. В числе приглашенных из ЛТА лиц был и я, только что закончивший там аспирантуру.

Научные исследования Ивана Степановича и коллектива ученых, которых он объединял и направлял, в первую очередь, затрагивали проблемы рубок, и прежде всего сплошных концентрированных, которые с 1950-х гг. стали основным способом промышленной эксплуатации не только в лесах Севера, но и в других многолесных районах, вошедших в орбиту освоения. Правила этих рубок на первых порах были весьма относительны. По мере последовательного примыкания ежегодных вырубок в процессе строительства лесовозных дорог оголялись громадные территории, резко изменяя всю природную среду и приводя к возникновению новых лесообразовательных процессов, принципиально отличных от имевших место при ранее предшествовавших им выборочных рубках и сплошных, но небольшими площадями. Надо было срочно разработать рекомендации по упорядочению этих рубок и способам лесовосстановления, чтобы по возможности предотвратить негативные последствия рубок и вернуть территории в хозяйственный оборот. Под руководством И.С. Мелехова формировались масштабные программы, которые широко обсуждались и выполнялись большой армией ученых научных учреждений не только Архангельска, но и других научных центров страны. Без преувеличения координирующая роль исходила из Архангельска. Именно на базе этих исследований Иваном Степановичем была разработана типология вырубок, а на ее основе рекомендации по способам восстановления леса на сплошных концентрированных вырубках.

И.С. Мелехов был очень активной фигурой, выделявшейся на общем фоне общественной жизни не только Архангельска, но и всей страны. Он был избран депутатом Верховного Совета СССР, что дало ему возможность расширить контакты. В период организации совнархозов в Архангельске – важнейшем в лесном секторе деловом центре страны – проводились многие всесоюзные совещания, конференции. Председатели Архангельского, а затем укрупненного Северо-Западного совнархоза проходили здесь стажировку как будущие министры: Г.И. Воронов, впоследствии министр лесного хозяйства РСФСР, и В.Н. Тимофеев – министр лесной промышленности

СССР. В Архангельск часто приезжал председатель Госкомитета СССР по лесной, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной промышленности и лесному хозяйству, легендарный министр Г.М. Орлов, многие годы до совнархозов возглавлявший лесную промышленность страны. Знакомясь с элитой Архангельска, он, естественно, не мог не заметить И.С. Мелехова, уже тогда выделявшегося из общей когорты ученых, и пригласил его своим заместителем для руководства не только лесным хозяйством страны, но и всей лесной наукой. Мне как заместителю директора института Иваном Степановичем был предложен пост директора; в этой должности я был связан с Госкомитетом и наблюдал через периодические командировки в Москву деятельность Ивана Степановича уже в его новой, более высокой роли.

То было время реформ Н.С. Хрущева, которые охватывали все сферы общественного производства. Руководство лесного комитета строило планы стратегического прорыва в лесном секторе экономики. В семилетнем народнохозяйственном плане (1959–1965 гг.) по лесной промышленности и лесному хозяйству страны в дополнение к ранее объявленному курсу на север добавился курс на восток. В Политбюро ЦК КПСС уже тогда была намечена великая стройка – Байкало-Амурская магистраль (БАМ) и в привязке к ней строительство крупнейших лесопромышленных комплексов – Братского, Усть-Илимского и др. На севере европейской части к ним добавились Котласский ЦБК, Сыктывкарский ЛПК и др. Общий подъем в развитии и кардинальная перестройка всей структуры лесного сектора требовали расширения научной, образовательной и проектной деятельности.

Для целенаправленного планирования и реализации этих сфер деятельности в лесном комитете проводились многочисленные крупные совещания и конференции, на которых собирались и общались ученые, специалисты и работники органов управления всех лесных отраслей. И.С. Мелехов в составе этого весьма деятельного всесоюзного штаба лесной науки и практики организовывал и проводил всесоюзные совещания по разным аспектам развития научной деятельности, в особенности по повышению продуктивности лесов, рационализации их использования, охраны и защиты. Не следует забывать, что проблема борьбы с лесными пожарами всегда была на первом плане. А Иван Степанович был не только лесоводом, но и пирологом: ведь его докторская диссертация была посвящена пирологии.

«Оттепель» Н.С. Хрущева сменилась иным политическим режимом. От совнархозов вернулись к отраслевой системе управления. В 1966 г. были образованы отдельные по лесному хозяйству и лесной промышленности органы управления. Разделились по этим ведомствам научные и проектные институты. Иван Степанович как академик ВАСХНИЛ возглавил отделение лесоводства и агролесомелиорации академии. До этого он уже заведовал кафедрой лесоводства в Московском лесотехническом институте, оставаясь на этом посту почти до конца своей жизни. По имеющимся источникам, тогда ему предлагали возглавить вновь образованный комитет по лесному хозяйству, но он отказался, сосредоточившись на научной, образовательной, общественной и международной деятельности. Много лет И.С. Мелехов был

главным редактором «Лесного журнала», заботясь о его содержании и качестве. По складу характера он органично сочетал различные виды деятельности. Не обо всех названных аспектах можно написать в одной статье. Добавим, что и после работы на посту зам. председателя объединенного по всем отраслям лесного комитета он руководил научно-техническим советом союзного комитета лесного хозяйства, затем Министерства лесного хозяйства РСФСР, что подчеркивает его роль как лидера лесной науки того времени.

И.С. Мелехов принимал участие в мировых лесных конгрессах, на одном из них (в Испании) был вице-президентом и вел заседания. Вместе с ним мне посчастливилось принимать участие в Международном лесном конгрессе IUFRO в 1971 г. (США, штат Флорида, г. Гейнсвилл). Он был членом исполкома этой международной лесной исследовательской организации, за активное участие в ее деятельности удостоен звания почетного члена IUFRO. Иван Степанович был иностранным членом Королевской Шведской академии сельского и лесного хозяйства, Венгерской академии наук, почетным членом Финского научного лесного общества, почетным доктором университета в Брно и других научных учреждений. За научные заслуги в области лесоведения он удостоен Золотой медали им. Г.Ф. Морозова.

Для меня Иван Степанович – наставник. Первую большую стажировку под его руководством я прошел как председатель научного студенческого кружка по лесоводству в тот короткий период, когда он заведовал кафедрой лесоводства ЛТА. По совету Г.П. Мотовилова, бывшего министра лесного хозяйства СССР и моего оппонента по кандидатской диссертации, Иван Степанович пригласил меня в организуемый им в Архангельске Институт леса и лесохимии АН СССР (1957 г.), в котором под его руководством я прошел последовательно все ступени научной иерархии от младшего научного сотрудника до директора института. При мне формировался коллектив института. Я видел деятельность И.С. Мелехова во всех ее проявлениях. Переехав в Москву, я продолжал с ним контактировать, тем более в рамках ВАСХНИЛ, а затем РАСХН, где мне довелось быть академиком-секретарем отделения лесного хозяйства и агролесомелиорации, вместе с коллегами участвовать в деятельности академии. Я видел весьма уважительное отношение к Ивану Степановичу как лидеру лесоводства со стороны академиков других отделений. На общих собраниях академии всегда прислушивались к его словам, принимая их во внимание при вынесении решений.

Среди всех ипостасей И.С. Мелехова главные – ученый, педагог, организованный труженик. В центре его многосторонней деятельности была исследовательская. Она включала вопросы рубок и возобновления, лесной пирологии, анатомии древесины, истории науки. Обобщением его трудов, число которых превысило три сотни, явились многие монографии и капитальные учебники по лесоведению и лесоводству, переиздававшиеся не раз в последние годы. Большой стол в кабинете его квартиры (а мне приходилось бывать у него не только по торжественным случаям) всегда был зава-

лен стопками материалов, стены сплошь уставлены полками с книгами. Складывалось впечатление, что он как ученый и писатель ни дня не проводил «без строчки», хотя, конечно, бывал и в многочисленных командировках. Даже уже в преклонном возрасте, на девятом десятке, он отправлялся в длительные поездки на машине (например в леса Орловской области) и вместе с другими, более молодыми, шагал по склонам и лесам, обсуждал опыты на стационарах.

Почти до последних дней он ездил на электричке в МГУЛ. Как-то при очередной встрече я спросил его о самочувствии. Иван Степанович сказал: «Так-то вроде бы и ничего. Но вот недавно ураганным ветром сорвало шляпу с моей головы, так я еле догнал ее на платформе».

В последние годы И.С. Мелехов писал и мемуары. Первую рукопись о родном Севере он читал нам в санатории под Пушкино, где мы вместе отдыхали. Это – прекрасное откровение, написанное рукой человека, искренне любящего свою малую родину и свою науку.

Нам, ученым, поколениями сменяющим друг друга, очень важно не прерывать связи по вертикали времени, не забывать, что крепость и сила науки – в тех стержневых исторических корнях, которые объединяют всех в общем древе науки с матерью землей, на которой тысячелетиями накапливается опыт человечества. Мы учимся друг у друга, у тех, кто старше нас, и тех, кого уже нет, но кто оставил плоды своих трудов и размышлений.

И.С. Мелехов – крупная личность в науке, лидер в области лесоведения и лесоводства второй половины XX столетия. Он был и остается для многих из нас, многочисленных его учеников и всех других, прекрасным примером беззаветного служения своей стране, народу, лесной науке.

Московский государственный  
университет леса

Поступила 28.03.05

*N.A. Moiseev*

**Science and Personality**

---

УДК 061.6.75

*Б.Н. Уголев*

## **ИВАН СТЕПАНОВИЧ МЕЛЕХОВ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ**

Многогранная научная деятельность И.С. Мелехова включала вопросы древесиноведения. Ранее нам уже представилась возможность на «Мелеховских чтениях» 1995 г. в МГУЛ и на страницах «Лесного журнала» (1995, № 6) достаточно подробно осветить работы Ивана Степановича в этой области. Проходят годы, и все более явным становится масштаб личности Ивана Степановича Мелехова как выдающегося ученого и деятеля отечественного высшего лесного образования.

С юных лет, начав работать в качестве «переборщика» досок на бирже лесопильного завода в летние сезоны 1914–1916 гг., И.С. Мелехов приобрел первичный опыт общения с объектом древесиноведения. Уже вторая в списке трудов работа «О качестве северной сосны» (1932) и другие работы 1930-х гг. поставили его в один ряд с учеными, сформировавшими древесиноведение как науку и учебную дисциплину. Этот процесс интеграции результатов исследований и образовательных программ возник в нашей стране в начале прошлого века. В лесном деле у его истоков стояли Г.Ф. Морозов, С.И. Ванин, Л.М. Перельгин. Так, Л.М. Перельгин любил говорить, что древесиноведение – это двуликий Янус, одна сторона которого обращена к лесному хозяйству, а другая к лесной промышленности.

Двадцатилетний Мелехов, приехав в 1925 г. в Ленинградскую лесотехническую академию, под впечатлением от вводной лекции М.Е. Ткаченко решил поступить на лесохозяйственный факультет, а не на отделение механической обработки древесины технологического факультета, как ему настоятельно рекомендовали, учитывая его уже имевшуюся профессиональную подготовку и «рабочий стаж». Возможно, размышления при выборе жизненного пути в дальнейшем проявились и в его интересе к древесиноведению.

После окончания в 1930 г. ЛТА Иван Степанович начал работать в Архангельском лесотехническом институте, но не прерывал связи с альма-матер и часто приезжал работать на разные кафедры академии. Здесь он сотрудничал и с крупнейшим анатомом и физиологом древесных растений Л.А. Ивановым (впоследствии чл.-кор. АН СССР).

Близкая дружба связывала И.С. Мелехова с С.И. Ваниным. В своих интересных воспоминаниях о Лесотехнической академии Иван Степанович очень тепло отзывается об этом ученом – организаторе кафедры древесиноведения и авторе первого учебника, подчеркивая его «исключительную доброту и скромность, готовность помочь людям», «искреннюю, не показную демократичность». По рекомендации С.И. Ванина на кафедре целлюлозно-бумажного производства, в лаборатории бумаги, И.С. Мелехов впервые в нашей стране провел сравнительные исследования прочности на растяжение

ранней и поздней древесины годичных слоев древесины ели и лиственницы. С.И. Ванин был одним из официальных оппонентов (два других: акад. В.Н. Сукачев и проф. М.Е. Ткаченко) докторской диссертации И.С. Мелехова, блестяще защищенной в 1944 г. в Свердловске.

Позднее Иван Степанович в течение многих лет находился в дружеских отношениях с другим древесиноведом, проф. ЛТА А.А. Яценко-Хмелевским. Этому ученому с мировым именем в области анатомии древесины в воспоминаниях отведено значительное место в связи с совместным участием на VI Мировом лесном конгрессе (Мадрид, 1966 г.), на котором И.С. Мелехов возглавлял делегацию нашей страны, на VII Международном ботаническом конгрессе в Ленинграде (1975 г.), где А.А. Яценко-Хмелевский был вице-президентом. Ивана Степановича восхищала образованность А.А. Яценко-Хмелевского, свободное владение французским и английским языками, великолепное эпистолярное творчество. Под словами «читать его письма, написанные с глубоким знанием русского языка, изяществом стиля и тонким юмором, было наслаждением» могут подписаться многие.

Основная направленность древесиноведческих исследований И.С. Мелехова, подчеркивающая связь между строением древесины и ее физико-механическими свойствами, нашла развитие в работах его учеников и других многочисленных отечественных и зарубежных ученых.

Во время работы И.С. Мелехова в МЛТИ – МГУЛ я ощущал его постоянный интерес к проблемам древесиноведения. Он поддержал мое участие в конференции Международной академии древесиноведения в Баньске-Быстрице в 1975 г. по свойствам древесины лиственных пород, давал очень полезные советы и консультации при написании учебника по древесиноведению для вузов. По предложению Оргкомитета И.С. Мелехов вел пленарное заседание I Международного симпозиума «Строение, свойства и качество древесины» (Москва – Мытищи, 1990 г.). На IV симпозиуме Регионального координационного совета по древесиноведению (РКСД) в С.-Петербурге в 2004 г. участвовали многие ученики и последователи Ивана Степановича, среди них его сын, заведующий кафедрой древесиноведения и тепловой обработки древесины АГТУ, проф. В.И. Мелехов.

Уделяя большое внимание развитию древесиноведения в нашей стране, И.С. Мелехов всемерно поддерживал публикацию статей в соответствующей рубрике «Лесного журнала», главным редактором которого он состоял долгое время. По его инициативе журнал систематически помещает информации о сессиях и симпозиумах РКСД, а также о других древесиноведческих форумах.

На протяжении многих лет в беседах с Иваном Степановичем мы затрагивали разные проблемы высшего лесного образования в России, с удовлетворением отмечая взаимопонимание и единство взглядов. Я вполне солидарен с его мнением о высоком авторитете большинства профессоров, о том, что «преподаватель высшей школы – это не только педагог, но и ученый и даже больше ученый, чем педагог». Тезис о том, что древесиноведе-

ние как научная дисциплина сформировалось после начала преподавания в учебных заведениях, был развит в нашем (с В.Г. Санаевым) докладе на Международном симпозиуме по древесиноведению ИАВС и ИАВА в Монпелье в 2004 г.

Мы сходились с Иваном Степановичем во мнениях, что студенты наших вузов должны лучше владеть английской лесной терминологией. В то же время нельзя допускать бездумного, буквального перевода на русский язык иностранных терминов в ущерб сложившейся в течение многих лет отечественной терминологии. К сожалению, в последних изданиях справочной литературы эта тенденция заметно проявляется. Например, вместо термина «метик» употребляется «сердцевинная трещина», вместо «пороков древесины» – «признаки древесины» и т. д. Надо бережно относиться к таким народным терминам, как «живица», «крень», «пасынок» и др., прочно вошедшим в научный древесиноведческий лексикон и практику.

При общении с Иваном Степановичем всегда ощущалась его преданность делу всей жизни. За два месяца до кончины он подарил мне свою книгу «О родном Севере», в которой предстал как певец Архангельского Севера, Двинской земли. Эта книга помогает лучше понять процесс становления выдающегося ученого, педагога и популяризатора науки.

Имя Ивана Степановича Мелехова навсегда сохранится в истории развития отечественной лесной науки и высшего лесного образования.

Московский государственный  
университет леса

Поступила 24.03.05

*B.N. Ugolev*

**Ivan Stepanovich Melekhov and Wood Science**

---

УДК 061.6.75

*В.Ф. Цветков*

### ПАМЯТИ ИВАНА СТЕПАНОВИЧА МЕЛЕХОВА

Со знаменательным 100-летним юбилеем И.С. Мелехова совпадает 75-летие кафедры лесоводства и почвоведения Архангельского государственного технического университета, к созданию которой юбиляр имел прямое и непосредственное отношение. Вернувшись в Архангельск в апреле 1930 г. после окончания Ленинградской лесотехнической академии, молодой специалист начал работать в качестве ассистента организованной его учителем – профессором М.Е. Ткаченко – кафедры лесоводства в только что открытом Архангельском лесотехническом институте. По существу с первых же дней работы ассистент Мелехов оказался в гуще кафедральных дел, поскольку Ткаченко, выполнив задачу, отбыл в Ленинград, вручив все дела «Большому Ивану».

И.С. Мелехов сразу приобщился к науке. Уже в 1930–1934 гг. он участвовал в нескольких экспедициях кафедры лесоводства, исследовал лесовозобновление на гарях Ломоносовского лесничества, изучал горельники Северного лесного опытного лесничества. На материалах этих экспедиций возрастал интерес Ивана Степановича к проблемам лесовозобновления, лесных пожаров, качества древесины северных хвойных пород. Написанная им в 1932 г. книга «Охрана лесов от пожаров» переиздавалась пять раз. Широкое распространение получили разработанные ученым классификация пожаров и гарей, а также систематизация пожарных повреждений древостоев.

Изучая возобновление на гарях, И.С. Мелехов вскрыл интересную природную особенность ели: эта порода нередко выступает в роли пионера наравне с неприхотливыми осинкой и березой. Источниками семян ели служат фрагменты логовых и приручейных насаждений, уцелевших при пожаре, урочища логов выполняют роль своеобразных рефугиумов ели.

В начале 1930-х гг. Иван Степанович занимался также исследованиями физико-механических свойств древесины северных сосны и ели. Эта проблема возникла в связи с распространением в лесоэкспортных кругах Запада (наверняка с подачи конкурентов) мнения о низком качестве древесины на Севере России. Выполненные на серьезном профессиональном уровне анализы не только опровергли домыслы, но показали несомненные достоинства древесины сосны и ели на Европейском Севере в сравнении с древесиной средних широт.

Важным вкладом в лесоведение явились исследования (в начале – середине 1940-х гг.) лесовозобновления в нижневыхгодских и верхнедвинских сосняках, пройденных пожарами в 1920–1930 гг. Были подтверждены догадки российского лесоведа Э. Шабака и шведских ученых (Zakrisson и др.) о наличии связи «волн возобновления» сосны с пожарами. Обстоятельный анализ материала, обширного как по географии, так и по характеру

условий, давности и «скоротечности» огневого воздействия, позволил И.С. Мелехову четко дифференцировать послепожарный период по лесоводственным процессам частного порядка. Выделенные этапы лесовозобновления характеризуются не только численностью и породным составом молодого поколения (участием сосны), но также различаются потенциалом жизненного состояния генераций сосны. Позднее идеи детерминации жизненного потенциала подростов давностью пожара получили развитие в работах последователей и учеников Ивана Степановича.

Знаменательной вехой в развитии таежного лесоводства в России явилось учение И.С. Мелехова о типах вырубок. Широкое внедрение в лесопользование сплошных концентрированных рубок, наряду с рядом позитивных моментов, повлекло за собой существенное осложнение в середине 1930-х гг. проблемы воспроизводства лесных ресурсов. Наряду с вопросами нарушения почвенного покрова и гидрологических условий местообитаний при трелевке тракторами и лебедками внимание ученого привлекло элиминирующее воздействие на древесную растительность заболачивания и залужения сплошных вырубок.

Идеи И.С. Мелехова о систематизации вырубок по лесорастительным условиям и потенциалу лесовозобновления на основе закономерностей изменений нижних ярусов растительности после сведения древесного яруса родились под влиянием развивавшихся в начале XX в. учений о лесной фитоценологии и биогеоценологии. И.С. Мелехов проявил себя последовательным сторонником идей известных ученых – высококлассных натуралистов – эколога Ф. Клементса, ботаника С.И. Коржицкого, первого русского ученого лесоведа Г.Ф. Морозова, эколога А. Тэнсли и их последователя биогеоценолога В.Н. Сукачева. Побудительным мотивом «выхода» на лесоводственно-геоботаническую типологию вырубок послужили запросы практики. В связи с внедрением концентрированных рубок вставал вопрос о выборе способов лесовосстановления.

Типология вырубок обеспечивала упорядочение участков исходных насаждений, обезлесенных разной давности и производных лесных сообществ в рамках однородных лесорастительных условий. Новая типология существенно помогала в планировании лесовосстановительных мероприятий. В условиях хозяйствования 1950–1980 гг. тип вырубки с достаточной достоверностью выводил на определенную траекторию лесовозобновления. На принципах типологической классификации вырубок выросло не одно поколение лесоводов, последователей и учеников И.С. Мелехова. Это учение послужило мощным стимулом развития представлений о сложной природе лесовосстановительных процессов после сплошнолесосечных рубок.

Существенным вкладом в лесоведение являются работы И.С. Мелехова в области динамической типологии лесов. Долгое время тип леса рассматривался в лесоводстве как явление только пространственное. Суждения В.Н. Сукачева о динамике лесных биогеоценозов не были известны практикам. Очевидно, на начальных этапах познания разнообразия лесов статическое рассмотрение типов леса было закономерным. В середине 1960-х гг.

жесткие статические рамки видения леса стали сдерживать дальнейшее познание его природы. Интенсивное промышленное освоение лесов с применением концентрированных сплошных и условно сплошных рубок вызвало кардинальную смену пород (сосняков и ельников – березняками, а местами осинниками). Коренные типы леса сменялись временными или производными. Происходили масштабные изменения гидрологического режима не только вырубок, но и остающихся на корню коренных насаждений. Время от времени в разных районах России начинали распадаться массивы еловых лесов. Местообитания усыхающих ельников заселялись березой, обеспечивающей в последующем воспроизводство новых оздоровленных генераций ели. Практика убедительно показывала: формирование новых насаждений после сплошных рубок проходит разными путями, в том числе через смену пород, а также через образование промежуточного лесного недревесного биогеоценоза – вырубки. Наблюдения и обобщение результатов исследований отечественных и зарубежных ученых убедили И.С. Мелехова рассматривать тип леса как совокупность этапов, серию ряда промежуточных и лесных стадий возникновения и развития новых насаждений («Динамическая типология», 1968; «Лесоведение и лесоводство», 1976; «Динамическая типология леса», 1989 и др.). По И.С. Мелехову, процессы формирования и развития типа леса могут протекать в разных направлениях и с разной скоростью в зависимости от коренных лесорастительных условий и степени антропогенного воздействия на природу леса. Здесь многие положения динамики типов леса «перекликаются» с идеями генетической типологии.

Заведующим кафедрой АЛТИ И.С. Мелехов оставался до 1961 г. Под его руководством сформировался сам «дух» кафедры, одной из ведущих в институте. Сотрудников кафедры всегда отличали высокая квалификация и эрудиция, целеустремленность и ответственное отношение к делу. На работу привлекались грамотные и опытные производственники, специалисты лесного хозяйства. Через аспирантуру шла подготовка собственных кадров.

Кафедра постоянно занималась научной работой, в которой активное участие принимали студенты и преподаватели. Школу лесоводственных исследований, приобщение к лесным проблемам страны под руководством И.С. Мелехова прошли многие сотрудники кафедры. Среди учеников Ивана Степановича, достойно представлявших кафедру долгие годы, Н.Н. Качалов, Н.Н. Пленин, Т.А. Мелехова, Т.А. Алышева, А.А. Чураков, В.А. Бердников, П.В. Стальская, Д.А. Усова, А.С. Козобродов, Л.А. Крупеникова и др. На кафедре под руководством Ивана Степановича работали известные специалисты-лесоводы и почвоведы С.В. Алексеев, И.М. Стратонович, Д.С. Скипа, Ф.И. Фомин, И.С. Войчал, П.Н. Львов, В.Г. Орфанитская и др.

Основу учебно-методической базы кафедры составляли материалы, собранные непосредственно в лесу в многочисленных исследовательских экспедициях. Это делало учебный процесс особенно наглядным, приобщенным к жизненно важным проблемам таежных лесов. Существенно, что ру-

ководитель кафедры, постоянно сам занимаясь проблемами практического лесоводства, настраивал сотрудников кафедры на решение нужд лесного хозяйства.

Архангельский государственный  
технический университет

Поступила 07.04.05

*V.F. Tsvetkov*

**In Memory of Ivan Stepanovich Melekhov**

---

УДК 630\* 902.1

*О.А. Харин, Н.И. Кожухов, В.И. Обыденников, Е.П. Сергеева*

Кожухов Николай Иванович родился в 1938 г, окончил в 1961 г. Куйбышевский сельскохозяйственный институт, доктор экономических наук, профессор, декан экономического факультета, заведующий кафедрой экономики и организации ВЭС Московского государственного университета леса, заслуженный экономист РФ, академик РАСХН. Имеет более 300 научных работ в области экономики и управления отраслями лесного комплекса.



Обыденников Виктор Иванович родился в 1939 г, окончил в 1964 г. Приморский сельскохозяйственный институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой лесоводства и подсоски леса Московского государственного университета леса. Имеет около 140 печатных работ в области лесоведения и лесоводства.



### **НАУЧНАЯ ШКОЛА АКАДЕМИКА РАСХН (ВАСХ-НИЛ) ИВАНА СТЕПАНОВИЧА МЕЛЕХОВА**

Рассмотрены основные направления научной школы акад. И.С. Мелехова, продолжение и развитие его идей учениками и последователями.

*Ключевые слова:* Иван Степанович Мелехов, научная школа.

15 сентября 2005 г. исполняется 100 лет со дня рождения И.С. Мелехова, выдающегося деятеля лесной науки России, которого по праву можно отнести к блестящей плеяде классиков отечественного лесоводства. Одним из результатов его научной и педагогической деятельности явилось создание научной школы широкого диапазона. Лесоведение, лесоводство, экология, лесная пирология, ботаника, география, селекция, история науки, лесное хозяйство в целом – области, в которых им получены существенные научные и практические результаты. В одной статье трудно рассмотреть все многогранные достижения этой школы, поэтому остановимся на наиболее значимых областях ее применения. Прежде всего, следует отметить такие направления научной школы, как проблемы повышения продуктивности лесов, динамической типологии леса, учение о типах вырубок, вопросы экологической анатомии древесины, лесной пирологии и истории лесной науки.

Повышение продуктивности лесов – важная лесохозяйственная проблема, которой И.С. Мелехов занимался более 30 лет. Он вложил в нее свои оригинальные мысли, идеи и сделал большой вклад в приближение теорети-

ческой базы проблемы к ее практическому воплощению. Выделенные им понятия древесной, биологической, экологической и комплексной продуктивности лесов в настоящее время приняты критериями экологической сертификации лесоводственных систем, имеющими важное значение в практике экологической экспертизы [19, 20].

И.С. Мелеховым разработана система повышения древесной продуктивности [10, 13], которая включает четыре направления:

- I – рациональное использование лесов и борьба с потерями;
- II – ускорение роста лесов путем воздействия на условия их произрастания;
- III – ускорение восстановления и формирования древостоев;
- IV – создание, обновление и улучшение состава древостоев путем введения быстрорастущих, высокопродуктивных, устойчивых древесных пород.

Каждое из этих направлений складывается из ряда различных мероприятий и подходов (см. таблицу). Успех каждого из них связан с правильностью лесопользования. Система мероприятий, предложенная И.С. Мелеховым, получила одобрение на VI Мировом конгрессе (1966 г.), высоко оценена учеными и практиками лесного хозяйства России. Эта система явилась научной и практической основой ведения лесного хозяйства на разных уровнях (федеральный, региональный, местный).

И.С. Мелехов впервые ввел понятие об экологической продуктивности лесов [17], которая, по его мнению, определяется оценкой их средообразующей роли, защитных свойств, возможностей техногенных, рекреационных и других нагрузок. Она связана с биологической продуктивностью, в частности с продуцированием кислорода [17, 19]. Идеи и концепции И.С. Мелехова, касающиеся повышения продуктивности лесов, успешно развивают ученики и последователи его научной школы (академики РАСХН Н.И. Кожухов, В.А. Ипатьев, Н.А. Моисеев, А.И. Писаренко, чл.-кор. РАСХН М.В. Рубцов, акад. РАЕН Н.А. Луганский, О.А. Харин, Ф.В. Кишенков, В.С. Чуенков, Н.Г. Васильев, С.В. Залесов, А.Ф. Хайретдинов, В.К. Хлюстов, В.К. Тепляков и др.), реализуются в практике лесного хозяйства. Иван Степанович указывал на большие трудности при определении показателей экологической продуктивности. В связи с этим представляют несомненный интерес результаты научных исследований д-ра с.-х. наук К.М. Габдрахимова [2], предложившего ряд количественных показателей экологической продуктивности лесов применительно к условиям Южного Урала (в частности Башкирии).

Акад. И.С. Мелехов успешно развивал динамическую типологию – современное научное направление в типологии леса. Тип леса он рассматривал не только в пространстве, но и во времени. Современная типология леса не может не считаться с возросшим многообразием воздействия человека на лесные биогеоценозы и должна рассматриваться как динамическая [10, 12, 15]. Эти воздействия могут иметь разный характер (рубки, пожары,

**Система мероприятий по повышению древесной продуктивности  
(по И.С. Мелехову)**

Направления			
I. Рациональное использование лесов и борьба с потерями	II. Ускорение роста лесов путем воздействия на условия их произрастания	III. Ускорение восстановления и формирования древостоев	IV. Создание, обновление и улучшение состава древостоев путем введения быстрорастущих и высокопродуктивных устойчивых древесных пород
1. Правильное лесопользование 2. Комплексное своевременное и более полное использование древесины 3. Перевод дровяной древесины в технологическое сырье 4. Использование отходов лесозаготовок 5. Уменьшение потерь при транспортировке и переработке древесины 6. Активная охрана лесов от пожаров 7. Борьба с потерями, вызванными насекомыми и грибными заболеваниями, ветровалами и т. д.	1. Лесоосушительные мелиорации: а) осушение заболоченных лесов; б) осушение болот; в) улучшение гидрографической сети 2. Введение почвоулучшающих древесных, кустарниковых и травянистых растений 3. Использование смены пород 4. Внесение удобрений 5. Использование рубок для улучшения микроклимата и почвенных условий	1. Сохранение молодняка при лесозаготовках 2. Подбор главных пород в соответствии с их биологией и условиями среды 3. Применение способов рубки, обеспечивающих быстрое возобновление главной породы 4. Своевременное облесение выруб, гарей, пустошей с учетом их лесорастительных условий 5. Уход за молодняками и более старшими поколениями леса, воспитание и формирование древостоев целевого назначения рубками ухода	Внедрение быстрорастущих инорайонных и местных пород с учетом: 1) внутривидового и экологического разнообразия: быстрорастущие, морозостойкие, засухоустойчивые, солеустойчивые, смолопродуктивные, формы, мало подверженные загниванию, виды и формы с высокими механическими свойствами древесины и ее элементов; 2) современной и потенциальной значимости

мелиорации и др.). Изменения, вызванные антропогенным воздействием, лучше всего учитываются динамической типологией леса. В связи с этим большое научное и практическое значение приобретает разработанная И.С. Мелеховым общая принципиальная схема формирования типов леса под влиянием антропогенных факторов [15]. Так, изменения в связи со сплошными рубками могут приводить к разным последствиям. В одних случаях

после них образуются безлесные этапы (типы вырубков), предшествующие образованию леса. Они изучаются типологией вырубков. Типы леса могут формироваться и минуя этап типа (без изменения или с изменением породного состава) древостоя. Это возможно, в частности, при высокой сохранности подроста во время разработки лесосек при сплошных рубках.

И.С. Мелехов [15] предложил на практике различать этапы одного или разных типов леса. Этапы (обычно возрастные) одного и того же типа он выделял при формировании типа без заметных изменений состава, при резких изменениях нижних ярусов, особенно живого напочвенного покрова. Следовательно, он определил критерии для установления временных границ типа леса. Динамическая типология получает все большее признание [1, 4, 22–25 и др.].

Наиболее динамичными (и одновременно обособленными) являются этапы, наступающие сразу после удаления древостоя сплошными рубками или пожарами. Этап, наступающий после рубки, называется типом вырубки. Учение о типах вырубки создано акад. И.С. Мелеховым [11]. Оно является составной частью динамической типологии и в то же время имеет самостоятельное значение. Если необходимость в классификации леса, отмечал И.С. Мелехов [10, 11], возникла в основном в связи с задачами инвентаризации лесов, то потребность в типологии вырубков появилась в связи с задачами изучения природы сплошных вырубков в целях их своевременного лесовосстановления. Типология вырубков является современной научной основой лесовосстановления. На ее теоретической основе решаются также вопросы частного лесоводства, создание лесных культур, лесоводственно-экологическая оценка применяемой техники и технологии и лесосечных работ, восстановления дикорастущих ягодников, определения размера главного пользования лесом, таксации леса и вырубков, а также другие важные задачи лесного хозяйства. В связи с комплексным, биогеоценотическим понятием типа вырубки [17] исследования природы вырубков на типологической основе проводились лесоводами, ботаниками, геоботаниками, географами, почвоведом, микробиологами и представителями других областей науки. Следует отметить первых учеников И.С. Мелехова, под руководством которого начались обширные исследования типов вырубков на севере европейской части России. Это П.В. Голдобина, А.В. Патранин, В.Г. Чертовской, Л.И. Корконосова и др. Последние два его ученика были соавторами первого и второго изданий методических указаний по изучению концентрированных вырубков [18], которые широко использовались как в научных исследованиях, так и в практике лесного хозяйства нашей страны.

Тип вырубки, по мнению И.С. Мелехова [11], – явление географическое. Всестороннее изучение типов вырубков, начатое в лесах европейской части России, способствовало расширению исследований и в других районах. Среди последователей И.С. Мелехова следует отметить, прежде всего, защитивших кандидатские или докторские диссертации или впервые изучивших и описавших типы вырубков в различных регионах России. Это В.Г. Чертовской, Н.И. Кожухов, В.И. Обыденников, А.С. Тихонов, Г.В. Гуков,

Ю.И. Манько, Е.Д. Солодухин, Р.С. Зубарева, Л.И. Корконосова, И.И. Марадудин, Д.Ф. Ефремов, В.С. Воронова, Н.И. Михеев, В.Н. Нилов, А.С. Творогова, В.Ф. Рылков, Г.А. Чибисов, В.Ф. Цветков, Ю.П. Хлонов и многие другие.

На основе принципиальной схемы формирования типов вырубок в связи с типами леса И.С. Мелехова [15], ставшей классической, разработан ряд региональных схем для зоны смешанных лесов Русской равнины, Урала, Сибири, Дальнего Востока и др. По типологии вырубок накопился солидный научный багаж. Опубликован библиографический указатель литературы в четырех изданиях. В 1959 г. под редакцией И.С. Мелехова вышел сборник статей «Основы типологии вырубок и ее значение в лесном хозяйстве» [21], в котором приведены результаты комплексных исследований его первых учеников. Большая часть материалов исследований, проведенных под руководством И.С. Мелехова в Северном отделении Института леса АН СССР (и отчасти в Архангельском лесотехническом институте), была доложена и одобрена на совещании по типологии вырубок 14–15 апреля 1958 г. (при Северном отделении Института леса АН СССР).

В 1989 г. под редакцией И.С. Мелехова вышел сборник научных трудов «Динамическая типология леса» [3] с участием большого количества авторов, представлявших различные регионы страны. Материалы сборника служат убедительной иллюстрацией практической значимости динамической типологии леса – современного научного направления, связанного с именем И.С. Мелехова. В связи с усиливающимся антропогенным влиянием на лес значение динамической типологии возрастает.

Акад. И.С. Мелехов внес существенный вклад в экологическую анатомию древесины, который высоко оценил А.А. Яценко-Хмелевский. И здесь выкристаллизовалось своеобразное научное направление – лесоводственно-экологическая анатомия древесины. В начале 1930-х гг. в публикации «О качестве северной сосны» [6] Ивану Степановичу пришлось «заступить» за нашу северную сосну, престиж которой на мировом рынке пытались подорвать. В этой работе им научно обосновано высокое качество архангельской сосны, показано влияние типов леса и других факторов на анатомическое строение древесины сосны и впервые поставлена задача целевого характера – выращивание древесины определенного качества путем лесоводственного воздействия на основе глубокого изучения формирования древесины в разных условиях. В 1934 г. вышла работа «Древесина северной сосны» [7], затем проведены и другие исследования. Убедительно доказанная И.С. Мелеховым взаимосвязь качества древесины и ее технических свойств с условиями произрастания привлекла к себе внимание, у него появились ученики и последователи. К ним следует отнести жену и соратника академика Т.А. Мелехову, изучавшую формирование древесины сосны на Севере. В условиях Московской области этой проблемой занимались Т.К. Коваленко, В.Д. Ломов, в Костромской области – И.И. Степаненко, в Херсонской области – Е.П. Сергеева, в Крыму – А.Г. Савченко. Результаты исследований позволили выявить следующую закономерность: пробуждение

камбия на высоте 1,3 м у сосны в спелых и приспевающих древостоях Мурманской области начинается в первой декаде июня, Архангельской – в конце мая – начале июня, Ярославской и Московской – второй – третьей декаде мая, Херсонской – в конце апреля – начале мая [15]. И.С. Мелеховым установлено, что на Севере (широта  $64^{\circ}20'$ ) в сосняке-брусничнике активность камбия у хорошо освещенных деревьев в разреженных древостоях проявляется в конце июня, а у деревьев из сомкнутого, не подвергнутого рубке древостоя – в начале июля. Для древостоев же лишайникового бора разница в пробуждении камбия достигает трех недель [17].

Экологическая анатомия характеризуется единством взглядов на древесину как на продукт природы. Качество древесины определяется совокупностью экологических условий, в которых она формируется. Привлечение анатомических методов для решения экологических и лесохозяйственных вопросов получает все большее распространение в лесоводстве. Своеобразен подход И.С. Мелехова к изучению не только строения древесины, но и динамики формирования годичного кольца в связи с экологическими и географическими условиями.

И.С. Мелехова по праву считают основоположником и классиком лесной пирологии. Его первые публикации на эту тему относятся к 1933 г. Сначала они касались борьбы с грозной природной стихией, популяризации мер охраны лесов от пожаров. Затем И.С. Мелехов разработал теоретические основы лесной пирологии. Серьезное значение он придавал выявлению взаимосвязи пожаров с природой объекта горения – самого леса, что нашло отражение в его работе «Природа леса и лесные пожары» [8]. В 1944 г. И.С. Мелехов успешно защитил докторскую диссертацию по проблемам лесной пирологии. Большим шагом в развитии этого учения явились выделение сезонов лесных пожаров и построение географической схемы лесопожарных поясов, имеющие практическое значение. Новыми стали исследования пожарной травматологии леса, анатомических изменений в древесине под влиянием лесных пожаров. Ученый определил содержание лесной пирологии и сформировал ее задачи. Большое число публикаций, посвященных природе лесных пожаров и их последствиям, борьбе с ними, имеют теоретическое и практическое значение. И.С. Мелеховым издано пять выпусков учебного пособия по лесной пирологии для студентов лесных вузов (1978–1979 гг.), которые в настоящее время переиздаются в связи со 100-летием со дня его рождения. Лесная пирология тоже олицетворяет научную школу И.С. Мелехова, включающую большое количество учеников. Среди них д-ра с.-х. наук Г.А. Мокеев, Е.С. Арцыбашев, М.А. Софронов, А.В. Волокотина – исследователи лесных пожаров Сибири; А.В. Василенко, изучавший использование отжигов для борьбы с пожарами; д-ра с.-х. наук С.И. Душа-Гудым, Г.В. Сныткин, Н.А. Диченков, исследовавшие горимость лесов. С.И. Душа-Гудым предложил ряд мероприятий по борьбе с лесными пожарами в условиях радиоактивного загрязнения. Учеником И.С. Мелехова считал себя М.Г. Червонный, долгие годы занимавшийся организацией практической борьбы с лесными пожарами. Вопросы огнестойкости древесных пород изу-

чал А.Г. Савченко в сосновых лесах Крыма. Последствия лесных пожаров в условиях Сихотэ-Алиня исследовала д-р биологических наук Т.А. Комарова [5]. Лесную пирологию по существу можно рассматривать как научную и практическую основу совершенствования методов борьбы с лесными пожарами. Вскрытые важные закономерности в природе лесных пожаров и их последствий позволили наметить новые пути решения проблемы борьбы с лесными пожарами, разработать ее методические и практические аспекты.

Большое значение И.С. Мелехов придавал естественноисторическим аспектам отечественной лесной науки и лесного хозяйства. В 1957 г. им опубликована монография «Очерки развития науки о лесе в России» [9], которая переиздана во МГУлеса в 2004 г. В ней дана краткая, но объективная история лесной науки в нашей стране. На Международном конгрессе историков в Москве (МГУ) в 1970 г. И.С. Мелехов был избран в состав постоянно действующей Международной исторической комиссии по лесу (от СССР).

И.С. Мелехов открыл для науки «лесного Ломоносова». В его многочисленных работах («Ломоносов и лесная наука», 1947, 1970; «Ломоносов и проблемы леса», 1961; «Ломоносов и современность», 1987 и др.) вскрыты, рассмотрены и оценены научные положения и концепции М.В. Ломоносова, связанные с лесной наукой. Особое внимание И.С. Мелехов уделял творческой деятельности классиков отечественного лесоводства (Г.Ф. Морозов, В.Н. Сукачев, М.Е. Ткаченко и др.) [14, 16], возглавил редакционную коллегию по подготовке «Избранных трудов Г.Ф. Морозова» (1970, 1971 гг). В течение 13 лет (с 1977 г.) И.С. Мелехов руководил в Московском обществе испытателей природы при МГУ комиссией по истории лесоводства. Интерес к истории лесной науки и лесному хозяйству он привил многим своим ученикам и последователям (Г.И. Редько, А.С. Тихонов, М.Д. Мерзленко, В.К. Тепляков и др.).

Рассмотренные основные направления научной школы не охватывают всех научных интересов и творчества акад. И.С. Мелехова. Его научная, педагогическая и общественная деятельность была связана также с экологией, лесозэксплуатацией, селекцией, генетикой, другими областями лесобиологической науки. Идеи и концепции И.С. Мелехова продолжают развивать ученики и последователи его научной школы во всех уголках России.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буш К.К. Некоторые аспекты развития динамической типологии леса / К.К. Буш, И.К. Иевинь // Современные исследования типологии и пирологии леса. – Архангельск, 1976. – С. 8–6.
2. Габдрахимов К.М. Параметры экологической продуктивности лесов / К.М. Габдрахимов // Проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса регионов России: матер. Междунар. науч.-практ. конф. Ч. 3. – Уфа: БГАУ, 2002. – С. 393–395.
3. Динамическая типология леса: сб. науч. тр. / под ред. акад. ВАСХНИЛ И.С. Мелехова. – М.: ВО Агропромиздат, 1989. – 222 с.

4. *Кожухов Н.И.* Экономический подход к динамической типологии леса / Н.И. Кожухов // Динамическая типология леса. – М.: ВО Агропромиздат, 1989. – С. 198–210.
5. *Комарова Т.А.* Послепожарные сукцессии в лесах Южного Сихотэ-Алиня / Т.А. Комарова. – Владивосток: ДВО АН СССР, 1992. – 224 с.
6. *Мелехов И.С.* О качестве северной сосны / И.С. Мелехов. – Архангельск: Севгиз, 1932. – 20 с.
7. *Мелехов И.С.* Древесина северной сосны / И.С. Мелехов. – Л.: Гослестехиздат, 1934. – 38 с.
8. *Мелехов И.С.* Природа леса и лесные пожары / И.С. Мелехов. – Архангельск, 1947. – 14 с.
9. *Мелехов И.С.* Очерк развития науки о лесах в России / И.С. Мелехов. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 207 с.
10. *Мелехов И.С.* Рубки главного пользования / И.С. Мелехов. – М.: Лесн. пром-сть, 1962. – 330 с.
11. *Мелехов И.С.* Типология вырубок и ее значение в лесном хозяйстве / И.С. Мелехов // Лесн. хоз-во. – 1967. – № 10. – С. 68–72.
12. *Мелехов И.С.* Динамическая типология леса / И.С. Мелехов // Лесн. хоз-во. – 1968. – № 3. – С. 15–21.
13. *Мелехов И.С.* Научные основы повышения продуктивности лесов / И.С. Мелехов // Повышение продуктивности лесов: сб. работ МЛТИ. – 1968. – Вып. 23. – С. 3–18.
14. *Мелехов И.С.* История лесоводства и прогресс лесного хозяйства / И.С. Мелехов // Лесн. хоз-во. – 1978. – № 4. – С. 25–31.
15. *Мелехов И.С.* Лесоведение / И.С. Мелехов. – М.: Лесн. пром-сть, 1980. – 408 с.
16. *Мелехов И.С.* Учение В.Н. Сукачева и проблемы лесного хозяйства / И.С. Мелехов // Лесн. хоз-во. – 1980. – № 6. – С. 11–13.
17. *Мелехов И.С.* Лесоводство / И.С. Мелехов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 302 с.
18. *Мелехов И.С.* Руководство по изучению типов концентрированных вырубков / И.С. Мелехов, Л.И. Корконосова, В.Г. Чертовской. – М.: Изд-во АН СССР, 1965. – 180 с.
19. *Мелехов И.С.* Лесоводство. / И.С. Мелехов. – 2-е изд. – М.: Изд-во МГУЛ, 2002. – 320 с.
20. *Обыденников В.И.* Методические и практические аспекты экологической сертификации лесоводственных систем / В.И. Обыденников, Е.П. Сергеева, Ф.А. Никитин // Эколого-экономическое развитие России: альманах РАЕН. – М.: Изд-во МГУЛ, 2003. – С. 373–381.
21. Основы типологии вырубок и ее значение в лесном хозяйстве: сб. статей под ред. акад. ВАСХНИЛ И.С. Мелехова. – Архангельск, 1959. – 228 с.
22. *Рысин Л.Г.* Лесная пирология в СССР / Л.Г. Рысин. – М.: Наука, 1982. – 217 с.
23. *Солодухин Е.Д.* Лесоводственные основы хозяйства в кедровых лесах Дальнего Востока / Е.Д. Солодухин. – Хабаровск: Дальневосточн. кн. изд-во, 1965. – 367 с.
24. *Харин О.А.* Экологические проблемы лесопользования / О.А. Харин, В.К. Тепляков // Вопросы лесоведения, лесоводства и лесной пирологии: науч. тр. МЛТИ. – 1990. – Вып. 234. – С. 44–47.

---

25. Хлюстов В.К. К методике прогнозирования продуктивности древостоев изреживаний / В.К. Хлюстов // Там же. – 1995. – Вып. 257. – С. 76–86.

Московский государственный  
университет леса

Поступила 16.03.05

*O.A. Kharin, N.I. Kozhukhov, V.I. Obydyonnikov, E.P. Sergeeva*  
**Scientific School of Academician of Russian Academy of Agricultural  
Sciences (All-Russia Academy of Agricultural Sciences and Forestry)  
of Ivan Stepanovich Melekhov**

The main directions of the scientific school of academician I.S. Melekhov, continuation and development of his ideas by his pupils and progeny are considered.

---

УДК 630\*2(470.4)

***С.А. Денисов, К.К. Калинин, В.И. Пчелин***

Денисов Сергей Александрович родился в 1951 г., окончил в 1973 г. Марийский политехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой лесоводства Марийского государственного технического университета. Имеет более 100 печатных работ в области лесоведения и лесоводства: биологии и экологии березовых лесов Поволжья, географии естественного возобновления леса.



Калинин Константин Константинович родился в 1938 г., окончил в 1960 г. Поволжский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесоводства Марийского государственного технического университета. Имеет более 150 печатных работ в области лесоведения, лесоводства, лесной пирологии и лесных культур.



Пчелин Виктор Ильич родился в 1932 г., окончил в 1953 г. Поволжский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры садово-паркового строительства, ботаники и дендрологии Марийского государственного технического университета, почетный профессор МарГТУ, заслуженный лесовод России. Имеет более 150 печатных трудов в области лесоведения, лесоводства, древесиноведения.



**И.С. МЕЛЕХОВ И РАЗВИТИЕ ЛЕСОВОДСТВЕННОЙ ШКОЛЫ ПОВОЛЖЬЯ**

Приведена информация о роли акад. И.С. Мелехова в развитии старейшей лесоводственной школы Поволжья – факультета лесного хозяйства и экологии Марийского государственного технического университета. Дана краткая характеристика развиваемых здесь основных научных направлений в области лесоведения, лесоводства и лесной пирологии.

*Ключевые слова:* академик И.С. Мелехов, лесоводственная школа Среднего Поволжья, лесные пожары, инструмент для химухода.

Лесная школа Поволжья, зародившаяся в 1918 г., была тогда весьма своевременна и необходима. С легкой руки Г.Ф. Морозова и Л.И. Яшнова в Казани был открыт факультет лесного хозяйства. Ныне это старейший факультет в Среднем Поволжье, готовящий для лесного хозяйства России дипломированных специалистов.

Профессор Л.И. Яшнов и его ученик М.В. Колпиков, первые заведующие кафедрой лесоведения и дендрологии, а затем лесоводства Поволжского лесотехнического института совместно с коллегами заложили науч-

ную основу, на которой и развивалась лесоводственная школа Поволжья. При этом ученые лесоводы, чья традиции своей школы, живо воспринимали все новое, что появлялось в других регионах страны. К научным публикациям акад. ВАСХНИЛ И.С. Мелехова в ПЛТИ всегда относились с большим вниманием, и в Поволжье его идеи попадали на благоприятную лесоводственную почву.

Интересы Ивана Степановича в лесной науке охватывали практически все направления. Его системный подход к лесу концентрированно выразился в учебнике «Лесоведение». Многие ученые-лесоведы Среднего Поволжья, современники И.С. Мелехова, поддерживали с ним товарищеские и дружеские контакты. Это общение приносило обоюдные плоды в виде крупных разработок, вдохновителем которых нередко был Иван Степанович. Научные публикации лесоводов Поволжья – М.Д. Данилова, А.К. Денисова, П.М. Верхунова, Е.И. Успенского и др. – вошли в учебники И.С. Мелехова «Лесоведение» и «Лесоводство».

Переписка и общение И.С. Мелехова и А.К. Денисова повлияли на определение основных научных направлений по исследованию дубовых лесов, разработке типологии пойменных лесов южной европейской тайги.

Географичность естественного возобновления леса, которую подчеркивал Иван Степанович в своих публикациях, развита в работах А.Р. Чистякова при изучении лесовосстановления в Поволжье, научных основах использования темнохвойного подроста для восстановления ельников Среднего Заволжья Е.И. Успенского. Безусловно, влияние И.С. Мелехова сказывалось и на изучении ельников Поволжья в лице Ф.В. Аглиуллина, работавшего в Татарской ЛОС ВНИИЛМ, а затем заведовавшего кафедрой лесоводства МарГТУ.

3\*

Работы И.С. Мелехова оказали большое влияние на изучение последствий лесных пожаров в Среднем Поволжье. Проблеме лесной пирологии в регионе стали уделять особенно большое внимание после катастрофических пожаров 1921 г. (Л.И. Яшнов, М.Д. Данилов, А.А. Юницкий). Не менее крупные пожары 1972 г. и проблемы ликвидации их последствий обусловили новые, более углубленные и длительные стационарные исследования. По данному направлению за последние 20 лет защищены докторская (К.К. Калинин) и пять кандидатских (Ю.П. Демаков, С.П. Васьков, А.В. Иванов, А.К. Ибрагимов, К.А. Миронов) диссертаций. В этих и других работах (А.К. Денисов, М.Л. Дворецкий, И.А. Алексеев, В.И. Пчелин и др.) на материале многолетних наблюдений выявлены закономерности влияния пожаров в регионе на количественные и качественные изменения компонентов фитоценозов. Были установлены закономерности лесовозобновительного процесса, развития очагов вредных насекомых; для постпирогенных молодняков охарактеризована лесоводственная эффективность рубок ухода и внесения минеральных удобрений; дана оценка пожароустойчивости насаждений, разработана система лесохозяйственных мероприятий (лесоводственные, лесокультурные, лесозащитные и противопожарные)

на зонально-типологической основе для лесов, поврежденных пожарами.

Результатом катастрофических пожаров 1921 г. и массового применения сплошных рубок стало широкое распространение в Поволжье березовых лесов. Предпосылки для дальнейшего расширения их площадей создали крупные пожары 1972 г. Изучение эколого-биологических свойств березы бородавчатой и пушистой на гарях и вырубках позволило выявить особенности образования формационной структуры березовых лесов Среднего Поволжья. Влияние Ивана Степановича на разработку этого направления проявилось через личное общение его с С.А. Денисовым, когда он подчеркнул роль березовых лесов в формировании лесного покрова и указал на прямую связь этого вопроса с разработками динамической типологии леса.

Значительным вкладом в развитие лесотипологического древесиноведения явились труды И.С. Мелехова о строении и физико-механических свойствах древесины некоторых лесообразующих пород в связи с типами леса и формированием древостоев. Они пробуждали интерес и к региональным исследованиям в этой области. В этом направлении в Среднем Поволжье плодотворно и длительное время работает В.И. Пчелин, изучая качество древесины хвойных и лиственных лесообразующих пород в зависимости от типов лесорастительных условий и происхождения насаждений.

Иван Степанович с большим вниманием относился и к производственникам, которые обращались к нему со своими проблемами. Так, многоплановая проблема рубок ухода в молодняках не миновала и Поволжье. Основным фактором, приводящим к гибели и заглошению хвойных и твердолиственных пород в молодняках, являются однократность уходов или их полное отсутствие. Это констатирует лесоустройство как в Республике Мордовия, так и в Пензенской области. В северных областях Среднего Поволжья также не хватает трудовых ресурсов для проведения рубок ухода и их повторения. Использование легких моторных кусторезов оказывается малоэффективным из-за быстрого отрастания многочисленной новой поросли у молодых лиственных пород.

Создание выпускником Поволжского лесотехнического института, лесничим Г.А. Алексеевым легкого ручного инструмента «Кобра» для химического ухода в молодняках получило развитие в кандидатской диссертации под руководством проф. А.К. Денисова. Защита этой работы успешно прошла в диссертационном совете, возглавлявшемся И.С. Мелеховым. Г.А. Алексеев и сегодня с теплотой вспоминает о нем как своем «крестном отце», его поддержке в совершенствовании этого инструмента (рис. 1).



Рис. 1. Ручной инструмент «Кобра» Г.А. Алексева для химического ухода в молодняках

«Кобра» (патент на изобретение № 2236780) имеет много преимуществ перед аналогами. Получено разрешение на ее массовый выпуск от института гигиены и токсикологии (ВНИИГИНТОКС). Этот инструмент позволяет снизить трудозатраты и резко повысить лесоводственную эффективность уходов за хвойными и дубом. Применение арборицидов и гербицидов новых поколений на основе глифосата делает химический уход за лесом экологически безопасным. Например, в модельных лесах Канады (Lake Abitibi Model Forest) эти виды уходов находят все более широкое применение.

И.С. Мелехов, читая лекции на ФПК, прямо указывал на необходимость знания иностранных языков, уделял большое внимание развитию лесного хозяйства в мире. Подготовленные выпускные работы заслушивались и живо обсуждались на заседании кафедры.

Неоднократное участие Ивана Степановича в научных конференциях лесоводов Поволжья (рис. 2) в г. Йошкар-Оле всегда вызывало живой интерес не только у преподавателей и ученых лесоводов, но и у студентов факультета лесного хозяйства и экологии МарГТУ. Автограф акад. И.С. Мелехова в зачетной книжке был гордостью наших студентов, а отношение к экзаменационным оценкам заметно возрастало.



Рис. 2. Иван Степанович Мелехов в Государственном национальном парке «Марий Чодра» Республики Марий Эл (слева направо: проф. И.А. Алексеев, проф. Ф.В. Аглиуллин, акад. И.С. Мелехов, проф. П.М. Верхунов, проф. В.И. Пчелин, доц. А.М. Вяткин)

В 100-летний юбилей со дня рождения Ивана Степановича Мелехова лесоводы Поволжья отмечают, что взаимное плодотворное обогащение

---

идеями и результатами исследований лесов России и сейчас приносит свои плоды.

Марийский государственный  
технический университет

Поступила 13.04.05

*S.A. Denisov, K.K. Kalinin, V.I. Pchelin*

**I.S. Melekhov and Development of Forestry School of Povolzhje**

The information on the role of academician I.S. Melekhov in the development of the oldest forestry school of Povolzhje – Forestry and Ecology Faculty of Mari State Technical University – is provided. Brief characteristic of the scientific areas developed in the University related to forestry, silviculture and forest pyrology is given.

---

УДК 630\*2.001

*В.И. Обыденников, Н.И. Кожухов*

## **ЕСТЕСТВЕННОИСТОРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТИПОЛОГИИ ВЫРУБОК**

Приведена краткая история типологии вырубок. Рассмотрено зарождение, становление и развитие учения И.С. Мелехова о типах вырубок. Показаны особенности лесоводственно-биогеоценотической изученности природы вырубок на типологической основе в различных регионах России.

*Ключевые слова:* типология вырубок, типы вырубок, типы леса, возобновление.

Одним из важнейших научных достижений Ивана Степановича Мелехова была разработка цельного и стройного учения о типах вырубок. Типология вырубок во многом предварила и определила в дальнейшем блестящую научную карьеру Ивана Степановича. Его учение о типах вырубок самобытно. Оно, как и учение Г.Ф. Морозова о типах насаждений, возникло в России, на российской почве.

Развертывание в широких масштабах промышленных лесозаготовок, накопление больших площадей необлесившихся вырубок и необходимость быстрого и полноценного их облесения вызвали потребность в глубоком познании природы вырубок, выявлении причинно-следственных связей между исходными типами леса и типами лесорастительных условий вырубок, в разработке современных научных основ лесовосстановления. Если необходимость в классификации леса определяется задачами инвентаризации лесов, то типология вырубок – потребностью изучения природы вырубок в целях своевременного и полноценного лесовосстановления [16, 17].

Типология вырубок, созданная акад. И.С. Мелеховым, имеет более чем полувековую историю, которую следует рассматривать как становление и развитие исследований природы вырубок в лесоводственно-биогеоценотическом и лесоводственно-географическом планах. В связи с содержанием понятия типа вырубки как природного единства (где вся растительность, фауна, почва и атмосфера взаимообусловлены и находятся в тесном взаимодействии), в нашей стране широко осуществлялось и комплексное (лесоводственно-биогеоценотическое) изучение природы вырубок и возобновления леса [17, 18].

Еще при зарождении типологии вырубок их природа в лесах севера европейской части России изучалась комплексно, всесторонне [19, 22, 30 и др.]. Значительное внимание при этом уделялось динамике живого напочвенного покрова, его эдификаторной роли в различных лесорастительных условиях. Индикатором вырубок является растительный, прежде всего живой напочвенный покров как наиболее наглядный внешний показатель природного единства биогеоценоза в условиях сплошных вырубок [17, 18]. На-

почвенный покров, указывал И.С. Мелехов [17], служит не только одним из важнейших индикаторов, но и эдификатором лесорастительных условий вырубок. Это его значение на вырубках выражено более четко, чем в лесу. В связи с этим понятие «тип вырубки» имеет более глубокий биологический и лесоводственный смысл, чем ботаническое понятие «тип травянистой растительности» [18].

При изучении природы вырубок по мере выявления роли живого напочвенного покрова как индикатора и эдификатора лесорастительных условий возрастал интерес к глубоким исследованиям биоэкологических свойств важнейших видов растений: кипрея узколистного [10, 19], кукушкина льна [35], вейника лесного (тростниковидного) [12, 19], луговика извилистого [11, 19], щучки [19], вейника пурпурного [29], багульников подбела, широколистного и болотного [29] и других видов.

По мере накопления сведений и развития типологии вырубок в отдельных случаях необходимо было уточнить названия типов вырубок [19]. В практике и даже в исследовательской работе при определении типов вырубок нередко используют родовые названия растений, хотя экологический диапазон некоторых родов бывает очень широким. Поэтому многие типы вырубок стали выделять по видовым различиям. Так, Л.И. Корконосова [12], В.Н. Нилов [23] и др. проводили более глубокое изучение вейниковых вырубок с дифференциацией их на типы по видовым различиям.

Под вейниковыми вырубками Л.И. Корконосова [12] понимает группу типов вырубок, наиболее характерным признаком которых является задернение почвы тем или иным видом вейника. Ею установлено, что важнейшим индикатором этих вырубок непалового происхождения (в условиях Вологодской и Архангельской областей) является вейник лесной (тростниковидный), а задернителем вырубок палового ряда – вейник наземный. В условиях Новгородской и Тверской областей на месте ельников кисличного и черничного свежего после рубки часто образуется тростниковидновейниковый тип, а на месте ельника черничного влажного – ланцетновейниковый [27].

Результаты исследований лесоводственно-экологической роли разных видов живого напочвенного покрова имеют не только научное, но и практическое значение. Так, И.С. Мелехов [19] предложил оценивать степень задернения злаковых вырубок по площади, занимаемой тем или иным видом. Степени задернения почвы он подразделил на пять категорий: I – очень слабое (злаками занято до 0,1 площади); II – слабое (0,2–0,3); III – среднее (0,4–0,6); IV – сильное (0,7–0,8); V – очень сильное (0,9–1,0). Эта классификация успешно используется при определении условий для возобновления главных пород не только на площадях сплошных рубок, но и на участках, подверженных рекреационным нагрузкам.

Одновременно с живым напочвенным покровом изучались изменения физико-химических свойств почв в разных типах вырубок и влияние их на возобновление леса [30, 33, 34]. Исследованием микробиологических процессов в верхних почвенных горизонтах вырубок в связи с их типами

занимались А.С. Творогова, В.И. Шубин, В.М. Данилевич и др. А.С. Творогова [33] установила, что в среднетаежной подзоне европейской части России в почвах кипрейно-паловых вырубок по сравнению с луговиковыми складываются более благоприятные условия для аэробных бактерий. Подстилка этих почв была значительно богаче аэробными целлюлозоразлагающими бактериями.

Наряду с исследованием состояния живого напочвенного покрова и почвенных условий проводились наблюдения и за динамикой микроклиматических условий, их влиянием на возобновление древесных пород [9, 22 и др.]. Значительное внимание было уделено изучению микроклиматических условий на вейниковых вырубках Вологодской области.

Представляют практический интерес результаты исследований ряда ученых [1, 3 и др.], связанных с ролью энтомо- и фитовредителей в формировании типов вырубок. Была выявлена приуроченность важнейших видов вредителей к определенным типам вырубок. А.Л. Бородин установил тесную связь между состоянием энтомокомплексов в условиях Вологодской области и этапами формирования типов вырубок [1]. Так, в промежутке между выпадением из лесной растительности видов, характерных для лесов после рубки древостоя, и появлением на вырубках вейникового и широколиственного типов новых видов растений отмечалось исчезновение лесной энтомофауны и замены ее энтомокомплексом, характерным для видов соответствующего типа. В вейниковом типе вырубок А.Л. Бородин отметил также более высокую численность елового корнежила, чем в широколиственном.

При изучении типов вырубок уделялось внимание изменению экологических факторов под влиянием огня, тракторной трелевки и других факторов. Лесосечные работы оказывают существенное влияние на лесорастительные условия вырубок и в целом на формирование типов вырубок, которое в различных географических условиях проявляется по-разному. Этот процесс усугубляется расширением лесозаготовок на базе агрегатной техники. Так, на месте ельника черничного свежего в зоне смешанных лесов Русской равнины (Новгородская область) при минерализации почвы машинами ЛП-19 и ТБ-1 на 35 ... 40 % площади образовался разнотравно-ситниковый тип, 40 ... 70 % – ситниково-вейниковый, более 70 % – ситниковый [27]. Ситниковый тип вырубки (Тверская область) формируется и после применения валочно-трелевочных машин (ЛП-17, ЛП-49) при значительном повреждении почвы (более 70 %). Наиболее неблагоприятные условия складываются на вырубках ситникового типа.

Изучение природы вырубок на типологической основе осуществлялось не только для выявления комплекса лесорастительных условий и выяснения влияния их на лесовозобновительный процесс, а также в связи с задачами сбережения подроста от пожаров, использования положительной роли огня в облесении вырубок, снижения трудоемкости и улучшения качества обработки почвы, механизации лесокультурных работ, создания лесных

культур, таксации вырубок, сельскохозяйственного их освоения и другими целями.

Тип вырубки в естественноисторическом смысле – явление географическое, обусловленное почвой и климатом и тесно связанное с исходным типом леса [18]. Поэтому И.С. Мелехов указывал на необходимость расширения типологического изучения вырубок путем не только дальнейшего углубленного познания их природы (на биогеоценотической основе), но и распространения исследований в разных лесорастительных зонах.

Глубокое и всестороннее изучение природы вырубок на севере европейской части страны, проводимое под руководством акад. И.С. Мелехова [16, 17], способствовало распространению и широкому признанию учения о типах вырубок среди широких кругов лесоводов-ученых и практиков. Расширился географический диапазон исследований природы вырубок на типологической основе, ими были охвачены почти все лесные регионы России и стран СНГ, входящих ранее в СССР.

Наибольшее внимание изучению типов вырубок и лесовозобновлению было уделено в европейской части страны [12, 20 и др.]. Здесь исследования природы вырубок осуществлялись под руководством И.С. Мелехова на основе теоретических положений типологии вырубок, изложенных им в научных статьях [16, 17]. И.С. Мелеховым и его учениками (Л.И. Корконосова, В.Г. Чертовской, В.Н. Нилов и др.) обстоятельно исследованы типы вырубок Архангельской и Вологодской областей, большое внимание уделено изучению наиболее представленных типов: луговиковому, вейниковому, кипрейному и долгомошному.

Результаты исследований В.С. Вороновой [2] показали, что в наиболее распространенных типах вырубок Карелии складываются неблагоприятные условия для возобновления хвойных пород. Негативное влияние оказывают вейник тростниковидный и луговик извилистый, создающие сильное задернение почвы. И.С. Мелеховым, В.В. Репневским [20] и другими учеными пристальное внимание было обращено на динамику типов вырубок на Кольском полуострове. Они расположили вырубки в порядке убывания успешности лесовозобновительного процесса: лишайниковые, сфагновые, кипрейно-паловые, вересковые, чернично-багульниковые и луговиковые. В зоне смешанных лесов Русской равнины в еловых лесах после рубки формируются главным образом ситниковый, вейниковый и ситниково-щучковый типы вырубок с неблагоприятными условиями для возобновления главной породы [27].

На Урале детальное описание типов вырубок осуществили Р.С. Зубарева, А.А. Шевелев, И.А. Чернышев, Н.И. Кожухов и др. Исследования природы вырубок в этом регионе на типологической основе начаты Р.С. Зубаревой [7, 8], которая дала своеобразное определение понятия типа вырубки как совокупности участков вырубок, сходных по физическому облику растительного покрова, однородных по лесорастительным условиям и возникших на месте насаждений определенных типов леса. Типы вырубки по общности процессов зарастания и важнейшим особенностям видового со-

става растительного покрова Р.С. Зубарева объединяет в группы, а по одному ведущему фактору лесорастительной среды (для Среднего Урала и Зауралья – режиму влажности почвы) – в категории вырубок. Значительные исследования в этом регионе проведены Л.И. Корконосовой и Н.И. Кожуховым [13]. Преобладающие типы вырубок в лесах Среднего Урала – кипрейный, вейниково-кипрейный и тупоколосковейниковый, наиболее успешное лесовосстановление наблюдается на вырубках кипрейного типа [10].

Изучением типов вырубок и возобновления леса в лесах Западной Сибири занимались Ю.П. Хлонов, Н.К. Таланцев, В.И. Шастиц, А.М. Бойченко, Г.В. Крылов, В.П. Демиденко, В.И. Обыденников и др. В сосняках этого региона успешно возобновляются главной породой лишайниковые, вейниковые (индикатор вейник тростниковидный), бруснично-вейниковые и осочково-разнотравные вырубки [14, 25]. Здесь восстановление леса идет без смены пород, которая отмечена на вырубках осочковых, осочково-разнотравных и багульниково-брусничных [14]. В кедровых лесах Западной Сибири Н.К. Таланцевым, Г.В. Крыловым, В.П. Демиденко и другими учеными отмечено успешное возобновление кедра сибирского на вырубках осочкового и осочково-долгомошных типов вырубок.

Вопросами типологии вырубок в лесах Восточной Сибири (Западное Приангарье) впервые занимался Н.И. Михеев [21]. Типы вырубок в сосняках Южного Забайкалья описал В.Ф. Рылков [31]. В сосновых лесах Забайкалья преобладают вейниковые, вейниково-осочковые, осочково-вейниковые, разнотравно-брусничные, рододендроново-брусничные и рододендроново-вейниковые вырубки. На вырубках осочково-вейниковых, разнотравно-брусничных и рододендроново-брусничных возобновление хвойных идет успешно без смены пород. В сосновых лесах среднего Забайкалья (Усть-Баргузинский и Верхне-Баргузинский лесхозы) главная порода на вырубках вейникового, вейниково-брусничного, разнотравно-багульникового типов возобновляется успешно, несколько хуже, но удовлетворительно на вырубках вейниково-осоковых и неудовлетворительно на осоковых. В сосново-кедрово-лиственничных лесах Южного Забайкалья В.Ф. Рылковым [31] выделены разнотравно-брусничный и рододендроново-вейниковый типы вырубок. В первых двух типах возобновление хвойных идет без смены пород, в последнем – со сменой (обычно на осину).

Типы вырубок в отдельных районах Дальнего Востока одними из первых описали Е.Д. Солодухин [32] и А.П. Клинов [9]. Е.Д. Солодухин выделил типы вырубок кедрово-широколиственных и ольхово-пихтовых лесов Приморья и южной части Хабаровского края, сделал попытку теоретически обосновать тип вырубки в конкретных условиях. Под типом вырубок для темнохвойных лесов Дальнего Востока он понимает определенный этап в развитии типа леса, связанный с нарушением естественного лесообразовательного процесса с момента вырубки древостоя до восстановления исходного типа леса или образования отдельных устойчивых группировок растений (кустарниковые заросли, луга и т. п.), характерных для других категорий и площадей. Тип вырубки он устанавливает в период динамическо-

го состояния растительного покрова, не разграничивая сплошные и условно-сплошные вырубki. В результате в один тип вырубki оказались включенными одновременно участки, образовавшиеся после как сплошных, так и условно-сплошных рубок с различными лесорастительными условиями. Видимо, поэтому он сделал вывод, что сходные по характеру напочвенного покрова типы вырубок встречаются в различных условиях местопроизрастания. Впоследствии Г.К. Золотухин [6], длительное время изучавший изменения микроклимата в связи с рубками в тех же районах кедрово-широколиственных лесов, счел возможным выделить типы вырубок только на площадях сплошных рубок (злаково-вейниковый с чубушником, осоково-вейниковый с кустарниками, мелкотравно-кустарниково-лиановый и др.).

Типы вырубок пихтово-еловых лесов северного Сихотэ-Алиня наиболее полно охарактеризованы Ю.И. Манько [15]. Он разработал схему формирования типов вырубок в связи с исходными типами леса. Почти на всех вырубках этого региона в напочвенном покрове преобладает вейник пурпурный. Только на месте исходных типов травянисто-мохового ельника образуются осоковые, а на месте кустарниково-мохового кустарниково-травянистые вырубki. Отмечены особенности формирования паловых вырубок. На свежих вырубках после воздействия огня обычно формируются паловые кипрейные, вейниковые и малинниковые вырубki. Пал, проходящий по сформировавшимся вырубкам, вызывает их быстрое зарастание видами, произраставшими на вырубках раньше.

Типы вырубок в лиственничных лесах Дальнего Востока исследовали В.Г. Турков, Д.Ф. Ефремов, А.И. Обыденников, В.И. Обыденников, Г.В. Гуков и др. В лиственничных лесах Сихотэ-Алиня типы вырубок описал Г.В. Гуков [4]. Он привел схемы формирования типов вырубок для лиственничников зоны хвойно-широколиственных лесов, южной и средней подзон тайги. Разнокустарниковый тип встречается во всех указанных природных зонах, рододендроновый и осоковый – в зоне хвойно-широколиственных лесов и южнотаежной подзоне Сихотэ-Алиня, багульниково-брусничный – в южной и средней тайге. Из всех типов вырубок зоны хвойно-широколиственных лесов лиственница успешно возобновляется только в разнотравном типе [4].

Наиболее распространенными типами вырубок в лиственничных лесах восточной части южной тайги Хабаровского края являются вейниково-осоковый с дереном, багульниковый с ерником и осоково-вейниковый [28]. Возобновление на вырубках этих типов идет неудовлетворительно. В западной части региона наиболее представлены багульниковые, вейниковые и кипрейные вырубki. Возобновление главных пород на кипрейных вырубках протекает успешно, на багульничковых – слабо.

В лесах Камчатки типы вырубок обстоятельно изучил Д.Ф. Ефремов [5]. В лиственничных лесах преобладают кипрейный, вейниково-багульниковый, кипрейно-паловый и вейниково-паловый типы вырубок. Для них характерны отсутствие процессов заболачивания, слабое задернение почвы и неудовлетворительное возобновление лиственницы.

Типологическое изучение производилось и на вырубках сосновых лесов Амурской области. Здесь успешное восстановление хвойных пород отмечалось на осоково-рододендроновых, осоково-брусничных вырубках [26], неудовлетворительное – на осоково-лещиновых и осоковых.

В елово-пихтовых лесах о. Сахалин А.П. Клинцов и Н.П. Усова отмечали вейниково-малинниковый, малинниковый, бамбуковый, разнотравный и вейниково-кипрейный типы вырубок. В елово-пихтовых лесах на вырубках вейниково-малинникового и вейниково-кипрейного типов возобновление главных пород затрудняется из-за выжигания всходов и иссушения почвы.

На Дальнем Востоке существует ряд своеобразных географически обусловленных типов вырубок. В кедрово-широколиственной зоне, например, вырубки зарастают преимущественно кустарниками [4, 6, 32]. В восточной части таежной зоны преобладают вейниковые, вейниково-осоковые, кипрейно-вейниковые паловые и багульниковые вырубки [24]. Для западного ряда зональности типичны осоковые, осоково-рододендроновые, вейниковые и брусничные вырубки [26].

Анализ результатов исследований типов вырубок позволяет определить тенденции в их географии и лесоводственно-биогеоценотической сущности. В целом по стране географический ареал наиболее распространенных типов вырубок неодинаков. Лесноевейниковые (тростниковидноевейниковые) вырубки встречаются в основном в европейской части России на Урале, в западной и восточной частях Сибири; тупоколосковоевейниковые на Урале, наземноевейниковые в европейской части России и на Урале, пурпурноевейниковые (лангсдорфноевейниковые) на Дальнем Востоке, багульниковые в Сибири, на Дальнем Востоке и севере европейской части страны, кипрейные практически во всей лесной зоне России. По экологическим условиям одни одноименные типы вырубок (кипрейный, тупоколосковоевейниковый, наземноевейниковый, багульниковый) в пределах географического ареала более или менее однородны, другие (лесноевейниковый, пурпурноевейниковый) значительно различаются в зависимости от географического положения. Багульниковые, наземноевейниковые и тупоколосковоевейниковые вырубки в целом неблагоприятны по экологическим условиям для возобновления хвойных пород. На лесноевейниковых (тростниковидноевейниковых) вырубках в европейской части страны и на Урале главные породы возобновляются неудовлетворительно, сосна же в одноименном типе таежной зоны Сибири – вполне успешно. Экологические условия на вырубках пурпурноевейникового типа в западной части южной тайги Дальнего Востока благоприятнее для возобновления хвойных пород, чем в восточной.

К настоящему времени накопились обширные сведения по вопросам типологии вырубок. Вышли из печати четыре издания библиографического указателя о типах вырубок. Последнее издание включает более четырехсот работ по типологии вырубок, возобновлению леса и другим лесохозяйственным вопросам на типологической основе. Во многих из них даны технические руководства и рекомендации производству по естественному и ис-

кусственному возобновлению леса на вырубках и другим лесохозяйственным мероприятиям дифференцированно в зависимости от типов вырубок. В последнее время теоретические положения типологии вырубок широко применяются при выделении групп типов леса, разработке лесоводственно-экологических требований к работе лесосечных машин, оценке экологических последствий применения агрегатной лесозаготовительной техники и решении других важных научных и практических задач. По мере более глубокого изучения природы вырубок во многих регионах России значение типологии вырубок возрастает, возможности ее применения расширяются.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бородин А.Л.* Этапы формирования энтомокомплексов ели на концентрированных вырубках / А.Л. Бородин // Лесн. журн. – 1967. – № 4. – С. 10–14. – (Изв. высш. учеб. заведений).
2. *Воронова В.С.* Влияние смен растительного покрова на естественное возобновление вырубок / В.С. Воронова // Тр. КарФ АН СССР. – Петрозаводск, 1957. – Вып. 7. – С. 110–126.
3. *Графов Ю.А.* Сосновый вертун на вересковых вырубках / Ю.А. Графов // Лесн. хоз-во. – 1973. – № 2. – С. 57–60.
4. *Гуков Г.В.* Рекомендации по ведению хозяйства в лиственничных лесах Сихотэ-Алиня / Г.В. Гуков. – Владивосток, 1976. – 295 с.
5. *Ефремов Д.Ф.* Леса Камчатки / Д.Ф. Ефремов // Леса Дальнего Востока. – М.: Лесн. пром-сть, 1969. – С. 212–227.
6. *Золотухин Г.К.* Динамика возобновления кедрово-широколиственных лесов в связи с технологией лесосечных работ: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Г.К. Золотухин. – Хабаровск, 1968. – 24 с.
7. *Зубарева Р.С.* Типы концентрированных вырубок в сосновых лесах бассейна р. Туры / Р.С. Зубарева // Тез. докл. УФ АН СССР. – Свердловск, 1956. – С. 5–24.
8. *Зубарева Р.С.* Типологическая классификация вырубок темнохвойной тайги Среднего Урала / Р.С. Зубарева // Лесн. журн. – 1961. – № 6. – С. 42–46. – (Изв. высш. учеб. заведений).
9. *Клинецов А.П.* Экологические условия некоторых типов вырубок Сахалина / А.П. Клинецов // Лесн. журн. – 1961. – № 5. – С. 32–35. – (Изв. высш. учеб. заведений).
10. *Кожухов Н.И.* Формирование кипрейных вырубок в ельниках Среднего Урала / Н.И. Кожухов // Повышение продуктивности лесов. – М.: МЛТИ, 1968. – Вып. 23. – С. 156–160.
11. *Корконосова Л.И.* О вегетативном возобновлении луговика извилистого под пологом леса и его значении в формировании луговикового типа вырубок / Л.И. Корконосова // Основы типологии вырубок и ее значение в лесном хозяйстве. – Архангельск, 1959. – С. 101–109.
12. *Корконосова Л.И.* К вопросу формирования вейниковых вырубок на Европейском Севере / Л.И. Корконосова // Вопросы таежного лесоводства на Европейском Севере. – М.: Наука, 1967. – С. 101–118.

13. *Корконосова Л.И.* Вейниковые вырубки севера Пермской области / Л.И. Корконосова, Н.И. Кожухов // Некоторые вопросы типологии леса и вырубок. – Архангельск: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1972. – С. 104–107.

14. *Крылов Г.В.* Лесовосстановительные процессы в таежной зоне Западной Сибири / Г.В. Крылов, В.П. Демиденко // Всесоюз. науч. конф. «Проблемы лесовосстановления»: тез. докл. пленарного заседания и секции естественного возобновления. – М., 1974. – С. 37–39.

15. *Манько Ю.И.* Типы вырубок в пихтово-еловых лесах Сихотэ-Алиня / Ю.И. Манько // Лесн. журн. – 1968. – № 2. – С. 168–169. – (Изв. высш. учеб. заведений).

16. *Мелехов И.С.* К типологии концентрированных вырубок в связи с изменениями в напочвенном покрове / И.С. Мелехов // Концентрированные рубки в лесах Севера. – М.: Изд-во АН СССР, 1954. – С. 48–60.

17. *Мелехов И.С.* О теоретических основах типологии вырубок / И.С. Мелехов // Лесн. журн. – 1958. – № 1. – С. 27–38. – (Изв. высш. учеб. заведений).

18. *Мелехов И.С.* Типология вырубок и ее значение / И.С. Мелехов // Лесн. хоз-во. – 1967. – № 10. – С. 68–72.

19. *Мелехов И.С.* Руководство по изучению концентрированных вырубок / И.С. Мелехов, Л.И. Корконосова, В.Г. Чертовской. – М.: Наука, 1968. – 180 с.

20. *Мелехов И.С.* Типы вырубок в сосняках Кольского полуострова / И.С. Мелехов, В.В. Репневский // Леса Кольского полуострова и их возобновление. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – С. 98–108.

21. *Михеев Н.И.* Типы сосновых вырубок Западного Приангарья / Н.И. Михеев // Лесн. хоз-во. – 1965. – № 9. – С. 21–24.

22. *Нилов В.Н.* О микроклимате вейниковых вырубок / В.Н. Нилов // Вопросы таежного лесоводства на Европейском Севере. – М.: Наука, 1967. – С. 125–130.

23. *Нилов В.Н.* Типы вырубок южнотаежных лесов Вологодской области / В.Н. Нилов // Некоторые вопросы типологии леса и вырубок. – Архангельск: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1972. – С. 133–170.

24. *Обыденников А.И.* Естественное возобновление в горных лиственных лесах Амгунь-Горинского междуречья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / А.И. Обыденников. – Хабаровск, 1968. – 26 с.

25. *Обыденников В.И.* Типы вырубок и возобновление в северотаежных сосняках Западной Сибири / В.И. Обыденников // Повышение продуктивности лесов и улучшение ведения лесного хозяйства: науч. тр. МЛТИ. – М., 1981. – Вып. 120. – С. 22–27.

26. *Обыденников В.И.* Типы вырубок и возобновление леса / В.И. Обыденников, Н.И. Кожухов. – М.: Лесн. пром-сть, 1977. – 176 с.

27. *Обыденников В.И.* Лесоводственно-географические аспекты типологии вырубок / В.И. Обыденников, Н.И. Кожухов // Лесн. журн.. – 2000. – № 4. – С. 135–142. – (Изв. высш. учеб. заведений).

28. *Обыденников В.И.* Последствия использования агрегатной техники в сосняках Забайкалья / В.И. Обыденников, Л.Н. Рожин // Лесн. журн. – 1995. – № 2–3. – С. 7–11. – (Изв. высш. учеб. заведений).

29. *Обыденников В.И.* Экология растений – важнейший индикатор типов вырубок в лесах западных склонов Буреинского хребта / В.И. Обыденников, В.С. Шага // Вопросы ботаники и методики биологии БГТИ. – Благовещенск, 1971. – Т. 17. – С. 101–107.

30. *Паршевников Л.А.* К характеристике почвенных условий на сплошных вырубках в таежной зоне Европейского Севера / Л.А. Паршевников // Некоторые вопросы типологии леса и вырубок. – Архангельск: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1972. – С. 93–103.

31. *Рылков В.Ф.* Основные типы вырубок в Забайкалье (временное руководство) / В.Ф. Рылков. – Чита, 1982. – 9 с.

32. *Солодухин Е.Д.* К типологии дальневосточных вырубок / Е.Д. Солодухин // Лесн. журн. – 1961. – № 4. – С. 22–23. – (Изв. высш. учеб. заведений).

33. *Творогова А.С.* Микрофлора почвы некоторых типов средней подзоны тайги Европейского Севера: автореф. дис. ... канд. биол. наук / А.С. Творогова. – Л., 1974. – 24 с.

34. *Федченко М.А.* О групповом составе гумуса почв луговиковых вырубок / М.А. Федченко // Почвоведение. – 1962. – № 1. – С. 49–58.

35. *Чертовской В.Г.* Долгомошные вырубки, их образование и облесение / В.Г. Чертовской. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 135 с.

Московский государственный  
университет леса

Поступила 16.03.05

*V.I. Obydyonnikov, N.I. Kozhukhov*

### **Natural-and-historical Aspects of Felling Typology**

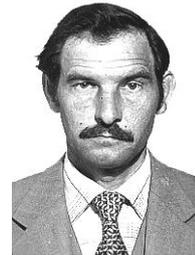
Brief history of felling typology is provided. The rise, formation and development of the I.S. Melekhov's doctrine for the felling types is considered. The peculiarities of forestry-and-biogeocenosis study of the felling nature on the typological basis in the different regions of Russia are shown.

---

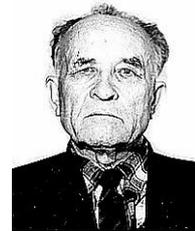
УДК 630\*221

**Г.А. Чибисов, Н.И. Вялых**

Чибисов Генрих Андреевич родился в 1937 г., окончил в 1961 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник СевНИИЛХа, член-корреспондент Российской инженерной и Международной инженерной академий наук, академик РАЕН, заслуженный лесовод России. Имеет около 270 печатных работ в области рубок ухода, рубок главного пользования, экологии и биологии леса, продуктивности таежных экосистем.



Вялых Николай Иванович родился в 1932 г., окончил в 1956 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией таежного лесоводства СевНИИЛХа, член-корреспондент РАЕН, заслуженный лесовод России. Имеет около 150 печатных работ в области рубок главного пользования, рубок ухода и охраны лесов от пожаров.



## **СИСТЕМЫ РУБОК ГЛАВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ И ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ В ТАЕЖНОЙ ЗОНЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ**

*В руках специалиста, умело ведущего лесное хозяйство, рубка, как в руках скульптора глина, может по желанию привести к созданию той или иной породы, того или иного состава насаждения.*

*М.Е. Ткаченко.*

Предложена общая классификация системы рубок, а также групп и способов рубок в сосняках и ельниках европейской тайги. Дано определение системы рубок. Способы рубок рассмотрены в совокупности с видами лесовозобновления и прогнозом формирования вторичных лесов. Для основных категорий древостоев приведены организационно-технические элементы

*Ключевые слова:* система, группы, способы рубок, лесопользование, лесовозобновление, вторичные леса, организационно-технические элементы.

Интенсивная многолетняя лесоэксплуатация на Европейском Севере привела к существенному изменению характера лесов. Более чем 60-летняя история сплошных концентрированных рубок показала, что регион по существу превратился в полигон сильного антропогенного воздействия на ле-

са, результаты которого теперь можно оценить. Оправдано ли повсеместное использование в основном одного способа рубок? Гейер в 1884 г. назвал сплошные рубки «кровопусканием лесу», а Гуман в 1931 г. – «бесхозяйственными», «подневольными, хищническими и опустошительными».

Анализ показывает основные недостатки сплошных концентрированных рубок: проведение их в разновозрастных лесах, несоблюдение сроков примыкания лесосек и огромные размеры последних, уничтожение обсеменителей, подроста и тонкомера хвойных. Этим нанесен большой урон северотаежным экосистемам.

Изменилась породная и возрастная структура всего лесного фонда. Рубки более чем на половине всей территории региона сосредоточены в наиболее доступных, производительных древостоях. Сложилась и по-прежнему остается колониально-хищническая диспропорция между затратами на лесозаготовки и лесовосстановление. На вырубках идет техногенная стадия почвообразования с прогрессирующим снижением производительности лесных почв. Не происходит компенсации изъятой органической массы вследствие рубок. Нарушен баланс вещества и энергии. В результате массивированной смены пород и породного состава за последние 50 ... 80 лет фактическая продуктивность главных пород (сосна, ель 100 лет) снизилась по сравнению с потенциальной (возможной) на 40 ... 250 %.

В современных условиях лесопользования возрастают значение и возможности дифференцированного применения способов рубок главного пользования в единой системе с рубками ухода. Это определяется не только разнообразием производных лесов, но и новыми экономическими условиями, одним из которых является обеспечение естественного лесовосстановления и ускоренного лесовыращивания с наименьшими затратами.

Еще в 1962 г. И.С. Мелехов писал, что рубки применяют дифференцированно в зависимости от назначения лесов, их народнохозяйственной значимости и природных особенностей, экономических и производственно-технических условий и возможностей применения. Незыблемым остается положение: способ рубок главного пользования зависит от лесорастительных условий, строения и возрастной структуры древостоев.

За всю историю лесоводства разработано более 100 способов рубок главного пользования. Только за последние 20 лет предложено несколько классификаций [1, 5, 6, 8, 9, 12, 14]. В большинстве из них предусматривается деление системы рубок на три классические группы: сплошные (сплошнолесосечные), постепенные и выборочные. В некоторых классификациях [1, 5, 14] добавлена группа комбинированных рубок (сплошнокотловинная, каймовая, полосно-постепенная) или даны две группы (сплошные и несплошные) и четыре (выделяется группа комплексных рубок).

Почти во всех классификациях приводятся сплошные концентрированные, условно-сплошные, приисково- и подневольно-выборочные рубки, хотя в начале 1990-х гг. сплошные концентрированные рубки исключены из всех официально действующих нормативов, а еще ранее остальные пере-

численные способы были запрещены повсеместно. Все они себя не оправдали, главным образом с лесоводственной стороны.

В классификациях имеются некоторые неточности. В частности, к выборочным рубкам относятся рубки создания ландшафтов; комплексные – и к сплошным рубкам, и к рубкам ухода; к постепенным – группово-выборочные; к сплошнолесосечным – полосно-постепенные. Неудачно деление сплошных рубок на сплошные и сплошнолесосечные. Это одно и то же. Термин «промышленно-выборочные» рубки может свидетельствовать о том, что все остальные рубки непромышленные. «Участковый» способ рубки не может быть способом, поскольку все рубки проводятся на участках леса.

В соответствии с действующими «Правилами рубок главного пользования в равнинных лесах европейской части РФ» [13] проводятся рубки: выборочные (добровольно- и группово-выборочные), постепенные (длительно-постепенные, чересполосные, групповые, равномерно-постепенные), сплошные с предварительным и последующим возобновлением. Такое деление также страдает некоторой неопределенностью. В частности, длительно-постепенные рубки относятся к равномерно-постепенным. Если вводится термин «равномерно-постепенные», то должны быть и неравномерные, которые и будут включать чересполосные и групповые. Метод лесовосстановления определяется только для сплошных рубок.

Как отдельный способ появились «обновительные рубки», смысл которых вообще не поддается никакому пониманию. В соответствии с «Наставлением по рубкам ухода» рубки обновления относятся к рубкам ухода, но проводятся в спелых и перестойных насаждениях в целях их обновления. Таким образом, по существу ими можно считать сплошные рубки с сохранением подроста, равно как и все способы сплошных рубок.

В какой-то мере разнообразие подходов в классификациях рубок главного пользования обуславливается разным пониманием смысла систем и способов рубок. Нет единого определения системы рубок. Если принять, что система рубок главного пользования – совокупность видов рубок, одинаковых по способу их осуществления (ОСТ 66-108–98), то требуется определить понятия «вид и способ рубок».

Целесообразность разработки классификаций и их оценка могут определяться двумя задачами: изучение исторического развития и совершенствование способов рубок главного пользования; возможность их практического применения на основе накопленного опыта с учетом комплекса существующих факторов – экономики, лесоводственных требований, наличия технических средств.

Исходя из этих задач, мы разработали общую классификацию систем рубок (рис. 1), а также систем и способов рубок для ельников и сосняков европейской тайги (рис. 2, 3).

Прежде всего, необходимо определить, что такое система рубок. По нашему мнению, система рубок главного пользования – это совокупность лесоводственно и экономически обоснованных групп и способов рубок леса в воз-

расте количественной или технической спелости, обеспечивающих рациональное лесопользование, лесовосстановление и сохранение лесной среды.

Все рубки главного пользования объединяются в три группы, которые включают способы, различающиеся по организационно-техническим элементам (сплошные, несплошные, размеры лесосек, порядок и сроки приемыкания лесосек, виды обсеменителей, интенсивность, периодичность приемов, равномерность рубок по площади, отбор деревьев в рубку и др.).



Рис. 1. Системы рубок главного пользования в таежной зоне европейской тайги

4\*

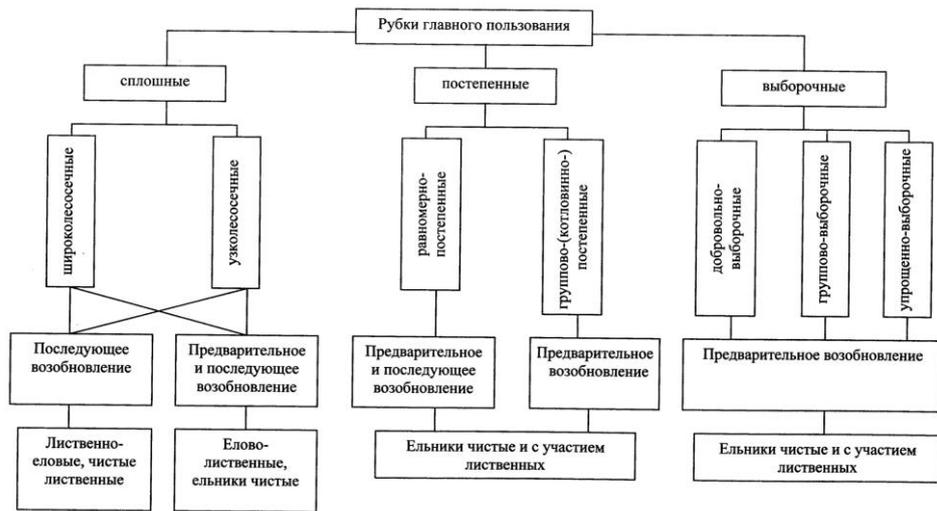


Рис. 2. Системы, способы РГП и лесовосстановления в ельниках

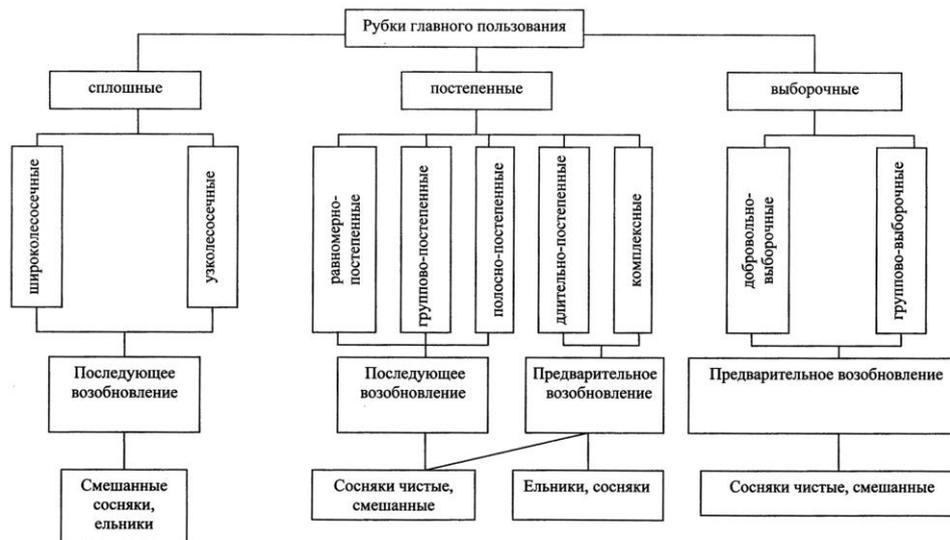


Рис. 3. Системы, способы РГП и лесовосстановления в сосняках

Важной особенностью предложенных групп и способов рубок является определение путей лесовозобновления и формирования производных насаждений. Это позволяет определить в зависимости от исходной характеристики древостоев не только рациональный способ рубки, но и прогнозировать лесовосстановление и лесовыращивание. Крылатый тезис «Рубки и возобновление – синонимы», глубокий по смыслу, остается не наполненным содержанием. Следует восстановить классификацию рубок по способам лесовозобновления.

Ведение лесного хозяйства начинается с рубок леса и должно осуществляться в едином замкнутом цикле: рубки – лесовозобновление – лесовыращивание – рубки с сопутствующими задачами охраны и защиты.

Некоторая характеристика способов рубок была дана нами ранее [2, 3, 15 – 17], требуется уточнить их параметры.

Содержание трех основных групп рубок находится в соответствии с общепринятым понятием лесоводственной сущности и хозяйственным назначением каждой из них. Основное требование к нормативной базе рубок – обеспечение лесовосстановления, сохранение лесной среды и биоразнообразия. Это требование определяется условиями сертификации лесов и вызывает необходимость новых взглядов на рубки. Основное правило проведения всех рубок – лесопользование должно быть экологическим, а рубки наиболее практически приемлемыми.

Способы рубок различаются по лесоводственным и техническим приемам достижения цели, используемым техническим средствам и технологиям, уровню лесоводственных требований по группам лесов и длительности проведения рубок.

Сплошные рубки в зависимости от группы лесов подразделяются на узко- и широколесосечные. При узколесосечных рубках ширина лесосек до 100 м, число зарубов кратно сроку примыкания лесосек. При широколесосечных рубках ширина лесосек до 500 м, площадь 50 га. Сплошные рубки направлены на максимальное использование естественного лесовозобновления (предварительное, последующее, смешанное). Возможны три варианта рубок: а) с сохранением подроста – в древостоях с достаточным для лесовосстановления количеством подроста главных пород; б) с сохранением подроста и до 350 шт./га хвойного тонкомера – в случаях, когда деревья в тонкомерных ступенях толщины оказываются меньше количества, необходимого при выборочных и длительно-постепенных рубках; в) без сохранения подроста – в древостоях, под пологом которых нет подроста и основной упор делается на последующее возобновление. При этом важным организационным элементом широколесосечных рубок является оставление обсеменителей, которым в последние годы уделялось мало внимания. В связи с использованием на лесозаготовках агрегатной техники роль источников семян еще более возрастает. Представляется возможным определять три вида источников семян: одиночные, группы по 3 ... 5 деревьев, семенные полосы. Групповые обсеменители сосны в количестве 10 ... 15 групп на 1 га, по 3 ... 5 деревьев в группе, оставляются в сосняках и ельниках (при наличии в составе сосны) брусничных и черничных. Семенные полосы с расстоянием между ними 200 ... 250 м (три полосы по границам и середине делянок) возможно оставлять шириной 30 ... 60 м во всех типах леса (в зависимости от типа леса, состава, возраста). Исследования показывают, что радиус рассеивания семян сосны – 50 ... 100 м, ели – 250 м и более. Ширина семенных полос в лесосеке устанавливается по преобладающему типу леса и с учетом представленности избыточно увлажненных типов. Наравне с этим необходимо узаконить оставление куртин недорубов так, как это принято в скандинавских странах. С учетом многообразия функций обсеменителей (обсеменительная, средообразующая и т. д.), а также простоты отвода и оставления предпочтение следует отдавать семенным полосам. Многолетний опыт показал их высокую лесоводственную эффективность [7].

В последние годы наибольшая дискуссия ведется по срокам примыкания лесосек. По «Правилам рубок главного пользования ...» в северной подзоне тайги независимо от способа лесовозобновления (последующее или предварительное) срок примыкания лесосек для сосны и ели установлен в 8 лет, в средней и южной для сосны – 5, ели – 4 года. Многочисленные исследования репродуктивной способности сосны и ели показали, что в северной подзоне вероятная повторяемость урожаев семян сосны – 1, ели – 2 раза в 6 ... 10 лет [4, 10, 11 и др.]. В северной подзоне сроки примыкания лесосек (не считая года рубки) целесообразно установить по сосне – 6, ели – 4 года, в средней и южной соответственно 4 и 3 года. При удовлетворительном сохранении подроста и тонкомера, обеспечивающем успешность лесовосстановления, вообще нет необходимости соблюдать сроки примыкания.

Как показали наши исследования, после узколесосечных рубок в ельниках и сосняках вырубki возобновляются за счет сохранения подростa и последующего возобновления хвойными, хвойно-лиственными (60 %), лиственно-хвойными (20 %) и лиственными молодняками. Сплошные рубки вместо «кровопускания лесу» должны превратиться в эффективный инструмент рационального экологического лесопользования.

После различных способов несплошных (постепенные, выборочные) рубок лесовосстановление зависит не только от лесорастительных условий, но и от организационно-технических элементов рубок. Лесообразование может идти за счет смешанного (предварительное, последующее) или только предварительного лесовозобновления. При этом по сравнению со сплошными рубками большее значение имеют зонально-типологические особенности исходных древостоев. В любом случае период лесообразования короткий, а породный состав ограниченный.

Постепенные, выборочные рубки по наиболее важным организационно-техническим элементам – территориальный признак, длительность проведения, повторяемость – группируются в равномерные и неравномерные; кратко- и долгосрочные. К неравномерным относятся групповые, котловинные, полосные.

При краткосрочных постепенных рубках древостой вырубается за 2–3 приема (в условиях Европейского Севера предпочтительнее двухприемные) на протяжении 5 ... 20 лет, при долгосрочных – 21 ... 40 лет и более. В лиственно-еловых насаждениях при достаточно густом еловом ярусе допустима высокоинтенсивная (до 70 ... 80 % по числу стволов) одноприемная рубка с оставлением березы ниже среднего диаметра. Лесоводственные задачи, организационно-технические элементы (длительность, количество приемов, равномерность и др.) определяются в зависимости от состава, полноты и строения древостоя, наличия подростa и второго яруса. Основная цель рубок – обеспечить новое лесовозобновление, доращивание до спелости молодых поколений или второго яруса, улучшение состояния имеющегося подростa.

Краткосрочные равномерно-постепенные рубки проводятся в одновозрастных чистых хвойных и хвойно-лиственных насаждениях. При этом возможны в основном два направления лесообразования: без смены пород – в одновозрастных ельниках черничных и кисличных, возобновляющихся елью; со сменой пород – сосны и лиственных на ель в одновозрастных сосняках, березняках черничных и кисличных, при наличии под их пологом ели.

К краткосрочным неравномерно-постепенным рубкам относятся полосно-постепенные, при которых древостой вырубается чересполосно.

В одновозрастных сосняках брусничных, лишайниковых и мохово-лишайниковых и одновозрастных ельниках черничных и кисличных проводятся двухприемные рубки в целях создания условий для возобновления главной породы. Участок разбивается на полосы шириной, равной двойной средней высоте древостоя. В первый прием лесосеки вырубают чересполос-

но. Второй прием рубок проводится через 8 ... 10 лет и заканчивается сплошной рубкой древостоя в оставшихся несрубленными полосах. В сосняках или древостоях с примесью сосны в ходе первого и второго приемов рубок оставляются семенники сосны в количестве 10 ... 15 шт. на 1 га.

К долгосрочно (длительно)-постепенным рубкам относятся группово (котловинно)-постепенные, длительно-постепенные и комплексные. Групповые, котловинные можно проводить в древостоях с групповым расположением подроста, они различаются величиной площади, занятой подростом. Они предусматривают вырубку в несколько приемов за один-два класса возраста и полное или частичное смыкание за это время участков с подростом по всей площади. По технологии исполнения эти рубки достаточно сложны, и возможные их объемы крайне ограничены.

Объектом длительно-постепенных рубок могут быть: разновозрастные сосняки брусничные и лишайниковые при наличии в них более молодых деревьев тонкомерных ступеней толщины и подроста; смешанные разновозрастные сосново-еловые древостои черничных и кисличных типов с наличием приспевающего или средневозрастного поколений хвойных пород; разновозрастные ельники брусничные с хорошо выраженной тонкомерной частью древостоя и подроста. Здесь в связи с несоответствием ели условиям произрастания после ее доращивания может быть допущена сплошная рубка, несмотря на разновозрастность образования древостоя.

В разновозрастных сосняках и ельниках брусничных, сосново-еловых древостоях рекомендуются двухприемные рубки. В первый прием без индивидуального отбора и клеймения деревьев вырубается с определенного диаметра спелые и перестойные деревья, а также фаутные и сухие, в объеме до 60 % запаса древостоя. Во второй (заключительный) прием через 30 ... 40 лет осуществляется сплошная рубка сформировавшегося за этот период древостоя и сохраняется весь накопившийся под пологом подрост.

Комплексные рубки сочетают элементы рубок главного пользования (рубка спелых и перестойных деревьев в один или два приема) и рубки ухода в оставляемой на доращивание части древостоя, не достигшей возраста спелости. Рубки ухода необходимо проводить по всей площади независимо от характера рубки спелой части насаждения.

Комплексные рубки целесообразны в смешанных лиственно-сосновых, лиственно-еловых, елово-лиственных и сосново-еловых древостоях со вторым ярусом ели на дренированных почвах. В лиственно-сосновых и елово-лиственных насаждениях для назначения рубок должно быть участие лиственных пород в составе не менее 3 единиц и достаточное количество сосны и ели для формирования хвойных древостоев.

В северотаежных лесах предпочтение следует отдавать постепенным долгосрочным рубкам. Последний прием выполняется через 30 ... 40 лет и заключается в сплошной рубке сформировавшегося после ухода древостоя с обеспечением возобновления главной породы. За период 30 ... 40 лет возможно проведение еще одного приема рубок ухода.

При выборочных рубках основным требованием в отличие от сплошных, постепенных является периодическое проведение их в разновозрастных лесах. Основным объектом – ельники черничного и кисличного типов леса, реже черничного влажного, долгомошного. В сосняках эти рубки практического значения не имеют, поскольку разновозрастные древостои встречаются очень редко.

Вообще на разновозрастные древостои приходится около 40 ... 45 % площади, в том числе около 15 ... 20 % на черничные и кисличные. Рубить такие насаждения сплошными рубками, как это происходило и продолжается сейчас, по образному выражению М.М. Орлова, это «все равно, что рубить курицу, несущую золотые яйца».

С учетом невысокого уровня лесного хозяйства и преобладанием эксплуатационных лесов (III группа) на севере целесообразно применять три способа рубки: добровольно-, группово- и упрощенно-выборочный.

Добровольно-выборочные рубки в наибольшей степени отвечают лесоводственным требованиям, но они трудоемкие и сложные для исполнения. Основным организационно-техническим элементом – подеревный индивидуальный с клеймением отбор деревьев в рубку и оставление, который регламентируется их состоянием, размером, возрастом, энергией роста, полнотой, устойчивостью.

Исходя из этих показателей и, главное, устойчивости после рубки, ее интенсивность устанавливается в каждом конкретном случае и может колебаться от 20 до 45 % по запасу и от 10 до 20 % по числу деревьев с периодичностью 20 ... 30 лет.

Группово-выборочные – многоприемные долгосрочные, неравномерные по площади рубки – носят очаговый (групповой) характер и обеспечивают формирование группово-разновозрастной структуры леса. Количество очагов рубки находится в зависимости от их наличия и размера. Общая интенсивность выборки по запасу в среднем не должна превышать 20 % (от 10 до 30 %) с повторностью 10 ... 20 лет.

Упрощенно-выборочные рубки – наиболее простой вариант, особенно в лесах III группы. Их целевое назначение заключается в том, чтобы за счет упрощения отдельных элементов организации выборочных рубок без нарушения лесоводственных требований получить возможность широкого их промышленного применения с использованием закономерности структуры разновозрастных древостоев [15]. Рубка основывается не на подеревном, а на обобщенном, без клеймения, назначении к вырубке всех перестойных и, частично или полностью, спелых деревьев. Конкретный режим рубки регулируется величиной отпускового диаметра. На доращивание оставляют тонкомерные деревья (ступени толщины 8, 12, 16 см) при густоте не менее 400 ... 500 шт./га при исходной полноте 0,5–0,6 и 500 ... 600 шт./га при полноте 0,7 и выше, а также подрост – от 1,5 шт./га и более. Интенсивность рубки может колебаться по запасу от 30 до 60, по числу стволов – до 30 %. Полнота не должна быть ниже 0,4, обеспечивающей через 30 ... 40 лет воссоздание неоднородного по спелости и возрасту древостоя. Упрощенно-

выборочным рубкам в наибольшей степени соответствуют разновозрастные ельники со средним диаметром от 17 до 21 см, в которых на тонкомерные деревья по числу стволов приходится не менее 55 ... 60 %.

Упрощенно-выборочные рубки принципиально отличаются от подневольно-выборочных и тем более от условно-сплошных, при которых на основе отпускного диаметра вырубалась деловая древесина установленного размера и имеющая сбыт, независимо от состава, строения, возрастной структуры, а главное, без соблюдения лесоводственных требований. Они отличаются и от длительно-постепенных рубок, завершающихся через 30 ... 40 лет сплошной рубкой и относящихся к лесосечной, а не выборочной форме хозяйства.

Следует отметить, что рубки с отпускного (целевого) диаметра чаще всего вызывают дискуссии. Однако правомерность такого подхода установлена и «Правилами рубок ...» при проведении длительно-постепенных рубок. Стихийно в производственных условиях рубки с отпускного диаметра уже проводятся. Главный критерий, который должен обязательно соблюдаться, это число деревьев, оставляемых на доращивание.

При всех несплошных рубках (постепенные, выборочные) нет необходимости устанавливать сроки примыкания и площадь лесосеки.

Заключая, можно отметить, что соотношение систем рубок на Европейском Севере в объемных показателях по площади должно составлять: сплошные – 55 ... 60, постепенные, выборочные – около 40 %.

Способы рубок и их организационно-технические элементы в зависимости от характеристики древостоев представлены в таблице. Реализация систем рубок и таких объемов их проведения будет способствовать рациональному экологическому лесопользованию и сохранению лесов.

#### Организационно-технические элементы рубок главного пользования

Характеристика древостоев	Способ рубки	Площадь лесосеки, га	Ширина лесосеки, м	Сроки примыкания, лет	Примемы	Интенсивность, %		Характеристика оставшейся части
						по N	по M	
Сосняки								
1. Одновозрастные чистые или с примесью ели и других пород	С.Ш.	50	≤ 500	3-6	–	100	100	Подрост и тонкомер
	С.У.	–	≤ 100	(по породам и подзонам)	–	100	100	То же
	П.П. (лиш., вереск, мох.- лиш.)	–	–	–	1-й 2-й через 8-10 лет	–	55 100	55 100
2. Одновозрастные со 2-м ярусом средневозрастной или	С.Ш.	50	≤ 500	–	–	100	–	Второй ярус, семенники
	С.У.	–	≤ 100	–	–	по сосне	–	сосны То же

приспевающей ели	Р.П.	–	–	–	1-й 2-й через 15-20 лет	70 95	60 95	Второй ярус, семенники сосны
3. Разновозрастные, чистые с наличием средневозрастных и приспевающих поколений	Д.П.	–	–	–	1-й 2-й через 30-40 лет	– 100	60 100	350...400 деревьев, подрост, тонкомер
4. Разновозрастные	Д.В.	–	–	–	1-й, последующие через 20-30 лет	10-20	20-45	

## Ельники

1. Одновозрастные, чистые или с небольшим участием других пород (С, Б, Ос)	С.Ш.	50	≤ 500	3-4	–	100	100	Подрост, тонкомер То же
	С.У.	–	≤ 100	–	–	100	100	
2. Разновозрастные	Д.В.	–	–	–	1-й, повторность 20-40 лет	10-30	20-30	

Окончание таблицы

Характеристика древостоев	Способ рубки	Площадь лесосеки, га	Ширина лесосеки, м	Сроки примыкания, лет	Примемы	Интенсивность, %		Характеристика оставшейся части
						по N	по M	
	У.В.	–	–	–	1-й, повторность 20-40 лет	5-25	30-60	Не менее 400 деревьев на 1 га и подрост при первом приеме
	Д.П.				По аналогии с сосняками			
			Березняки, осинники					
1. Простые, чистые	С.Ш.	50	≤ 500	3-5	–	100	100	
2. Спелые и перестойные со 2-м ярусом средневозрастной или приспевающей ели	Р.П.	–	–	–	1-й 2-й через 10-20 лет	60	≤ 70	Весь еловый ярус То же

П.П. К.	-	-	-	По аналогии с сосняками		Подрост, тонкомер, еловый ярус
				1-й	60   70 по лиственным 30   40 по ели (руб- ки ухода)	
				2-й через 30-40 лет	100   100	

Примечание. 1. В одновозрастных сосняках, ельниках, лиственных с участием ели группового расположения – группово-постепенные (Г.П.), в разновозрастных – группово-выборочные (Г.В.).

2. Все способы несплошных рубок, узколесосечных проводятся в первую очередь в лесах I, II групп, в долгомошных, сфагновых (за исключением узколесосечных) не проводятся.

3. Условные обозначения: С.(Ш.У.) – сплошные широко- и узколесосечные, П.П. – полосно-постепенные, Р.П. – равномерно-постепенные, Д.П. – длительно-постепенные, К. – комплексные, Д.В. – добровольно-выборочные, У.В. – упрощенно-выборочные.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белов С.В. Лесоводство / С.В. Белов. – М., 1983. – 351 с.
2. Волосевич И.В. Способы рубок главного пользования в лесах различных групп и их проектирование / И.В. Волосевич, Г.А. Чибисов, Н.И. Вялых // Вопросы экономики лесного хозяйства и лесоустройства на Европейском Севере. – Архангельск, 1987. – С. 87–103.
3. Вялых Н.И. Рубки главного пользования и естественное лесовозобновление / Н.И. Вялых, Г.А. Чибисов // Леса и лесное хозяйство Архангельской области. – Архангельск, 1988. – С. 112–124.
4. Гиргидов Д.Я. Новый опыт прогноза урожая семян сосны / Д.Я. Гиргидов // Бюл. науч.-техн. информ. ЛенНИИЛХа. – 1959. – Вып. 8. – С. 8–10.
5. Горшенин М.Н. Лесоводство / М.Н. Горшенин, А.З. Швиденко. – Львов, 1977. – 303 с.
6. Желдак В.И. Лесоводство / В.И. Желдак, В.Г. Атрохин. – М., 2003. – 336 с.
7. Листов А.А. Советско-болгарский опыт по лесовосстановлению в Мезенском бассейне / А.А. Листов, Г.А. Чибисов, Е.Г. Тюрин, Б.А. Ковалев // Экспресс-информ. Сер. Лесоводство, лесоведение, лесные пользования. – 1987. – № 10. – С. 2–21.
8. Луганский Н.А. Лесоводство / Н.А. Луганский, С.В. Залесов, В.А. Щавровский. – Екатеринбург, 1996. – 319 с.
9. Мелехов И.С. Лесоводство / И.С. Мелехов. – М., 1989. – 303 с.
10. Молчанов А.А. География плодоношения главнейших древесных пород СССР / А.А. Молчанов. – М.: Наука, 1967. – 122 с.
11. Некрасова Т.П. Семенные годы и проблема урожаев у хвойных древесных пород / Т.П. Некрасова // Тр. по лесн. хоз-ву Зап. Сибири. – 1957. – Вып. 3. – С. 10–12.

12. *Побединский А.В.* Рубки главного пользования / А.В. Побединский. – М., 1980. – 192 с.
13. Правила рубок главного пользования в равнинных лесах европейской части Российской Федерации. – М., 1994. – 32 с.
14. *Тихонов А.С.* Теория и практика рубок / А.С. Тихонов, С.С. Зябченко. – Петрозаводск, 1990. – 224 с.
15. *Чибисов Г.А.* Технические указания по совершенствованию рубок главного пользования в наиболее распространенных типах леса Европейского Севера / Г.А. Чибисов, И.В. Волосевич, Н.И. Вялых. – Архангельск, 1975. – 24 с.
16. *Чибисов Г.А.* Ускоренное выращивание ельников в Европейско-Уральской зоне / Г.А. Чибисов // Лесохоз. информ. – 1990. – № 2. – С. 15–22.
17. *Чибисов Г.А.* Система рубок, их классификация и пути лесовозобновления / Г.А. Чибисов, Н.И. Вялых // Материалы отчетной сессии по итогам науч.-исслед. работ за 1993 г. – Архангельск, 1994. – С. 32–36.

СевНИИЛХ

Поступила 24.02.05

*G.A. Chibisov, N.I. Vyalykh*

### **Final Felling System and Reforestation in Taiga Zone of European Part of Russia**

General classification of the felling system as well as felling groups and practice in the pine and spruce stands of the European taiga are offered. The definition of the felling system is provided. The felling practice is viewed together with reforestation types and forecast of second growth forests formation. Organization-and-technical elements are given for the main categories of the forest stands.

---

УДК 630\*232.322.4:630\*174.754

***И.И. Степаненко***

Степаненко Ирина Ивановна родилась в 1962 г., окончила в 1984 г. Московский лесотехнический институт, кандидат биологических наук, доцент кафедры лесоводства и подсочки леса Московского государственного университета леса. Имеет более 30 научных работ по вопросам анатомического строения древесины, повышения продуктивности леса, лесной типологии.



### **ПОВЫШЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ В РЕЗУЛЬТАТЕ ВНЕ- СЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ**

Приведены результаты исследования влияния однократного внесения минеральных удобрений на радиальный, текущий приросты и строение древесины сосны. Установлена зависимость продуктивности и строения древесины сосны от типов леса, видов и доз минеральных удобрений.

*Ключевые слова:* виды и дозы удобрений, прирост, структура древесины, типы леса.

В лесной науке трудно найти область знаний, которой не уделит бы внимание выдающийся лесовод, ученый-энциклопедист, академик Иван Степанович Мелехов. Лесу он посвятил 75 лет своей жизни, став в славной плеяде главных лесоводов России в один ряд с Г.Ф. Морозовым, М.Е. Ткаченко, В.Н. Сукачевым. Он знал, любил, понимал и чувствовал лес, видел происходящие в нем глобальные и детальные процессы и явления. Одним из ведущих научных направлений, которым И.С. Мелехов занимался в течение всей своей творческой жизни, было изучение продуктивности леса, способов и методов ее повышения. Итогом многолетней работы стала разработанная им система мероприятий по повышению древесной продуктивности леса, которая получила международное признание и широкое применение. Важным мероприятием в этой системе является использование минеральных удобрений [3, 4].

Многочисленные исследования, проведенные в России и других странах, показали, что внесение удобрений способствует значительному повышению продуктивности леса и вызывает изменения в строении и качестве древесины. Характер этих изменений зависит от биологических, лесоводственных особенностей удобряемых объектов, экологических факторов, технологии внесения удобрений [5, 7–18]. На кафедре лесоводства МГУЛ под руководством И.С. Мелехова проводились исследования влияния минеральных удобрений на продуктивность лесных насаждений и строение древесины с учетом этих факторов.

Опыты проводились в приспевающих и спелых сосняках южной тайги Унженской низменности в трех типах леса: сосняках брусничном, лишайниковом и долгомошном. Сосняк брусничный произрастает в свежих

условиях ( $B_2$ ); лишайниковый – в сухих ( $A_1 - B_1$ ) на дерново-средне- и слабоподзолистых песчаных почвах; долгомошный – в сырых условиях местопроизрастания, на глеевых слабодренированных песчаных почвах.

Во всех изучаемых насаждениях имелась тенденция снижения их радиального прироста. Анализы почвы, хвои и листьев показали низкую обеспеченность сосны азотом (N), фосфором (P) и калием (K) во всех типах леса.

Для улучшения минерального питания сосняков ВНИИХлесхозом в 1982 г. были заложены пробные площади и внесены удобрения в форме карбамида (46 % N), гранулированного суперфосфата (20 %  $P_2O_5$ ) и хлористого калия (54 %  $K_2O$ ). В каждом типе леса с трехкратной повторностью испытывали четыре вида (N, P, K, NPK) по три дозы (100, 150, 200 кг/га действующего вещества) удобрений.

Радиальный и текущий прирост сосны изучали на удобренных и контрольных (неудобренных) пробных площадях. Исследовали формирование прироста за 5 лет до удобрения (1977–1981 гг.) и за 6 лет после удобрения (1982–1987 гг.). Данные удобренных участков сравнивали с контрольными (неудобренными) и с данными за 5 лет до удобрения, достоверность различий проверяли по t-критерию Стьюдента. Различия оказались значимы при вероятности 0,95.

Модельные деревья подбирали с учетом темпов роста и развития деревьев по классификации Крафта из средних ступеней толщины каждого класса. В нашей работе представлены результаты по преобладающему в изучаемых древостоях II классу Крафта, который составлял 37,0 ... 37,9 %. Образцы древесины брали на высоте 1,3 м возрастным буравом «Dios» (Швеция).

Изучали влияние видов, доз минеральных удобрений на прирост сосны и некоторые показатели макроструктуры древесины, характеризующие ее качество: ширину годичного слоя, содержание в нем поздней древесины, число слоев в 1 см. Макроструктуру древесины исследовали на кернях и поперечных срезах образцов с помощью микроскопа МБР-1 и шкалы окуляр-микрометра МОВ-1-15<sup>x</sup>.

Результаты исследований различались по типам леса, видам и дозам удобрений. Наибольший положительный эффект отмечен в сосняке брусничном. В этом типе леса все удобрения (в разной степени в зависимости от вида и дозы) способствовали увеличению радиального прироста и процента поздней древесины в годичных слоях сосны.

Максимальное улучшение макроструктуры древесины наблюдалось в опытах с азотными (N) и полными (NPK) удобрениями (см. таблицу), особенно в дозах 150 и 200 кг/га д.в. За 6 лет радиальный прирост увеличился в среднем на 76,9 ... 117,9 %, содержание поздней древесины на 8,3 ... 30,7 %, число слоев в 1 см снизилось в 1,7 – 2,0 раза, до 9 ... 11 шт./см и сформировались более равномерные по сравнению с контролем годичные слои.

В опытах с калийными и фосфорными удобрениями радиальный прирост увеличивался пропорционально повышению дозы вносимых удоб-

рений. Так, калийные удобрения способствовали возрастанию радиального прироста на 45,2 ... 72,7 %, доли поздней древесины на 10,4 ... 17,9 %. Внесение К 200 вызвало значительное увеличение радиального прироста, но мало повлияло на его структуру (различие в содержании поздней древесины по сравнению с контролем оказалось несущественным). Калийные удобрения во всех дозах привели к уменьшению числа годичных слоев в 1 см в 1,5 – 1,9 раза.

Фосфорные удобрения дали повышение радиального прироста на 35,8 ... 52,4, содержания поздней древесины на 10,7 ... 17,0 % и снижение числа годичных слоев в 1 см в 1,4 – 1,5 раза.

В сосняке брусничном азотные и полные удобрения за 6 лет действия обеспечили получение дополнительно 20 ... 33 м<sup>3</sup>/га древесины сосны, калийные – 8,1 ... 21,2, фосфорные – 8,5 ... 16,9 м<sup>3</sup>/га (см. таблицу).

Для полных, фосфорных и калийных удобрений оптимальной оказалась доза 200, для азотных — 150 кг/га д. в., когда увеличение приростов радиального и дополнительного текущего сопровождалось улучшением структуры древесины – повышением процента поздней древесины в годичных слоях сосны.

В сосняке лишайниковом наиболее эффективны были азотные удобрения, в вариантах со всеми дозами увеличились радиальный прирост на 41,9 ... 59,7, содержание поздней древесины на 13,2 ... 20,8 %, снизилось число слоев в 1 см в 1,4 – 1,5 раза, до 12 шт./см. Полные удобрения не влияли на структуру годичного слоя, но его ширина увеличилась на 14,9 ... 50,9 %, число слоев в 1 см уменьшилось в 1,3 – 1,4 раза, до 12 ... 13 шт./см. Азотные и полные удобрения за 6 лет способствовали получению 5,0 ... 18,5 м<sup>3</sup>/га дополнительного текущего прироста древесины (см. таблицу).

Фосфорные и калийные удобрения в сосняке лишайниковом не влияли на радиальный прирост, только в дозе 200 кг/га д. в. вызвали изменения в строении древесины. Внесение Р 200 дало повышение в годичном слое содержания поздней древесины на 18 %, К 200 – снижение радиального прироста на 18,5, поздней древесины — на 9,8 % по сравнению с контролем и увеличение числа слоев в 1 см в 1,3 раза, до 23 шт./см.

В сосняке долгомошном удобрения в меньшей степени влияли на радиальный прирост и вызвали другой характер изменений в структуре древесины сосны по сравнению с ранее рассмотренными типами леса. Только азотные (N 150, N 200) и полные ((NPK)150) удобрения повлияли на радиальный прирост и его структуру. Их действие было различно в зависимости от вида и дозы удобрений. Если при внесении N 150 повышение радиального прироста составило 18,8 %, а структура древесины не изменилась, то при N 200 прирост увеличился на 24,5 % и содержание поздней древесины снизилось на 10,3 %. (NPK)150 отрицательно повлияло на строение древесины сосны: мало изменился радиальный прирост, но уменьшилось со-

держание поздней части годичного слоя на 17,4% (см. таблицу). Число годичных слоев в 1 см во всех вариантах опыта почти не изменилось.

Вариант опыта	Сосняк брусничный			Сосняк лишайниковый			Сосняк долгомошный		
	Процент поздней древесины	Прирост		Процент поздней древесины	Прирост		Процент поздней древесины	Прирост	
		радиальный, мм	дополнительный текущий, м <sup>3</sup> /га		радиальный, мм	дополнительный текущий, м <sup>3</sup> /га		радиальный, мм	дополнительный текущий, м <sup>3</sup> /га
Контроль	<u>33,6</u> 100,0	<u>0,553</u> 100,0	–	<u>35,6</u> 100,0	<u>0,538</u> 100,0	–	<u>40,8</u> 100,0	<u>1,349</u> 100,0	–
N 100	<u>36,4*</u> 108,3	<u>0,978*</u> 176,8	19,8*	<u>40,3*</u> 113,2	<u>0,827*</u> 141,9	10,3*	<u>39,7</u> 97,3	<u>1,442</u> 106,9	2,7
N 150	<u>42,2*</u> 125,6	<u>1,099*</u> 198,7	28,2*	<u>40,3*</u> 113,2	<u>0,931*</u> 159,7	18,5*	<u>41,7</u> 102,2	<u>1,603*</u> 118,8	10,3*
N 200	<u>40,4*</u> 120,2	<u>1,067*</u> 192,9	24,2*	<u>43,0*</u> 120,8	<u>0,875*</u> 150,1	15,7*	<u>36,6*</u> 89,7	<u>1,679*</u> 124,5	11,9*
(NPK)100	<u>43,7*</u> 130,1	<u>1,152*</u> 208,3	28,7*	<u>35,9</u> 100,8	<u>0,670</u> 114,9	5,3*	–	–	–
(NPK)150	<u>43,9*</u> 130,7	<u>1,080*</u> 195,3	24,3*	<u>32,8</u> 92,1	<u>0,786*</u> 134,8	11,9*	<u>33,7*</u> 82,6	<u>1,487</u> 110,0	4,6
(NPK)200	<u>39,1</u> 116,4	<u>1,205*</u> 217,9	32,6*	<u>39,1</u> 109,8	<u>0,881*</u> 151,1	16,4*	–	–	–
P 100	<u>37,6*</u> 111,9	<u>0,751*</u> 135,8	8,5*	<u>37,3</u> 104,8	<u>0,596</u> 102,2	2,7	–	–	–
P 150	<u>37,2*</u> 110,7	<u>0,753*</u> 136,2	8,3*	<u>37,4</u> 105,1	<u>0,555</u> 95,2	1,2	<u>37,0</u> 90,7	<u>1,291</u> 95,7	–1,4
P 200	<u>39,3*</u> 117,0	<u>0,843*</u> 152,4	16,9*	<u>42,0*</u> 118,0	<u>0,638</u> 109,4	4,6*	–	–	–
K 100	<u>38,5</u> 114,6	<u>0,803*</u> 145,2	8,1	<u>35,6</u> 100,0	<u>0,502</u> 86,1	–1,3	–	–	–
K 150	<u>39,6*</u> 117,9	<u>0,835*</u> 151,0	13,7*	<u>36,7</u> 103,1	<u>0,568</u> 97,4	0	<u>42,5</u> 104,2	<u>1,297</u> 96,1	–1,3
K 200	<u>37,1</u> 110,4	<u>0,955*</u> 172,7	21,2*	<u>32,1*</u> 90,2	<u>0,475*</u> 81,5	–3,3	–	–	–

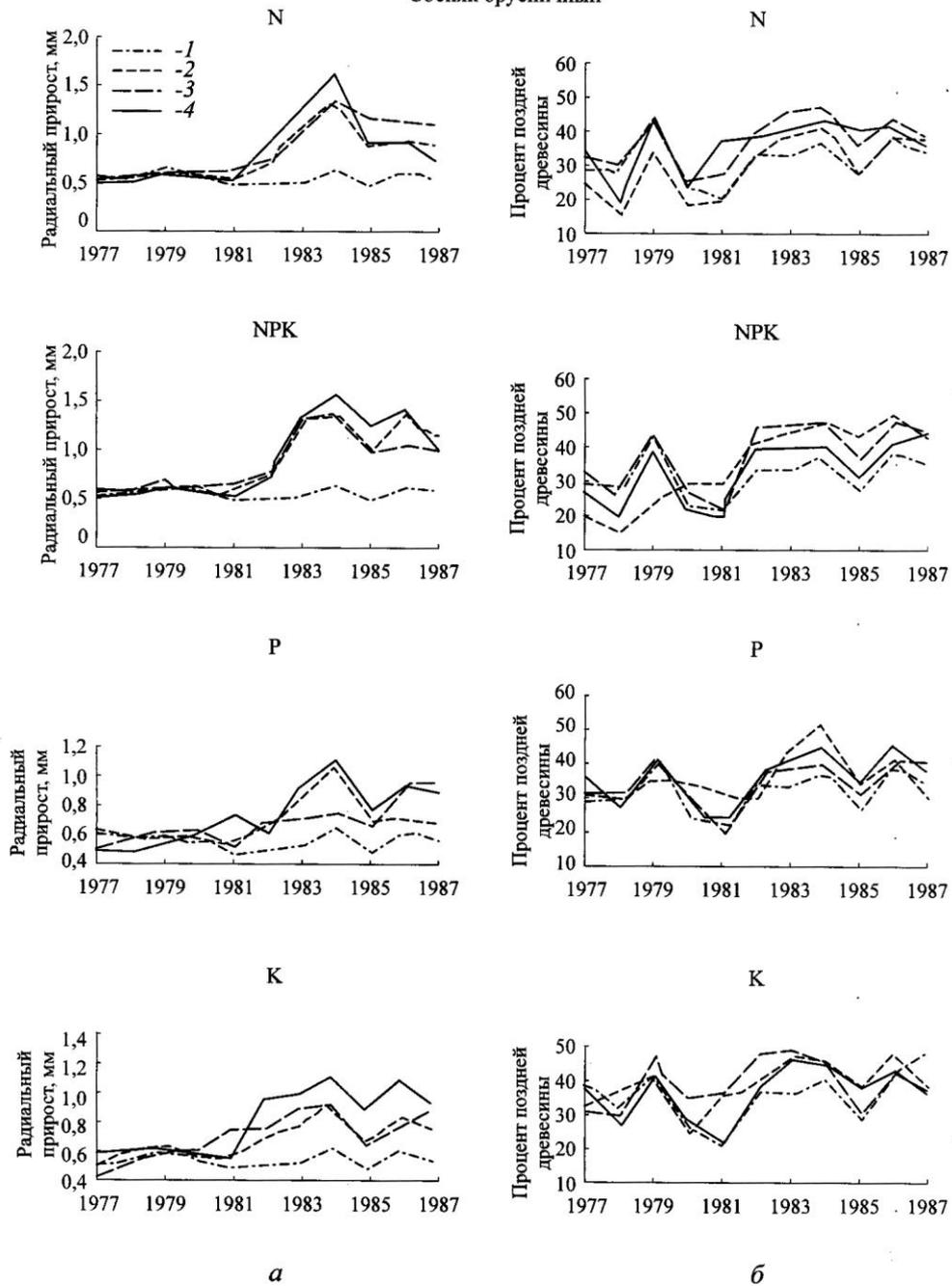
Примечание. В числителе – абсолютные значения признака, в знаменателе – % от контроля. Звездочкой отмечены значения, для которых различие с контролем существенно с вероятностью 0,95 ( $t_{\phi} > t_{\tau}$ );  $t_{\tau} = 2,2$ .

Важным показателем качества древесины является равномерность ее строения. Изменения в радиальном приросте и его структуре зависят от типа леса, вида, дозы удобрений и климатических факторов.

В результате анализа строения древесины сосны за 6 лет действия удобрений в разных типах леса установлено, что в большинстве опытов с удобрениями формировалась древесина, менее равномерная по строению, чем в контроле, что связано со значительными перепадами в ширине годичных слоев и проценте поздней древесины. В динамике радиального прироста удобренных деревьев и его структуры наблюдались две тенденции: 1 – значительное увеличение ширины годичных слоев в первые 3 года после внесения удобрений (1982–1984 гг.), максимальное на третий год их действия; 2 – уменьшение ширины годичных слоев и содержания поздней древесины на 4 – 6-й годы после внесения удобрений. Но к концу 6-го года в

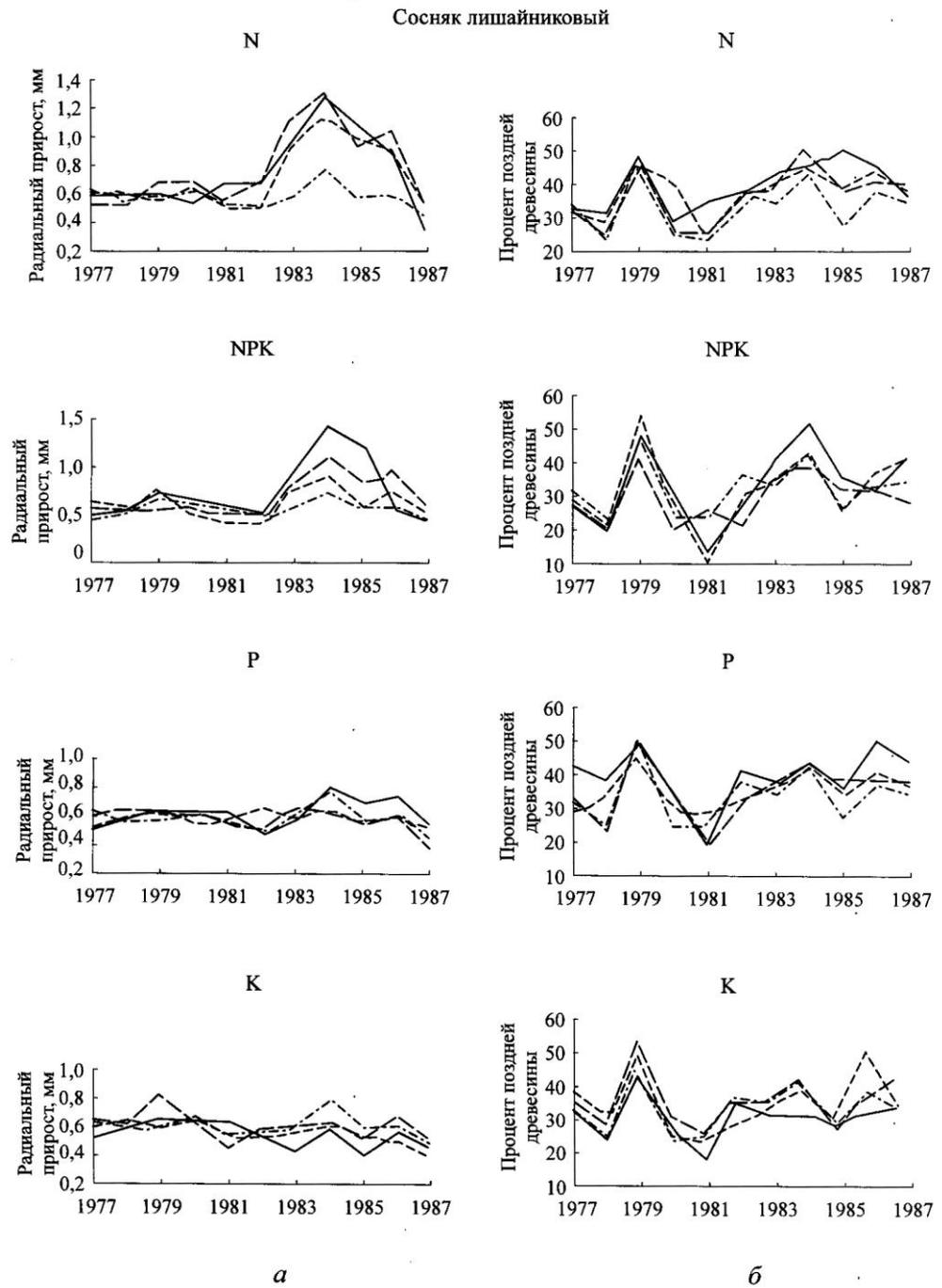
большинстве опытов ширина годичного слоя была больше, чем в контроле (см. рисунок).

Сосняк брусничный

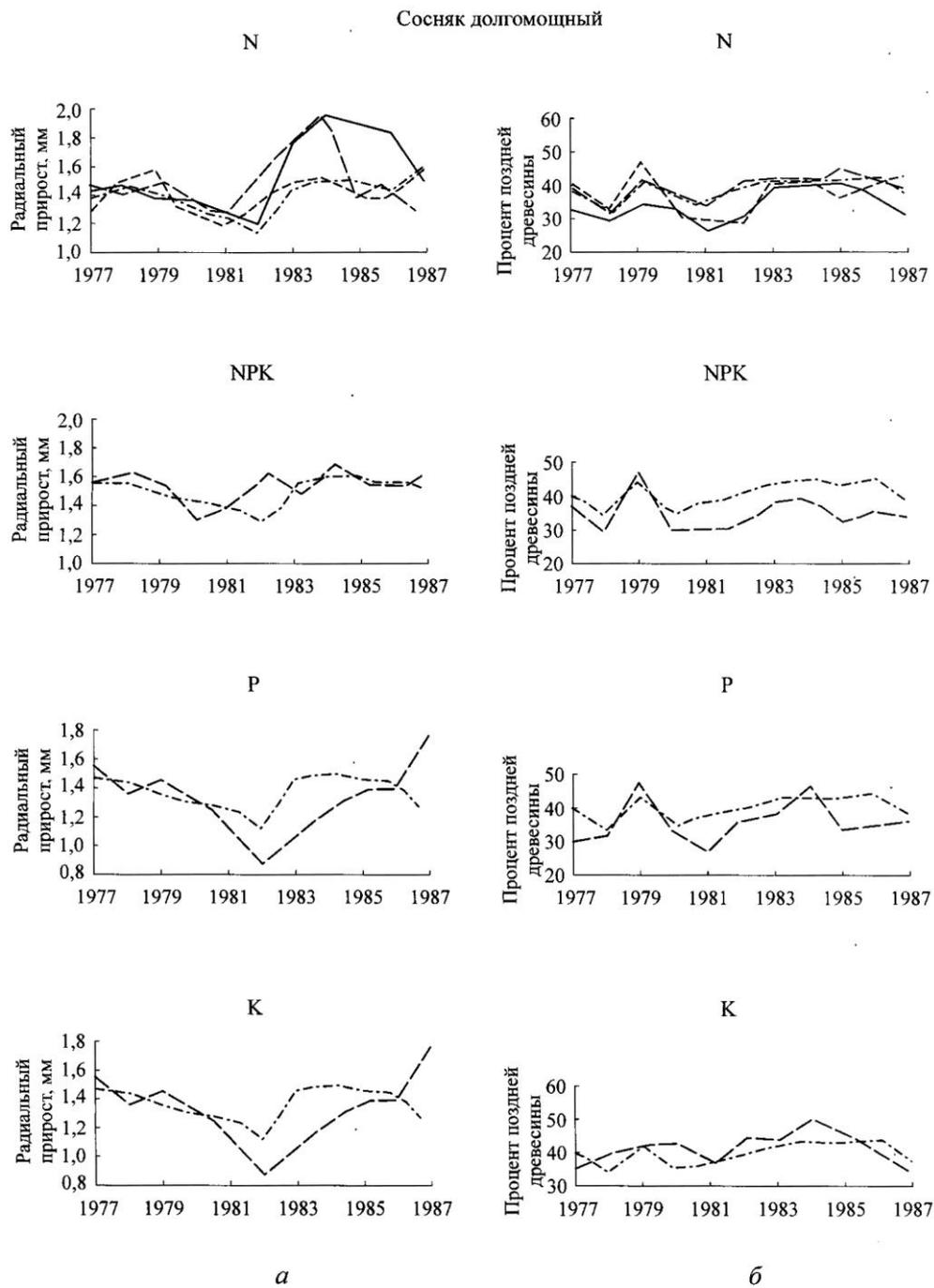


Зависимость радиального прироста (а) и процента поздней древесины (б) от видов и доз минеральных удобрений: 1 – контроль; 2 – 100; 3 – 150; 4 – 200 кг/га д.в.

5



Продолжение рисунка



5\*

Увеличение перепадов в ширине годичных слоев и содержании поздней древесины, а следовательно, ухудшение качества древесины отмечено при внесении удобрений: в сосняке брусничном – (NPK) 100, P 200, K 100, K 150, K 200; лишайниковом – (NPK) 100, K 150; долгомошном – N 100, N 150, (NPK) 150, K 150.

Положительные изменения в динамике радиального прироста вызвали: в сосняке брусничном – N 200, лишайниковом – N 100 и N 200, способствуя в течение 6 лет формированию древесины оптимальных структуры и числа годичных слоев в 1 см. Спелость древесины сосны считается наилучшей при содержании годичных слоев в 1 см от 3 до 25 [6], ширина годичного слоя – не более 1,0 ... 1,5 мм [5, 19], а содержание поздней древесины – 30 % и выше [1, 2].

Таким образом, с помощью минеральных удобрений с учетом их видов, дозы и типов леса можно значительно повысить продуктивность лесных насаждений и выращивать древесину высокого качества. В сосняке брусничном наибольший дополнительный текущий прирост древесины (24 ... 33 м<sup>3</sup>/га) оптимального строения дают азотные и полные удобрения в дозах 150 и 200 кг/га, в сосняке лишайниковом (16 ... 19 м<sup>3</sup>/га) – азотные удобрения в дозе 200 кг/га д. в. В сосняке долгомошном применение минеральных удобрений малоэффективно. Видимо, перед их внесением необходимо проведение осушительной лесомелиорации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вихров В.Е. Исследования строения и технических свойств древесины в связи с типами леса / В.Е. Вихров // Вопросы лесоведения и лесоводства. – М.: Лесн. пром-сть, 1954. – С. 317–334.
2. Мелехов И.С. О качестве северной сосны / И.С. Мелехов. – Архангельск: Севгиз, 1932. – 20 с.
3. Мелехов И.С. Проблемы современного лесоводства / И.С. Мелехов. – М.: Лесн. пром-сть, 1969. – 46 с.
4. Мелехов И.С. Лесоводство / И.С. Мелехов. – М.: Госагропромиздат, 1989. – 302 с.
5. Паавилайнен Э. Применение минеральных удобрений в лесу / Э. Паавилайнен; пер. с фин. Л.В. Блюдника; под ред. В.С. Победова. – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 96 с.
6. Перелыгин Л.Н. Строение древесины / Л.Н. Перелыгин. – М.: Изд-во АН СССР, 1954. – 199 с.
7. Победов В.С. Отечественный опыт удобрения лесов: обзор / В.С. Победов. – М.: ЦБНТИлесхоз, 1984. – Вып. 2. – 25 с.
8. Сляднев А.П. Комплексный способ выращивания сосновых насаждений / А.П. Сляднев. – М.: Лесн. пром-сть, 1971. – 105 с.
9. Справочник по удобрению в лесном хозяйстве / [В.С. Победов, И.М. Булавик, Е.А. Лебедев и др.]; отв. ред. В.С. Победов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1986. – 172 с.

10. *Степаненко И.И.* Влияние минеральных удобрений на строение и формирование древесины сосны в связи с типами леса: автореф. дис. ... канд. биол. наук / И.И. Степаненко. – М., 1993. – 24 с.

11. *Степаненко И.И.* Динамика формирования древесины сосны в удобренных насаждениях разных типов леса / И.И. Степаненко // Строение, свойства и качество древесины – 2000: материалы III Междунар. симпозиума. 11-14 сент. 2000. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2000. — С. 95–98.

12. *Штукин С.С.* Эффективность плантационного выращивания крупномерной древесины сосны и ели / С.С. Штукин // Лесоведение и лесное хозяйство. – Минск, 1988. – № 23. – С. 51–55.

13. *Шутов И.В.* Лесные плантации (ускоренное выращивание ели и сосны) / И.В. Шутов, Е.Л. Маслаков, И.А. Маркова [и др.]. – М.: Лесн. пром-сть, 1984. – 248 с.

14. *Bergland R.T.* Practices and problems in forest fertilization / R.T. Bergland // St. Joseph, Mich. – 1971. – 17 p.

15. *Bonneau M.* Effect a 12 et 14 ans de la fertilisation sur deux plantations d'epicea Commun de l'Ouest du Massif Central / M. Bonneau // Revue forestiere francaise. – 1983. – N 2. – P. 98–106.

16. *Klem G.S.* Quality of wood from fertilized forests / G.S. Klem // Tappi. – 1968. – N 51. – P. 99–102.

17. *Laakkonen O.* Toistwvan lannoituksen kannattavuus etelasuomen Ruivahkon Ranaan mannikoissa / O. Laakkonen // Folia Forest. – 1989. – N 741. – S. 1–26.

18. *Ondro W.J.* Financial return from fertilizing 70-year old Lodgepole Pine near Hinton, Alberta / W.J. Ondro, L.F. Constantino // Forest. Chron. – 1990. – 66, N 3. – P. 287–292.

19. *Paschke M.* Soil nitrogen mineralization in plantation of *Juglans nigra* interplanted with ectinorhizal *Elaeagnus umbellata* or *Alnus glutinosa* / M. Paschke, J. Dawson, M. David // Plantland soil. – 1989. – 118, N 1-2. – P. 33–42.

Московский государственный  
университет леса

Поступила 18.04.05

*I.I. Stepanenko*

### **Increasing Productivity of Pine Stands by Mineral Fertilizers Application**

The study results for the influence of the single mineral fertilizers application on the radial and basic wood increment and pine wood structure are provided. The dependence of the pine productivity and wood structure on the forest types, fertilizers' types and dose is set.

УДК 630\*181.65:630\*174.754(1-924.85)

***С.М. Матвеев***

Матвеев Сергей Михайлович родился в 1962 г., окончил в 1984 г. Воронежский лесотехнический институт, доктор биологических наук, доцент кафедры лесоводства Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет 53 научные работы в области лесной экологии, дендроклиматологии, дендроиндикации естественной и антропогенной динамики лесных экосистем.



### **ДИНАМИКА ПОЗДНЕЙ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В РАЗЛИЧНЫХ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ**

Изучена динамика доли поздней древесины в общей ширине годичного кольца сосны обыкновенной в борах Центральной лесостепи. Установлено ее увеличение с возрастом, а также от сухих и бедных к влажным и плодородным лесорастительным условиям.

*Ключевые слова:* сосна обыкновенная, радиальный прирост, поздняя древесина, боры лесостепи, лесорастительные условия.

Изучению структуры и динамики годичных слоев большое значение придавал академик Иван Степанович Мелехов. Еще в 1979 г. [5] он обращал внимание лесоводов и дендроклиматологов на необходимость учета региональных особенностей климата и проведения локальных исследований, предостерегая от излишне широких географических обобщений на ограниченном местном материале. Кроме того, Иван Степанович подчеркивал неодинаковое проявление одних и тех же климатических факторов в различных лесорастительных условиях. Важным качественным показателем древесного прироста он считал соотношение ранней и поздней древесины.

По результатам исследований Н.Е. Косиченко [1], в лесостепи у хвойных на протяжении всего периода роста дерева остается почти постоянной ширина поздней, а у лиственных кольцесосудистых – ранней части годичного кольца. Автор объясняет это явление жестким генетическим контролем наиболее прогрессивной (в эволюционном отношении) части годичного слоя. Для хвойных это поздняя часть (поздние трахеиды), для лиственных кольцесосудистых – ранняя (сосуды). Следовательно, уменьшение ширины годичного кольца с возрастом (или в связи с изменением экологических условий) у хвойных происходит за счет ранней древесины, у лиственных – поздней. В результате у хвойных процент поздней древесины с возрастом растет, у лиственных кольцесосудистых уменьшается [1]. Обратную зависимость в северной подзоне европейской тайги обнаружили П.А. Феклистов, В.Н. Евдокимов, В.М. Барзут [8]: средний процент поздней древесины сосны с возрастом имеет тенденцию к уменьшению. Статистический анализ показал, что доля поздней древесины сосны является наиболее варь-

ируемой составляющей годичного кольца. Отмечается также сильная ее зависимость от лесорастительных условий.

Наши исследования [3, 4] показали, что хотя изменчивость ширины поздней части древесины с возрастом значительно меньше, чем ранней, но колебания между соседними годами велики. Это хорошо отражает динамика ширины поздней древесины, выраженная в относительных индексах: амплитуда ее колебаний больше, чем общей ширины годичного кольца. Приведенные данные свидетельствуют о том, что для прироста ранней древесины во всех типах лесорастительных условий Центральной лесостепи Русской равнины существует более благоприятный комплекс климатических факторов, чем для прироста поздней зоны годичного кольца.

Динамика поздней древесины сосны обыкновенной изучена нами в островных борах Центральной лесостепи – Хреновском, Усманском (Воронежская обл.) и Цнинском (Тамбовская обл.). Керны древесины (10 ... 20 шт. на каждом участке) отобраны возрастным буравом на высоте 1,3 м в древостоях возраста 90 ... 150 лет в различных условиях произрастания сосны как по влажности (сухие, свежие, влажные), так и по плодородию почвы (боры, субори, сложные субори). Для датировки и измерения ширины годичных колец и поздней древесины использован микроскоп-бинокуляр МБС-9.

В самом южном в России массиве сосны – Хреновском бору – преобладают песчаные почвы и боровые лесорастительные условия. Доля поздней древесины в общем приросте изучена в 110–115-летних сосняках борового ряда ( $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ ) и приведена в табл. 1. Данные усреднены по десятилетиям: для каждого календарного десятилетия рассчитан средний прирост, прирост поздней древесины и ее процент в общем приросте.

Анализируя изменение доли поздней древесины в общей ширине годичного кольца с возрастом, видим, что во всех трех типах лесорастительных условий сохраняется общая тенденция: сначала ее увеличение, затем, после достижения максимума, снижение. Во всех типах заметно присутствие двух максимумов доли поздней древесины: для сухого и свежего боров это 1920-е и 1950-е гг., для влажного бора – 1920-е и 1940-е гг. Следовательно, минимум доли поздней древесины наблюдается в первые 20 лет жизни деревьев, максимум – дважды в течение жизни дерева во всех лесорастительных условиях: в 30–40- и 60–70-летнем возрасте.

В среднем за весь период роста доля поздней древесины в сосняках Хреновского бора составляла: а) сухой бор ( $A_1$ ) – 28 % (от 26 до 39 %); б) свежий бор ( $A_2$ ) – 36 % (от 21 до 43 %); в) влажный бор ( $A_3$ ) – 37 % (от 30 до 46 %). Колебания усреднены по десятилетиям.

Результаты исследований выявили сходство в изменчивости доли поздней древесины в боровых условиях Хреновского и Усманского боров. В боровом ряду Усманского бора, в различных условиях влажности, в 120–150-летних сосняках она составила [7]: а) сухой бор ( $A_1$ ) – 27 % (от 10 до 41 %); б) свежий бор ( $A_2$ ) – 31 % (от 11 до 51 %); в) влажный бор ( $A_3$ ) – 34 % (от 8 до 59 %).

Таблица 1

Доля поздней зоны годичного кольца в общем приросте древесины  
(средняя по десятилетиям)

Годы	Прирост, мм	Поздняя зона	
		мм	%
Сухой бор (A <sub>1</sub> )			
1910–1919	3,43	0,93	27,1
1920–1929	1,73	0,67	38,7
1930–1939	1,59	0,53	33,3
1940–1949	2,65	0,87	32,8
1950–1959	2,20	0,74	33,6
1960–1969	1,74	0,49	28,2
1970–1979	1,33	0,38	28,6
1980–1989	1,19	0,30	25,6
1990–1999	1,35	0,38	28,1
Среднее	2,01	0,56	27,9
Свежий бор (A <sub>2</sub> )			
1900–1909	3,20	0,68	21,3
1910–1919	2,30	0,83	36,1
1920–1929	1,76	0,94	42,0
1930–1939	2,39	0,97	40,6
1940–1949	2,25	0,89	39,6
1950–1959	1,69	0,72	42,6
1960–1969	1,66	0,69	41,6
1970–1979	1,22	0,49	40,2
1980–1989	1,24	0,46	37,1
1990–1999	1,18	0,43	36,4
Среднее	1,89	0,68	36,0
Влажный бор (A <sub>3</sub> )			
1900–1909	3,15	0,94	29,8
1910–1919	2,45	0,93	37,9
1920–1929	1,64	0,76	46,0
1930–1939	2,30	0,92	40,0
1940–1949	2,54	1,05	43,2
1950–1959	2,42	0,99	40,0
1960–1969	2,56	0,95	37,1
1970–1979	1,71	0,64	37,4
1980–1989	1,24	0,41	33,1
1990–1999	1,18	0,39	33,1
Среднее	2,14	0,79	36,9

В наиболее распространенных для Усманского бора условиях свежей субори (B<sub>2</sub>), по данным В.И. Таранкова и Л.Б. Лазуренко [6], доля поздней древесины в 110-летнем сосняке составила 31,8 % (среднее за весь период роста). Ее минимум наблюдался в первое десятилетие роста, с возрастом процент поздней древесины увеличивался и в отдельные годы достигал 50 ... 52 %.

По нашим данным [3], в свежей субори (B<sub>2</sub>) в 90-летнем сосняке наблюдалась средняя ширина годичного кольца 1,75 мм, поздней зоны –

0,53 мм, или 30 % от общей. В 125-летнем древостое, в тех же условиях, общая ширина годового кольца 1,34 мм, поздней зоны – 0,48 мм (35,4 %). С увеличением возраста древостоев доля поздней древесины растет.

В 125-летнем сосновом древостое свежего бора ( $A_2$ ) средняя ширина годового кольца равна 2,2 мм, поздней зоны – 0,7 мм (31,8 %). Общая ширина годового кольца в боровых условиях оказалась больше, чем в суборевых (в древостое того же возраста), а доля поздней древесины несколько меньше.

В самом северном из лесостепных боров Цнинском (он переходит в рязано-мордовские леса) боровые лесорастительные условия встречаются очень редко. Преобладают простые и сложные свежие и влажные субори. Наши исследования проведены в 150-летних сосняках в суборевых условиях ( $B_2$  и  $B_3$ ) и в 120-летних древостоях сосны в сложных субориях ( $C_2$  и  $C_3$ ). Средние по тридцатилетиям значения радиального прироста и доли поздней древесины в общей ширине годового кольца (по типам лесорастительных условий) приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Доля поздней зоны годового кольца в общем приросте древесины  
(средняя по тридцатилетиям)**

Годы	Прирост, мм	Поздняя зона	
		мм	%
Свежая суборь ( $B_2$ )			
1860–1879	2,65	0,78	30,2
1880–1909	1,80	0,70	37,8
1910–1939	1,09	0,43	38,6
1940–1969	0,80	0,29	36,0
1970–1999	0,60	0,22	35,9
Среднее	1,39	0,48	35,7
Влажная суборь ( $B_3$ )			
1860–1879	3,21	0,87	27,6
1880–1909	1,44	0,47	32,9
1910–1939	0,97	0,34	35,2
1940–1969	1,26	0,25	32,2
1970–1999	0,66	0,21	30,8
Среднее	1,51	0,43	31,7
Свежая сложная суборь ( $C_2$ )			
1890–1909	2,95	0,85	30,6
1910–1939	2,43	1,02	41,9
1940–1969	1,43	0,53	37,2
1970–1999	0,97	0,34	35,1
Среднее	1,95	0,69	36,2
Влажная сложная суборь ( $C_3$ )			
1890–1909	4,09	1,50	35,9
1910–1939	3,45	1,18	34,2
1940–1969	2,07	0,82	39,3
1970–1999	0,96	0,35	35,6
Среднее	2,64	0,96	36,3

Как видим, доля поздней древесины увеличилась с возрастом до определенного времени: в лесорастительных условиях В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, С<sub>2</sub> она достигала максимума в 1910–1939 гг., а в С<sub>3</sub> – в 1940–1969 гг., после чего снижалась. Следовательно, максимальная доля поздней древесины сосны наблюдается в 50–70-летнем возрасте во всех лесорастительных условиях Цнинского бора.

В среднем за весь период роста доля поздней древесины в сосняках Цнинского бора составила: а) свежая суборь (В<sub>2</sub>) – 35,7 % (от 30 до 39 %); б) влажная суборь (В<sub>3</sub>) – 31,7 % (от 28 до 35 %); в) свежая сложная суборь (С<sub>2</sub>) – 36,2 % (от 31 до 42 %); г) влажная сложная суборь (С<sub>3</sub>) – 36,3 % (от 34 до 39 %). Доля поздней древесины в суборях и сложных суборях Цнинского бора приведена с десятками долями процента, так как колебания, выявляющие тенденцию роста с увеличением влажности и плодородия почвы, здесь очень малы.

В условиях влажной субори Цнинского бора наблюдается отклонение от общей тенденции: меньше доля поздней древесины. Возможно, причиной являются нехарактерные лесорастительные условия на обследованном участке, о чем свидетельствует наличие здесь микроповышений с травянистыми растениями свежих и даже сухих лесорастительных условий. Однако меньшая доля поздней древесины (30 %) в условиях влажной субори Усманского бора (по сравнению с другими типами лесорастительных условий) отмечена также в работе Л.Б. Лазуренко [2].

Наши исследования показали, что в наиболее бедных борových лесорастительных условиях ярко выражена тенденция увеличения доли поздней древесины с возрастанием влажности. На более плодородных почвах она прослеживается значительно слабее.

#### *Выводы*

1. В сухих борах (А<sub>1</sub>) Центральной лесостепи доля поздней древесины сосны в общем приросте составляет в среднем 27 ... 28 %, в свежих борах и суборях (А<sub>2</sub>–В<sub>2</sub>) – 31 ... 36 %, во влажных борах и суборях (А<sub>3</sub>–В<sub>3</sub>), а также свежих и влажных сложных суборях (С<sub>2</sub>–С<sub>3</sub>) – 32 ... 40 %.

2. Установлено увеличение доли поздней древесины сосны в общей ширине годичного кольца до 50–70-летнего возраста во всех типах лесорастительных условий, после чего наблюдается некоторое ее снижение.

3. В сосняках Центральной лесостепи Русской равнины доля поздней древесины и ее изменчивость растет от сухих к влажным и, в меньшей степени, от бедных к более плодородным лесорастительным условиям.

4. В борových лесорастительных условиях увеличение доли поздней древесины с возрастанием влажности наиболее выражено.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Косиченко Н.Е. Влияние генотипа – среды на формирование микроструктуры стебля и диагностика технических свойств, роста и устойчивости древесных растений: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Н.Е. Косиченко. – Воронеж, 1999. – 40 с.

2. Лазуренко Л.Б. Дендроклиматология сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) в условиях Центральной лесостепи: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Л.Б. Лазуренко. – Воронеж, 2002. – 22 с.

3. Матвеев С.М. Дендроиндикация динамики состояния сосновых насаждений Центральной лесостепи / С.М. Матвеев. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2003. – 272 с.

4. Матвеев С.М. Дендроиндикация динамики состояния экосистем сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) в лесостепи: дис. ... д-ра биол. наук / С.М. Матвеев. – Воронеж, 2004. – 456 с.

5. Мелехов И.С. Значение структуры годичных слоев и ее динамики в лесоводстве и дендроклиматологии / И.С. Мелехов // Лесн. журн. – 1979. – № 4. – С. 6–14. – (Изв. высш. учеб. заведений).

6. Таранков В.И. Цикличность прироста сосны обыкновенной в восточно-европейской лесостепи / В.И. Таранков, Л.Б. Лазуренко // Лесоведение. – 1990. – № 2. – С. 12–19.

7. Таранков В.И. Динамика радиального прироста сосны обыкновенной в различных типах лесорастительных условий ЦЧР / В.И. Таранков, С.М. Матвеев // Проблемы динамической типологии лесов: тез. докл. Всерос. рабочего совещ. – Архангельск, 1995. – С. 30–31.

8. Феклистов П.А. Биологические и экологические особенности роста сосны в северной подзоне европейской тайги / П.А. Феклистов, В.Н. Евдокимов, В.М. Барзуг. – Архангельск: ИПЦ АГТУ, 1997. – 140 с.

Воронежская государственная  
лесотехническая академия

Поступила 15.04.05

*S.M. Matveev*

### **Dynamics of Scotch Pine Latewood in Different Forest-growing Conditions**

Dynamics of latewood share in the total width of the Scotch pine annual ring in pineries of the central forest-steppe have been studied. The growth of the share depending on the age has been established as well as the its growth from dry and poor soil to wet and fertile one.

---

УДК 630\*43 (470+571)

*С.В. Залесов, Н.А. Луганский*

Залесов Сергей Вениаминович родился в 1953 г., окончил в 1981 г. Уральский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, проректор по научной работе Уральского государственного лесотехнического университета, заслуженный лесовод РФ. Имеет более 250 научных работ по вопросам повышения продуктивности и устойчивости лесов Урала и Западно-Сибирской низменности.



Луганский Николай Алексеевич родился в 1931 г., окончил в 1956 г. Уральский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры лесоводства Уральского государственного лесотехнического университета, заслуженный деятель науки РФ. Имеет около 250 научных работ по вопросам повышения продуктивности и устойчивости лесов лесоводственными способами.



### **РОЛЬ И.С. МЕЛЕХОВА В ОБОСНОВАНИИ И РАЗВИТИИ ЛЕСНОЙ ПИРОЛОГИИ**

На основании анализа научных работ И.С. Мелехова предпринята попытка установления его роли в обосновании и развитии лесной пирологии как самостоятельной отрасли лесохозяйственной науки.

*Ключевые слова:* лесная пирология, лесной пожар, классификация лесных пожаров, пожарная травматология растений.

С лесными пожарами человечество столкнулось еще на заре своего существования. Вызываемые молниями и другими естественными причинами пожары уже в эпоху первобытного человека нередко угрожали не только его жилищу, но и самой жизни. Логично предположить, что именно сохранявшиеся в течение длительного времени после прохода фронта пожара очаги горения были первыми кострами первобытного человека, а употребление мяса погибших и обгоревших в огне лесных пожаров животных натолкнуло наших предков на мысль о термической обработке пищи [3].

Выжигание площадей под посевы многократно увеличило вероятность лесных пожаров и привело к тому, что среди причин их возникновения стали доминировать антропогенные. По данным М.А. Софронова и А.Д. Вакурова [10], ежегодное число лесных пожаров на Земле за последние 500 лет возросло не менее чем в десять раз. В настоящее время на нашей планете возникает до 400 тысяч лесных пожаров, повреждающих около 0,5% общей площади лесов и выбрасывающих в атмосферу миллионы тонн продуктов сгорания [2].

Успешная охрана лесов от пожаров невозможна без постановки на научную основу всех мероприятий, связанных с их профилактикой, обнаружением и тушением. Опыт борьбы с лесными пожарами и их профилактики

накапливался столетиями. Противопожарные мероприятия в лесу регламентировались в обер-вальдмейстерской инструкции, введенной в 1723 г., а в опубликованных в России в конце XIX в. книгах И.С. Шафранова [11] и П.В. Баранецкого [1] вопросам охраны лесов от пожаров отводилось ведущее место.

Воздействие лесного пожара как экологического фактора давно интересовало таких лесоводов, ботаников, почвоведов, как Г.Я. Гордягин, В.Н. Сукачев, М.Е. Ткаченко, А.В. Тюрин и многих других отечественных и зарубежных ученых. Однако как самостоятельная отрасль лесохозяйственной науки лесная пирология зародилась в 30-е гг. и сформировалась к 40–50-м гг. XX в. В ее основу легли труды нашего славного соотечественника И.С. Мелехова.

Еще в 1933 г., в самом начале своей научной карьеры, И.С. Мелехов опубликовал брошюру о лесных пожарах и борьбе с ними [4]. Практическая значимость работы была настолько велика, что в 1934, 1935 и 1936 гг. выходят ее доработанные и исправленные варианты. В 1936 г. в соавторстве с П.П. Серебrenниковым издается Инструкция по борьбе с лесными пожарами для лесной охраны ... [6], а в 1938 г. работа И.С. Мелехова «Борьба с лесными пожарами» [7].

Одновременно с подготовкой практических рекомендаций и инструкции по борьбе с лесными пожарами И.С. Мелехов проводит комплексные исследования и публикует целую серию работ по лесовосстановлению на горях, специфике лесных пожаров на Европейском Севере, их влиянию на анатомическое строение древесины. Всего за период с 1931 г. по 1934 г. И.С. Мелеховым опубликовано 13 научных работ по вопросам лесной пирологии, часть из которых по праву можно отнести к классическим.

Проведенные исследования позволили И.С. Мелехову в 1943 г. завершить работу над докторской диссертацией «О теоретических основах лесной пирологии» [8], которая состоит из десяти глав в двух томах общим объемом 637 страниц машинописного текста.

Основная часть диссертации посвящена теоретическим основам лесной пирологии как научной дисциплины. Однако, наряду с этим, в ней рассматриваются вопросы горимости лесов как в нашей стране, так и за рубежом, а также вопросы пожарной травматологии лесов и характеристики гарей. Целый ряд вопросов, затронутых в диссертации, до И.С. Мелехова в научной литературе практически не рассматривался, в частности анатомические изменения в древесине сосны в связи с лесными пожарами.

Во введении И.С. Мелехов отмечает, что обобщение накопленного опыта борьбы с лесными пожарами и разработка эффективных методов их тушения заслуживают самого серьезного внимания. Однако было бы неправильно рассматривать методы борьбы с лесными пожарами, тактику и стратегию ее, лесную пожарную технику вне связи с природой лесных пожаров, их характером, условиями возникновения и развития. Ущерб, наносимый лесными пожарами, может быть значительно снижен путем борьбы с их отрицательными последствиями. Последнее вызывает необходимость разра-

ботки критериев устойчивости насаждений и классификации пройденных пожарами площадей.

Именно И.С. Мелехову принадлежит развернутое определение лесной пирологии и ее задач: «Лесная пирология представляет собой учение о природе лесных пожаров и многообразных послепожарных изменений в лесу, она разрабатывает методы борьбы с лесными пожарами и их отрицательными последствиями и дает основные направления по использованию положительной роли огня и лесных пожаров как в области лесного хозяйства, так и в некоторых других областях» [8, с. 26–27]. Данное определение, несколько уточненное И.С. Мелеховым [9], определяет лесную пирологию как научную дисциплину.

В своей диссертационной работе И.С. Мелехов отмечает основные разделы лесной пирологии как самостоятельной научной дисциплины: природа лесных пожаров; природа последствий пожаров; борьба с лесными пожарами; борьба с отрицательными последствиями лесных пожаров; использование положительной роли огня в лесном хозяйстве и других областях.

Первые два раздела составляют общую или теоретическую часть дисциплины, ее теоретические основы. Изучение природы лесных пожаров неразрывно связано с вопросами горения в лесу и требует учета всего многообразия антропогенных, климатических и эдафических факторов. Кроме того, сложная природа леса, который представляет собой не только массу разнообразных горючих материалов, но и характеризуется их неравномерным вертикальным и горизонтальным размещением, также требует изучения. Поэтому И.С. Мелехов одной из первостепенных задач лесной пирологии считал проведение по единой методике исследований, направленных на накопление статистически достоверных экспериментальных данных, характеризующих состояние лесных горючих материалов и процесс их горения в зависимости от условий погоды в наиболее пожароопасных типах леса. Нельзя не согласиться с И.С. Мелеховым [9], что при изучении природы лесных пожаров непосредственный практический интерес представляют их диагностика и классификация. Без разработки совершенной классификации, отражающей многочисленные различия лесных пожаров, невозможно получить оперативную информацию об интенсивности горения, скорости продвижения огня и других характеристиках пожаров, разработать мероприятия по борьбе как с пожарами, так и их отрицательными последствиями.

Сложность протекания пирогенных процессов в лесу обуславливает, в свою очередь, и неоднозначность послепожарных изменений. Не случайно, продолжая начатые И.С. Мелеховым исследования, ученые разных стран анализируют влияние лесных пожаров на возобновление и формирование лесов, а также характеристики нижних ярусов растительности и почвы.

Заложенные И.С. Мелеховым основы пожарной травматологии древесных и кустарниковых растений, а также классификация пройденных пожарами лесных площадей нашли продолжение в сотнях научных публикаций, а также практических рекомендациях по совершенствованию охраны лесов от пожаров.

Вопросы борьбы с лесными пожарами, их отрицательными последствиями, использования положительной роли огня в лесу составили практическую часть лесной пирологии. В своих работах И.С. Мелехов отмечал, что в решении прикладных вопросов большое значение имеет разработка профилактических мероприятий, направленных на недопущение лесных пожаров, их своевременное обнаружение и оперативное тушение на основе современных достижений как отечественной, так и зарубежной науки и техники. Еще в 1936 г. И.С. Мелехов указывал на эффективное использование радио для профилактики лесных пожаров [5]. В дальнейшем он отмечал потребность во всестороннем обобщении и анализе опыта использования при обнаружении лесных пожаров космических средств и авиации. В решении вопросов оперативного тушения лесных пожаров важное место, по мнению И.С. Мелехова, занимает использование современных взрывчатых и химических веществ в сочетании с созданием машин, позволяющих эффективно использовать их в процессе тушения.

Рассматривая роль И.С. Мелехова в развитии лесной пирологии, нельзя не остановиться на следующем моменте. До 1978 г. вопросы лесной пирологии в высших учебных заведениях СССР рассматривались в курсе «Лесоводство». Благодаря трудам И.С. Мелехова лесная пирология была выделена в самостоятельную учебную дисциплину. Перу И.С. Мелехова принадлежит целая серия учебных пособий по лесной пирологии, им же составлен ряд типовых программ этого курса. Поскольку именно учебные пособия И.С. Мелехова были основной учебной литературой по лесной пирологии в течение нескольких десятилетий, можно с уверенностью сказать, что он внес неоценимый вклад в подготовку тысяч специалистов, которые в научном и практическом плане продолжают начатое им дело.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранецкий П.В. Лесоохранение / П.В. Баранецкий. – СПб., 1880.
2. Воробьев Ю.Л. Лесные пожары на территории России: состояние и проблемы / Ю.Л. Воробьев, В.А. Акимов, Ю.И. Соколов. – М.: ДЭКС-ПРЕСС, 2004. – 312 с.
3. Залесов С.В. Лесная пирология: учеб. пособие / С.В. Залесов. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. акад., 1998. – 296 с.
4. Мелехов И.С. Лесные пожары и борьба с ними / И.С. Мелехов. – 2-е изд., доп. – Архангельск: Севкрайгиз, 1934. – 52 с.
5. Мелехов И.С. Радио и борьба с лесными пожарами / И.С. Мелехов // Пожарная техника. – 1936. – № 2. – С. 5–7.
6. Мелехов И.С. Инструкция по борьбе с лесными пожарами для лесной охраны Народного Комиссариата лесной промышленности СССР / И.С. Мелехов, П.П. Серебренников. – М.: Гослестехиздат, 1936. – 79 с.
7. Мелехов И.С. Борьба с лесными пожарами / И.С. Мелехов. – 5-е изд. – М.: Гослестехиздат, 1938. – 68 с.
8. Мелехов И.С. О теоретических основах лесной пирологии : дис. ... д-ра с.-х. наук / И.С. Мелехов. – Свердловск, 1943. – Т. 1. – С. 1–344; т. 2. – С. 345–637.
9. Мелехов И.С. Лесная пирология и ее задачи / И.С. Мелехов // Современные вопросы охраны лесов от пожаров и борьбы с ними. – М.: Лесн. пром-сть, 1965. – С. 5–25.
10. Софронов М.А. Огонь в лесу / М.А. Софронов, А.Д. Вакуров. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1981. – 128 с.
11. Шафранов И.С. Лесоохранение / И.С. Шафранов. – СПб: Изд-во Девриена, 1876.

Уральский государственный  
лесотехнический университет

Поступила 24.05.05

*S.V. Zalesov, N.A. Lugansky*

**Role of I.S. Melekhov in Substantiation and Development  
of Forest Pyrology**

An attempt of setting the role of I.S. Melekhov in substantiation and development of forest pyrology as an independent branch of forestry has been made based on the analysis of his scientific works.

---



УДК 630\*948

*Д.Г. Щепашенко, А.З. Швиденко, П.И. Лакида*

Щепашенко Дмитрий Геннадьевич родился в 1966 г., окончил в 1988 г. Московский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры почвоведения Московского государственного университета леса. Имеет около 30 печатных работ в области лесного почвоведения, оценки первичной продуктивности лесов.



Швиденко Анатолий Зиновьевич родился в 1937 г., окончил в 1959 г. Украинскую сельскохозяйственную академию и в 1972 г. Киевский государственный университет, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ведущий научный сотрудник Международного института прикладного системного анализа (IIASA, Австрия). Автор 270 печатных работ в области лесоустройства, мониторинга, математических методов и глобальных изменений.



Лакида Петр Иванович родился в 1955 г., окончил в 1980 г. Украинскую сельскохозяйственную академию, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор НИИ лесного и садово-паркового хозяйства Национального аграрного университета Украины. Автор более 100 печатных работ в области таксации, биологической продуктивности лесов, динамики углерода.



## **БАЗА ДАННЫХ СТРУКТУРЫ ФИТОМАССЫ ЛЕСОВ РОССИИ**

Приведен обзор современных баз данных структуры фитомассы лесов России. Предложенная авторами база данных содержит сведения о структуре фитомассы, лесотипологической и таксационной характеристиках насаждений, представлены все основные лесообразующие породы и регионы бывшего СССР.

*Ключевые слова:* фитомасса, биопродуктивность, леса России.

Изучение глобальных изменений требует рассмотрения глобального цикла углерода и вклада лесов в этот процесс, что в свою очередь приводит к изучению отдельных элементов биологической продуктивности лесов. База данных структуры фитомассы призвана аккумулировать опубликованные данные в этой области в единой структуре и доступной для анализа форме и должна быть ориентирована на конкретные цели исследований.

Одну из первых крупных баз данных собрал и опубликовал (в обобщенном виде) Н.И. Базилевич [2]. База содержит сведения о фитомассе де-

ревьев, кустарников, кустарничков, трав, мхов и лишайников с выделением зеленых и одревесневших частей. Для этих же фракций указана чистая первичная продукция. Подземная фитомасса приведена в целом. Имеются данные о запасах мертвого органического вещества. Однако в этой базе (в том числе в ее оригинальной форме, которая не публиковалась), как правило, отсутствует достаточно полная таксационная характеристика древостоя, что ограничивает ее применение в целях моделирования.

На сегодняшний день наиболее представительна по числу наблюдений (5085 шт.) база данных по фитомассе лесов Северной Евразии, принадлежащая В.А.Усольцеву [11]. Им собрано большое количество опубликованных и неопубликованных данных по этому вопросу как непосредственно измеренных, так и полученных на основании различных моделей. Кроме того, В.А. Усольцев восстановил часть данных, отсутствующих в первоисточниках. Это относится и к таксационным данным (по таблицам хода роста), и к части данных о фитомассе, что создает некоторые сложности при анализе. Однако цитируемая база данных не рассматривает подробно нижние ярусы леса и подземную фитомассу. Неопределенность, связанную с этими фракциями, подчеркивает и сам автор [11, с.180].

Признанным авторитетом в данной области является А.И. Уткин, под руководством которого создана весьма полная (по количеству показателей) база данных [3]. Этот вывод сделан по разносторонности публикуемых на основе этой базы обобщений.

П.И. Лакида собрал базу данных по фитомассе лесов европейской части бывшего СССР [4, 13]. Данные о фитомассе лесов собирают и анализируют В.А. Алексеев, Р.А. Бердси [1] и другие авторы, но их материалы не опубликованы.

Начало формирования нашей базы данных было положено в 1995 г. при поддержке Международного института прикладного системного анализа (IIASA). Она была ориентирована на системное исследование продуктивности лесов в условиях глобальных изменений в масштабе всей страны и включала: моделирование фракционной структуры фитомассы лесов с ориентацией на данные государственного учета лесов; разработку моделей и нормативов динамики первичной продуктивности лесов. Это предопределяло ряд специфических требований к базе, например наличие сведений о достаточно подробной таксационной характеристике древостоев.

Первоначально база была ориентирована на азиатскую часть России, для которой собрана основная часть доступной информации. Хотя европейская часть представлена примерно таким же числом наблюдений, некоторые литературные источники пока не включены в базу данных.

База данных содержит следующую информацию:

- местоположение объекта;
- лесотипологическая характеристика;
- таксационная характеристика древостоя;
- методика определения запасов фитомассы;

структура фитомассы в т/га (ствол, кора ствола, ветви, ассимиляционный аппарат и корни деревьев, тонкие корни, подрост, подлесок, напочвенный покров);

структура мертвого органического вещества в т/га (сухие ветви живых деревьев, сухостой, валеж, мертвые корни, подстилка);

первичная продуктивность по фракциям;

ссылка на источник.

Из фракции корней особое внимание уделено тонким (<2 мм в диаметре), роль которых чрезвычайно велика в оценке первичной продукции экосистем [14]. В случае с нижними ярусами леса отдельно отмечены: подрост, подлесок, живой напочвенный покров, их надземная и подземная части, живая и мертвая. Восстановление данных фитомассы было оставлено на этап моделирования. При отсутствии какой-либо фракции в первоисточнике отмечалось действительно ли ее нет в природе или она не измерена. Такой подход позволяет более точно оценивать запасы фитомассы в нижних ярусах леса и их роль в балансе углерода, а также рассматривать точность моделей формальными методами. В табл. 1 приведено распределение числа наблюдений по регионам, природным зонам и основным лесообразующим породам.

Таблица 1

Зона	Число наблюдений по древесным породам												
	С	Е	П	Л	К	Д	Бк	Б	Ос	Ол	Лп	Кдс	Всего
Европейская Россия													
Тайга:													
северная	45	80	–	2	–	–	–	4	–	1	–	–	132
средняя	64	115	–	–	–	–	–	14	4	8	–	–	205
южная	149	92	6	7	1	79	9	65	32	39	121	–	600
Лесостепь	436	43	–	2	–	254	31	58	8	8	119	–	959
Итого	694	330	6	11	1	333	40	141	44	56	240	–	1896
Сибирь													
Тайга:													
северная	7	3	–	94	–	–	–	5	1	–	–	9	119
средняя	130	24	56	113	26	–	–	22	8	–	–	2	381
южная	66	32	54	96	52	7	–	49	40	–	–	9	404
Лесостепь	336	33	10	7	25	–	–	194	100	–	1	–	707
Итого	539	92	120	310	103	7	–	270	149	–	1	20	1611
Россия в целом													
Тайга:													
северная	52	83	–	96	–	–	–	9	1	1	–	9	251
средняя	194	139	56	113	26	–	–	36	12	8	–	2	586
южная	215	124	60	103	53	86	9	114	72	39	121	9	1005
Лесостепь	772	76	10	9	25	254	31	252	108	8	120	–	1665
Итого	1233	422	126	321	104	340	40	411	193	56	241	20	3507

Примечание. С – сосна; Е – ель; П – пихта; Л – лиственница; К – сосна сибирская; Д – дуб; Бк – бук; Б – береза; Ос – осина, тополь; Ол – ольха; Лп – липа; Кдс – кедровый стланик.

Одна из основных задач, поставленных перед базой данных, – установление взаимосвязи между таксационными показателями и фитомассой лесных экосистем. Учет лесного фонда по таксационным показателям налажен достаточно давно. Поэтому, установив закономерности взаимосвязи весовых и таксационных показателей, можно распространить весовые характеристики на весь лесной фонд. Довольно часто в качестве зависимой переменной выбирают не саму массу фракций, а ее отношение к массе [1] или объему ствола [3, 5–10, 15]. Первый подход сопровождается более значительными погрешностями, связанными с необходимостью знания условной плотности ствольной древесины, которая существенно варьирует в зависимости от таксационных показателей древостоев и географического района. В то же время, отношение массы к объему ствола  $R$  обеспечивает высокую точность регрессионных уравнений и более интересные зависимости как от таксационных показателей, так и от географического района. Как видно из рис. 1,  $R$  хвой уменьшается с улучшением условий произрастания и увеличением возраста и полноты (возраст изменяется с 80 до 120 лет), масса коры лиственницы выше в южной тайге, хотя  $R$  коры, отражающее ее долю в запасе древесины, снижается при продвижении с севера на юг (рис. 2).

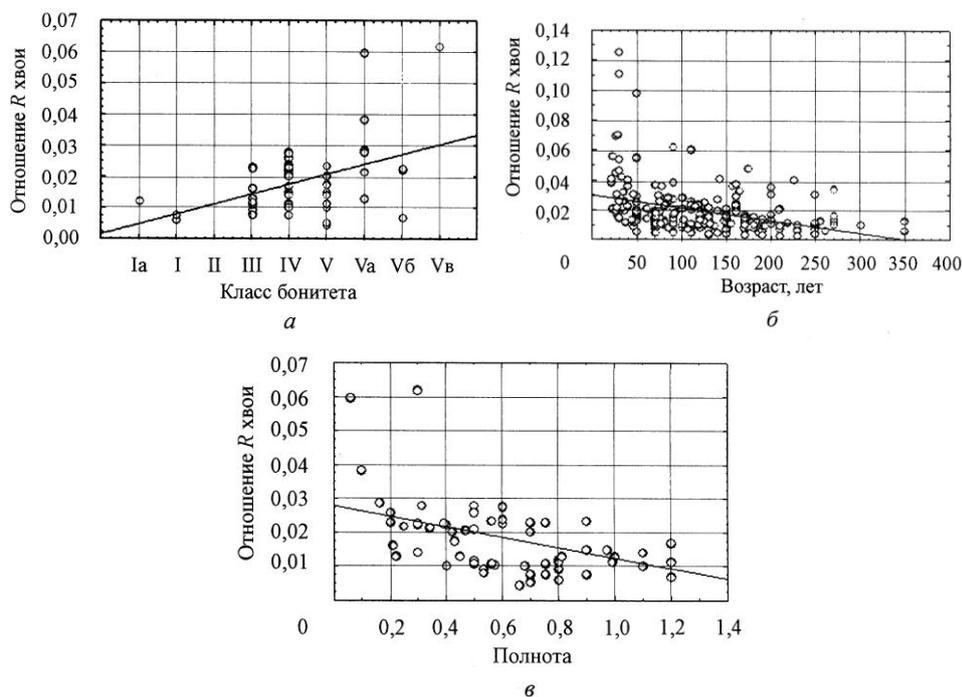


Рис. 1.

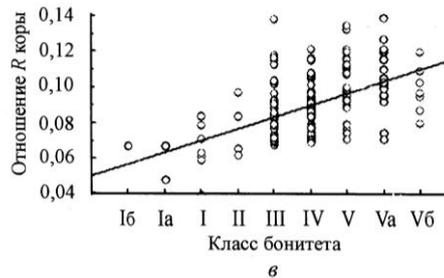
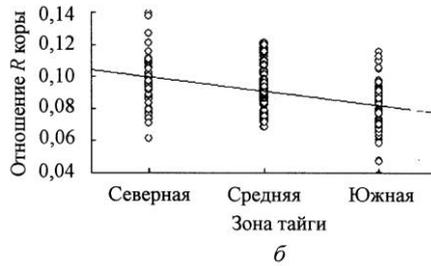
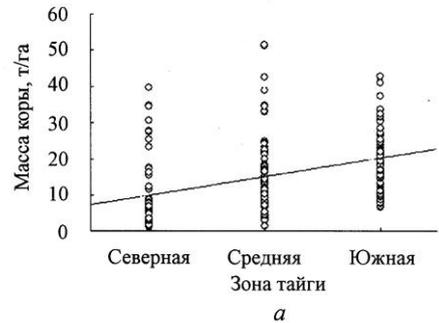


Рис. 2

Опыт моделирования зависимости  $R$  для отдельных фракций фитомассы от таксационных показателей древостоев выявил целесообразность использования уравнения следующего вида:

$$R_{fr} = \frac{M_{fr}}{V_{st}} = c_0 A^{c_1} SI^{c_2} RS^{c_3} \exp(c_4 A + c_5 RS),$$

где  $M_{fr}$  – масса фракций фитомассы;  
 $V_{st}$  – запас стволовой древесины, м<sup>3</sup>/га;  
 $c_0, c_1, \dots$  – параметры модели (коэффициенты уравнения);  
 $A$  – средний возраст насаждения, лет;  
 $SI$  – код класса бонитета (I = 6, II = 7, ...);  
 $RS$  – относительная полнота насаждения.

В качестве примера в табл. 2 приведены результаты регрессионного анализа зависимости массы фракций насаждений лиственницы, произрастающей в азиатской части России, от таксационных показателей.

Таблица 2

Фракция фитомассы	Коэффициенты уравнения						R <sup>2</sup>	N
	c <sub>0</sub>	c <sub>1</sub>	c <sub>2</sub>	c <sub>3</sub>	c <sub>4</sub>	c <sub>5</sub>		
Ствол	0,3387	0,0766	0,00364	-0,0825	-0,0006	0,0508	0,13	271
В том числе								
кора	0,0311	-0,0289	0,6192	0,0036	-0,0004	-0,1444	0,38	201
Ветви	0,5197	-0,9132	0,7981	-0,2485	0,0051	-0,3437	0,34	273
Хвоя	0,0812	-0,9576	0,7698	-0,5758	0,0043	0,5305	0,42	273
Корни	0,0450	-0,2149	0,8342	-0,6664	0,0009	0,4961	0,39	63
Подрост и подлесок	0,0005	2,2190	-0,9409	-0,7964	-0,0075	0,2050	0,35	91
Живой напочвенный покров	0,1103	0,1646	2,1700	0,9692	0,0009	-2,9794	0,36	115

Примечание. R<sup>2</sup> – квадрат множественного корреляционного отношения; N – число наблюдений.

На основе предложенной базы данных была создана система многомерных моделей для расчета запасов углерода в лесах Сибири и России [15]. В настоящее время база данных пополняется и используется для разработки моделей динамики биопродуктивности лесов, в частности для оценки динамики чистой первичной продукции модальных и нормальных насаждений основных лесообразующих пород России. Предполагается электронную версию базы данных сделать доступной для использования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеев В.А.* Углерод в экосистемах лесов и болот России / В.А. Алексеев, Р.А. Бердси. – Красноярск, 1994. – 170 с.
2. *Базилевич Н.И.* Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии / Н.И. Базилевич. – М.: Наука, 1993. – 293 с.
3. *Замолодчиков Д.Г.* Определение запасов углерода по зависимым от возраста насаждений конверсионно-объемным коэффициентам / Д.Г. Замолодчиков, А.И. Уткин, Г.Н. Коровин // Лесоведение. – 1998. – № 3. – С. 84–93.
4. *Лакида П.И.* Фитомасса лесов Украины / П.И. Лакида. – Тернополь: НАУ, 2002. – 255 с.
5. *Онучин А.А.* Опыт таксации фитомассы сосновых древостоев / А.А. Онучин, А.Н. Борисов // Лесоведение. – 1984. – № 6. – С. 66–71.
6. *Поздняков Л.К.* Биологическая продуктивность лесов Средней Сибири и Якутии / Л.К. Поздняков, В.В. Протопопов, В.М. Горбатенко. – Красноярск: Красноярск. кн. изд-во, 1969. – 156 с.
7. *Протопопов В.В.* Взаимосвязь климатических факторов окружающей среды с фитомассой насаждений и методы ее расчета / В.В. Протопопов, В.И. Зюбина // Экологическое влияние леса на окружающую среду. – Красноярск: ИЛИД, 1977. – С. 3–15.

8. Токмурзин Т.Х. Таблицы хода роста фитомассы древостоев сосны Прииртышья / Т.Х. Токмурзин, К.Н. Нурпеисов // Науч. тр. Каз. с.-х. ин-та. – Алма-Ата, 1976. – Т. 19, вып. 3. – С. 127–136.
9. Усольцев В.А. Принципы и методы расчета таблиц биопродуктивности / В.А. Усольцев // Лесоведение. – 1988. – № 2. – С. 24–33.
10. Усольцев В.А. Рост и структура фитомассы древостоев / В.А. Усольцев. – Новосибирск: Наука, 1988. – 251 с.
11. Усольцев В.А. Фитомасса лесов Северной Евразии: база данных и география / В.А. Усольцев. – УРО РАН, 2001. – 708 с.
12. Усольцев В.А. Формирование банков данных о фитомассе лесов / В.А. Усольцев. – Екатеринбург, 1998. – 539 с.
13. Lakida P. Forest phytomass and carbon in European Russia / P. Lakida, S. Nilsson, A. Shvidenko // Biomass and Bioenergy. – 1997. – Vol. 12, N 2. – P. 91–99.
14. Li Z. Belowground biomass dynamics in Carbon Budget Model of the Canadian Forest Sector: recent improvements and implications for the estimation of NPP and NEP / Z. Li [et al.] // Can. J. For. Res. – 2003. – Vol. 33. – P. 126–136.
15. Shchepashchenko D. Phytomass (live biomass) and carbon of Siberian forests / D. Shchepashchenko, A. Shvidenko, S. Nilsson // Biomass and Bioenergy. – 1998. – Vol. 14, N 1. – P. 21–31.

Московский государственный  
университет леса

Международный институт прикладного  
системного анализа (Австрия)

Украинский национальный аграрный  
университет

Поступила 28.04.03

*D.G. Shchepashchenko, A.Z. Shvidenko, P.I. Lakida*  
**Database of Phytomass Structure of Forests in Russia**

Review of the modern databases for phytomass structure of forests in Russia is provided. The database offered by the authors contains information about phytomass structure, forest-typological and inventory characteristics of the stands. All forest-forming species and regions of the former Soviet Union are presented.



УДК 630\*28

***В.Н. Косицын***

Косицын Владимир Николаевич родился в 1959 г., окончил в 1985 г. Московский государственный университет, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, начальник отдела Управления лесного хозяйства Министерства природных ресурсов РФ. Имеет более 240 печатных трудов в области побочного лесопользования, лесоустройства и лесной таксации.



### **ПОБОЧНОЕ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЕ В УСЛОВИЯХ УСТОЙЧИВОГО УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСАМИ**

Рассмотрены в общероссийском и региональном масштабах аспекты правового регулирования побочного лесопользования в рамках многоцелевого лесопользования и устойчивого управления лесами на принципах непрерывности и неистощительности.

*Ключевые слова:* побочное лесопользование, лесхозы, управление лесами.

В современных условиях устойчивого управления лесами лесной сектор должен развиваться на принципах многоцелевого лесопользования, когда учету, оценке и использованию подлежат все виды лесных ресурсов, в том числе и продукция побочного лесопользования. В соответствии с лесным законодательством (ст.80 Лесного кодекса Российской Федерации) к видам побочного лесопользования относятся сенокошение, пастьба скота, размещение ульев и пасек, заготовка древесных соков, заготовка и сбор дикорастущего растительного сырья.

Важной основой устойчивого управления лесами, находящимися в федеральной собственности, является рациональное и эффективное разграничение полномочий между Российской Федерацией и ее субъектами в области использования продукции побочного лесопользования (недревесные растительные ресурсы).

Из-за существенного разнообразия ресурсного потенциала недревесного растительного сырья субъектов РФ законодательная инициатива организации побочного лесопользования передана из федерального центра в регионы. Так, один из основных нормативно-правовых документов – Правила пользования лесным фондом для осуществления побочного лесопользования – утверждается органами государственной власти субъектов РФ. Ими же устанавливаются ставки взимаемых при этом лесных податей.

Нормы бесплатного пользования участками лесного фонда для заготовки продукции побочного лесопользования для собственных нужд, кроме растений, занесенных в Красную книгу РФ или конкретного субъекта РФ и в перечень наркосодержащих растений и природного наркосодержащего сырья, также устанавливаются законодательными актами субъектов РФ. Сбор гражданами дикорастущих недревесных продуктов леса сверх установленных норм в промысловых (коммерческих) целях производится только через

оформление разрешительных документов (лесных билетов) и оплату лесных податей. Нормы бесплатного пользования существенно различны по субъектам РФ. Так, норма бесплатной заготовки черемши на 1 чел. в Республике Тува составляет 10 кг, Республике Хакасия – 20 кг, Кемеровской области – 30 кг.

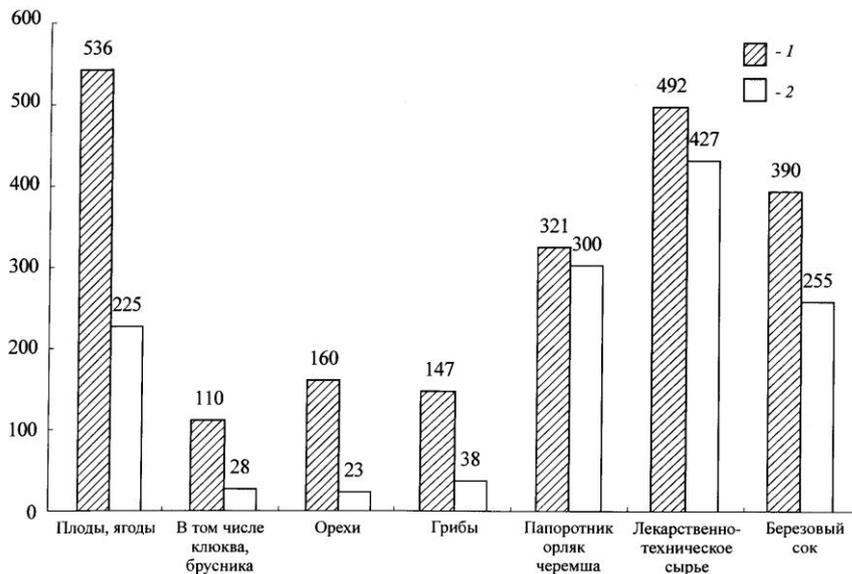
Пользование недревесными ресурсами леса на территориях традиционного проживания коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока РФ определяется федеральным законом от 07.05.2001 г. № 49-ФЗ. Имеется ряд нормативных документов по побочному лесопользованию, требующих первоочередной переработки на федеральном уровне с учетом их привязки к планированию лесного хозяйства и лесопользования: Основные положения по осуществлению побочных лесных пользований в лесах Российской Федерации (1994); Правила сенокосения и пастбы скота в лесах СССР (1983); Правила по технике и технологии подсочки березы (1976); Методика выявления дикорастущих сырьевых ресурсов при лесоустройстве (1987).

Лесхозы федерального органа управления лесным хозяйством целенаправленно занимаются заготовкой дикорастущего растительного сырья с 1966 г. Согласно ст. 104 Лесного кодекса РФ, с лесхозов не взимают лесные подати, однако в связи с отсутствием в лесхозах необходимых финансовых, технических и трудовых ресурсов в настоящее время объемы заготовок дикорастущего сырья незначительны. Это не позволяет рационально использовать весь его ресурсный потенциал.

Лесхозы, на которые возложены функции оперативного управления лесным фондом, являются одним из основных потенциальных заготовителей недревесного растительного сырья. На рисунке приведены сведения об объемах заготовок (в тоннах) основных видов недревесного растительного сырья лесхозами Министерства природных ресурсов (МПР) России.

По данным отраслевой статистической отчетности 2002 г. наибольший валовой сбор дикорастущих плодов и ягод (в тоннах) отмечен в лесхозах республик Башкортостан (100), Татарстан (28) и Удмуртской (22); наибольшие объемы заготовок клюквы и брусники – в Республике Бурятия (10), Вологодской области (3) и Республике Коми (1); орехов дикорастущих (преимущественно кедровые) – в Республике Бурятия (13) и Читинской области (2); съедобных грибов – в Алтайском крае (14), Удмуртской Республике (10) и Вологодской области (5); лекарственного сырья – в Алтайском (287) и Приморском краях (55), Республике Саха (41); папоротника орляка и черемши – в Республике Алтай (127), Алтайском крае (123), Республике Хакасия (50 т); березового сока – в Республике Татарстан (81), Брянской области (80), Республике Башкортостан (35).

Как видно из приведенных данных, серьезное внимание развитию побочного лесопользования уделяется в республиках Башкортостан и Удмуртской, Алтайском крае.



Объемы заготовок дикорастущего растительного сырья лесхозами МПР России: 1 – в среднем за 1998–2002 гг.; 2 – 2002 г.

Прибыль от заготовки и реализации дикорастущей продукции побочного лесопользования лесхозами МПР России в 2002 г. составила 2,50 млн р., в том числе папоротника орляка и черемши – 1,50; лекарственного сырья – 0,47; орехов – 0,18; плодов и ягод – 0,15; грибов (в переводе на свежие) – 0,15 млн руб.

Важным элементом внедрения рыночных отношений в деятельность лесного хозяйства является развитие института аренды. До настоящего времени аренда участков лесного фонда для осуществления побочного лесопользования была развита относительно слабо, что во многом связано с отсутствием крупных заготовительных и перерабатывающих организаций, действующих на перспективу, и низкими размерами лесных податей за пользование продуктами побочного лесопользования, устанавливаемых субъектами Российской Федерации.

В таблице приведены усредненные за 1998–2002 гг. сведения по РФ и федеральным округам о числе и площадях участков лесного фонда, переданных в аренду для осуществления основных видов побочного лесопользования.

Распределение арендных участков по федеральным округам отражает особенности ресурсного потенциала растительного сырья и традиции его эксплуатации. Так, наибольшее число участков (90 %) лесного фонда, переданных в аренду для осуществления пастбы скота, приходится на республики Башкортостан (2645) и Алтай (116), Омскую область (81), т.е. на те регионы, где имеются значительные площади пастбищных угодий для крупного рогатого скота. Оленьи пастбища занимают 98 % площадей, переданных в аренду для осуществления пастбы скота (10,1 млн га).



Федеральный округ	Пастьба скота		Сенокосение		Размещение ульев и пасек		Заготовка дикорастущих ягод и грибов		Заготовка лекарственных растений и технического сырья	
	Число участков, шт.	Площадь участков, га	Число участков, шт.	Площадь участков, га	Число участков, шт.	Площадь участков, га	Число участков, шт.	Площадь участков, га	Число участков, шт.	Площадь участков, га
Северо-Западный	19	3 260 902	10	25	–	–	–	–	–	–
Центральный			246	49	11	2	1	1	–	–
Приволжский	2 657	62 614	10 574	33 284	377	448	1	1	–	–
Южный	16	361	23	237	–	–	–	–	–	–
Уральский	15	3 042	522	7 387	33	67	1	10 123	1	4
Сибирский	221	135 067	546	15 851	31	4 754	30	319 900	5	108 368
Дальневосточный	21	6 818 572	14	3 090	19	798	11	42 555	12	1 123
Всего по РФ	2 949	10 280 558	11 935	59 923	471	6 069	44	372 580	18	109 495



Аренда лесных сенокосов распространена в Республике Башкортостан (10 424 участка на площади 32,3 тыс. га), Свердловской (494 и 4,9), Читинской (239 и 4,1) и Омской областях (225 и 87,4).

Аренда участков лесного фонда для размещения ульев и пасек наиболее развита в местах компактного произрастания липовых насаждений. В Удмуртской Республике имеется 228 таких участков на площади 33 га, Республике Башкортостан – 77 и 339, Республике Татарстан – 42 и 37, Челябинской области – 26 и 6, Кемеровской области – 18 и 92, Еврейской автономной области – 13 и 10.

Аренда угодий дикорастущих ягод, съедобных грибов и лекарственного сырья наиболее широко распространена в районах достаточно интенсивных промысловых заготовок Сибири и Дальнего Востока: Алтайский и Хабаровский край, Республика Хакасия, Томская, Иркутская и Камчатская области.

К наиболее важным и перспективным направлениям научно-технической политики в области использования недревесных растительных ресурсов леса относятся:

формирование банка нормативных показателей для экономической (кадастровой) оценки продукции побочного лесопользования; определенный опыт в этом направлении уже имеется [1];

создание при территориальных органах МПР России маркетинговых центров по изучению спроса и предложения на недревесное сырье как на внутреннем, так и на внешнем рынке;

организация крупных агрофирм, функциями которых, в том числе, были бы промышленная заготовка (закупка у населения, плантационное выращивание), первичная или глубокая переработка и целенаправленная реализация недревесного растительного сырья;

координация научных исследований с проработкой комплексных (межведомственных) тем [2].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Русова И.Г. Экономическая оценка лесных земель, переводимых в нелесные земли для использования их в целях, не связанных с ведением лесного хозяйства, использованием лесным фондом, и (или) изымаемых земель лесного фонда / И.Г. Русова [и др.] // Лесохозяйственная информация. – 2002. – № 5. – С. 24–53.

2. Черкасов А.Ф. Исследования недревесного растительного компонента лесных ресурсов (на примере ВНИИЛМ) / А.Ф. Черкасов, К.А. Миронов, В.Н. Косицын // Лесохозяйственная информация. – 2002. – № 1. – С. 22–30.

Министерство природных ресурсов РФ  
Поступила 11.08.03

*V.N. Kositsyn*

### **Secondary Forest Use in Conditions of Sustainable Forest Management**

The aspects of legal regulation of the secondary forest use are viewed at the all-Russia and regional levels within the multi-purpose forest use and sustainable forest management based on the principles of continuity and inexhaustibility.

---

УДК 502.55:620.26

**О.А. Неверова, В.М. Позняковский**

Неверова Ольга Александровна родилась в 1959 г., окончила в 1981 г. Кемеровский государственный университет, кандидат биологических наук, доцент кафедры биохимии и микробиологии Кемеровского технологического института пищевой промышленности, руководитель группы биоиндикации окружающей среды Кузбасского ботанического сада (филиала ЦСБС СО РАН). Имеет 60 печатных работ по проблеме биоэкологической оценки загрязнения окружающей среды и состояния наземных экосистем в Кузбассе.



Позняковский Валерий Михайлович родился в 1948 г., окончил в 1971 г. Кемеровский государственный университет, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой биотехнологии, товароведения и экспертизы пищевых продуктов, директор НИИ биотехнологии и сертификации Кемеровского технологического института пищевой промышленности. Имеет более 400 печатных работ в области гигиенических аспектов биотехнологии и питания различных групп населения.

**ФИТОИНДИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ (НА ПРИМЕРЕ Г. КЕМЕРОВО)**

Установлено, что в черте города листья древесных растений концентрируют тяжелые металлы (ТМ) и рассеивают биофильные микроэлементы, преимущественно марганец; обнаружена видовая специфичность деревьев в способности накапливать ТМ; выявлены растения-индикаторы.

*Ключевые слова:* древесные растения, береза бородавчатая, липа мелколистная, рябина сибирская, сирень обыкновенная, фитоиндикация, аккумуляция, тяжелые металлы, загрязнение городской среды.

В последние десятилетия в экологических исследованиях для контроля качества воздуха, воды и почвы активно используют биотехнологические методы [1, 2, 4], к которым относят биотестирование – индикацию загрязнителей по их накоплению в биообъектах (микроорганизмы, растения, животные). Применение биотехнологических методов повышает надежность экологических прогнозов и является научной основой для разработки эффективных методов оздоровления среды.

Высокая концентрация промышленных производств в г. Кемерово, а также возрастающая транспортная нагрузка приводят к накоплению широкого спектра химических загрязняющих веществ в окружающей среде, в том числе в воздухе и почве. К наиболее опасным загрязнителям окружающей среды относятся тяжелые металлы (ТМ).

Цель настоящих исследований – оценка степени загрязнения окружающей среды г. Кемерово тяжелыми металлами методом биотестирования с использованием древесных растений.

#### *Объекты и методы исследований*

Исследования проведены в вегетационный период 2001 г. Объектами исследований являлись древесные растения: береза бородавчатая (*Betula verrucosa* Roth.), рябина сибирская (*Sorbus sibirica* Hedl.), липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.), сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris* L.), произрастающие в скверах и примагистральных посадках всех районов города. Контрольная (условно-чистая) зона (фон) находилась в 30 км южнее городской черты. Образцами для сравнения служили отдельные деревья на опушке леса или на загородных дачах (например сирень обыкновенная). Возраст исследуемых деревьев составлял 30 ... 50 лет. Пробы растительных образцов (листья без видимых признаков повреждений) отбирали в июле с южной стороны средней части кроны.

Оценка загрязнения городской среды тяжелыми металлами (Fe, Mn, Mo, Cr, Pb, Cu, Co, Cd, Zn, Ni) выполнена Государственным центром агрохимической службы «Кемеровский» с использованием атомно-абсорбционного спектрометра ААС-30.

Для оценки суммарного загрязнения среды ТМ рассчитывали суммарный показатель концентрации (СПК) загрязнения и коэффициент обогащения древесных растений  $K_{об}$ :

$$СПК = \Sigma(C_i - C_{\phi}) / C_{\phi},$$

где  $C_i$ ,  $C_{\phi}$  – соответственно содержание химического элемента в листьях деревьев городской черты и фоновой пробы (контроль).

$K_{об}$  определяли как отношение среднего содержания элемента в растениях города к среднему его содержанию в растениях фонового участка.

Полученный материал математически обработан с помощью статистического пакета Statistica 5,5 для IBM совместимых компьютеров.

#### *Обсуждение результатов*

По составу ТМ в листьях древесные растения города отличаются от естественных аналогов. На территории города древесная растительность обогащается элементами техногенной группы (табл. 1).

Наиболее широкий спектр ТМ концентрируют рябина (Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Co, Cr) и липа (Pb, Cd, Cu, Ni, Fe, Cr). Рябина в большей степени накапливает Pb ( $K_{об} = 2,25 \dots 2,92$ ), Cd (3,40 ... 3,60), Zn (2,48 ... 3,60), Ni (2,30 ... 1,80), Cr (1,42 ... 2,20), липа – Pb (2,56...3,00), Cd (2,10 ... 3,00), Cr (2,25 ... 2,40).

Для всех исследуемых пород в городе характерна деконцентрация биофильного элемента Mn ( $K_{об} < 1$ ). Для некоторых пород отмечено снижение содержания и других металлов ниже фонового уровня, например Co у березы и сирени в магистральных посадках и липы в обоих типах насаждений. Деконцентрация наиболее широкого спектра металлов характерна для

Таблица 1

**Коэффициенты обогащения древесных растений города тяжелыми металлами**

Порода	$K_{об}$								
	Pb	Cd	Cu	Zn	Mn	Ni	Co	Fe	Cr
Береза	2,08	1,60	1,60	1,14	0,28	0,66	0,84	1,06	1,18
	1,54	0,50	1,44	1,08	0,30	0,76	0,88	1,02	0,84
Липа	3,13	3,00	1,42	1,90	0,57	1,04	0,64	1,46	2,40
	2,56	2,10	1,32	1,80	0,65	1,03	0,56	1,50	2,25
Рябина	2,92	3,40	1,80	2,48	0,57	2,26	1,75	0,74	2,15
	2,25	3,60	1,48	2,10	0,58	1,75	1,76	0,90	1,45
Сирень	1,80	1,10	1,85	0,93	0,69	1,00	0,82	0,97	1,40
	1,78	0,84	1,51	0,88	0,62	1,86	0,95	0,95	1,27

Примечание. Здесь и далее, в табл. 2, в числителе приведены данные для магистральных посадок, в знаменателе – для скверов.

Таблица 2

**Средние значения СПК химических элементов в листьях древесных растений города**

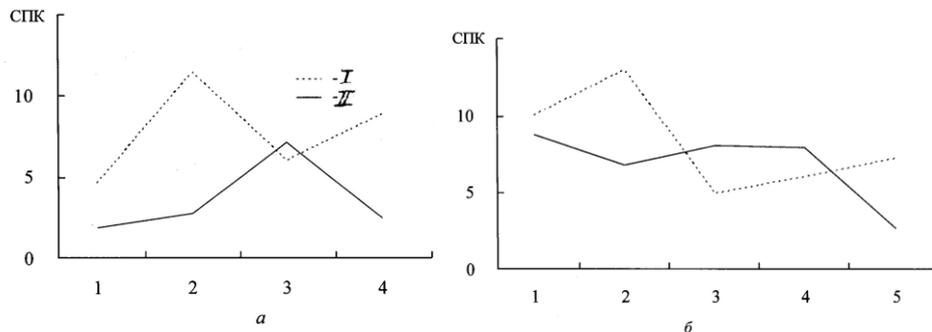
Порода	Всего по городу	В том числе по районам				
		Ленинский	Центральный	Заводской	Кировский	Рудничный
Береза	1,63/0,07	0,39/0,25	1,10/-1,16	1,90/-0,14	2,47/0,14	2,31/26
Липа	7,67/3,50	4,59/1,81	11,37/2,68	5,95/7,05	8,75/2,44	–
Рябина	8,75/6,80	10,00/8,73	12,89/6,77	4,93/8,00	-/7,89	7,16/2,64
Сирень	1,56/1,69	3,26/2,16	0,43/-3,07	0,99/2,62	-/0,44	-/6,29

березы, произрастающей в скверах (содержание Cd, Ni, Co, Cr ниже фонового уровня).

Установлено, что липа и рябина имеют самый высокий СПК, в среднем по городу он составляет соответственно 7,27 и 8,25 в примастральных посадках и 3,50 и 6,80 в скверах (табл. 2). Максимальные значения СПК характерны для липы и рябины, произрастающих вдоль магистралей Центрального района города (соответственно 11,37 и 12,89) (табл. 2, см. рисунок). Таким образом, деревья, растущие вдоль магистралей, в большинстве случаев отличаются более высоким содержанием ТМ. Однако, согласно классификации Н.Н. Москаленко и Р.С. Смирновой [3], уровень загрязнения растительности СПК = 10 ... 20 оценивается как минимальный. Береза и сирень обладают низкой металлоаккумулирующей способностью – СПК в среднем по городу не достигает 3,00, а в скверах Центрального и Заводского районов наблюдается деконцентрация ТМ ниже фонового уровня (табл. 1, 2).

*Выводы*

1. Установлено, что в условиях преобразованной городской среды листья древесных растений концентрируют ТМ, в основном связанные с техногенезом, и рассеивают биофильные микроэлементы – преимущественно марганец.



Суммарный показатель загрязнения листьев липы (а) и рябины сибирской (б) вдоль магистралей (I) и в скверах (II) (Цифры по горизонтальной оси – районы: 1 – Ленинский, 2 – Центральный, 3 – Заводской, 4 – Кировский, 5 – Рудничный)

2. Выявлена видовая специфичность деревьев в способности накапливать ТМ, которая выражается рядом: рябина > липа > сирень > береза.

3. В качестве индикаторов загрязнения ТМ городской среды можно использовать рябину и липу, СПК и  $K_{об}$  которых максимальны для широкого спектра исследуемых элементов.

4. Показано, что уровень суммарного загрязнения окружающей среды г. Кемерово по ТМ оценивается как низкий (СПК растений-концентраторов – рябины и липы – меньше 20).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бекер М.Е. Биотехнология / М.Е. Бекер, Г.К. Лиепиньш, Е.П. Райпулис. – М.: Агропромиздат, 1990. – 334 с.
2. Биотехнология. Принципы и применение / под ред. И. Хиггинса, Д. Беста, Дж. Джонсона. – М.: Мир, 1988. – 480 с.
3. Москаленко Н.Н. Геохимическая оценка загрязнения окружающей среды Ленинского района Москвы / Н.Н. Москаленко, Р.С. Смирнова // Экология и охрана природы Москвы и Московского региона. – М.: МГУ, 1990.
4. Попова Т.Е. Развитие биотехнологии в СССР / Т.Е. Попова. – М.: Наука, 1988. – 200 с.

Кемеровский технологический институт пищевой промышленности

Поступила 2.09.03

*O.A. Neverova, V.M. Poznyakovsky*

#### **Phytomonitoring of Urban Environment by Heavy Metals (on the Example of Kemerovo)**

It has been found out that that the leaves of wooden plants growing in the town concentrate heavy metals and scatter biophil microelements, manganese being the main one. The species specificity of trees has been discovered in their ability of accumulating heavy metals; the plants-indicators have been revealed.



УДК 630\*36

**Б.Г. Мартынов, К.Е. Муравьев**

Мартынов Борис Григорьевич родился в 1950 г., окончил в 1967 г. Ленинградский институт точной механики и оптики, кандидат технических наук, профессор кафедры технологии лесозаготовительных производств С.-Петербургской государственной лесотехнической академии. Имеет 55 научных трудов в области разработок методов и средств технической диагностики машин.



Муравьев Константин Евгеньевич родился в 1957 г., окончил в 1980 г. Ленинградский сельскохозяйственный институт, кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации тракторов, автомобилей и машин сельскохозяйственного назначения С.-Петербургского государственного аграрного университета. Основное направление научной деятельности – диагностика автотракторных двигателей и сельскохозяйственной техники.



### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ЛЕСНЫХ МАШИН ПО ПАРАМЕТРАМ ИХ ВИБРАЦИИ**

Разработан прибор, с помощью которого можно определять общее техническое состояние двигателей лесных машин.

*Ключевые слова:* неуравновешенность, дисбаланс, амплитуда, фаза, вибрация, двигатель.

Источниками вибрации являются неуравновешенность вращающихся деталей, силы инерции, перекладка поршней цилиндропоршневой группы, удары клапанов и т.п. [1]

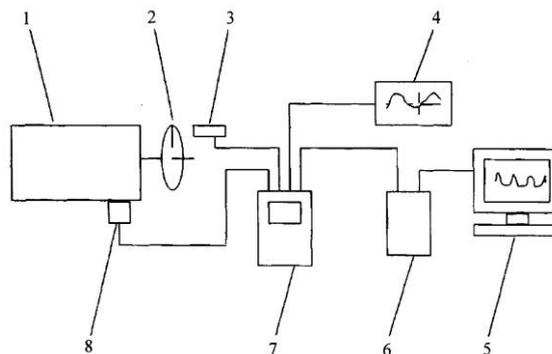
Остаточная неуравновешенность (дисбаланс) вращающихся масс дизеля – опасный источник колебаний силового агрегата трактора. В результате происходит ослабление резьбовых соединений, усиливается износ деталей. Интенсивно изнашиваются соединения узлов и деталей, снижаются надежность и производительность машин, на 20 ... 30 % сокращается ресурс двигателя. С увеличением численного значения дисбаланса частота отказов трактора возрастает в 2–4 раза, скорость изнашивания коренных шеек коленчатого вала – на 44 %, коренных подшипников – на 23 %, шатунных подшипников – более чем в 2 раза. В процессе эксплуатации численное значение дисбаланса двигателей увеличивается в 2–4 раза. На преодоление не-

уравновешенных сил тратится 10 ... 12 % эффективной мощности двигателя, расход топлива увеличивается на 10 ... 15 % [2].

Для определения амплитудных и фазовых параметров вибрации двигателей был разработан и изготовлен индикатор КИ-28062-ГОСНИТИ-СПГАУ [2], измеряющий частоту вращения двигателя внутреннего сгорания, амплитуду ускорений виброколебаний, угол положения «легкого места» на маховике и позволяющий проводить балансировку без демонтажа и измерять общий уровень вибрации объекта диагностирования. Прибор автоматически подстраивается под частоту вращения вала двигателя, имеет полосовой частотный фильтр, универсальный канал измерения частоты вращения, отличается повышенной точностью контроля фазы дисбаланса и портативностью. С его помощью можно осуществлять контроль величины и фазы дисбаланса механизмов, используемых в различных отраслях.

Дисбаланс оценивают по величине статического момента относительно оси вращения неуравновешенных масс. Вертикальная составляющая центробежной силы, вызванной дисбалансом, обуславливает динамическую нагрузку на опоры вращающихся валов и является источником диагностического вибросигнала. На выходе виброизмерительного датчика-акселерометра 8 (см. рисунок), установленного на нижней плоскости картера сцепления вблизи задней опоры коленчатого вала и в плоскости вращения маховика, появляется электрический сигнал, амплитуда которого зависит от величины неуравновешенных масс.

Зависимость амплитуды диагностического сигнала от дисбаланса можно представить в следующем виде:



Блок-схема обработки диагностического сигнала: 1 – двигатель (или роторный механизм); 2 – шкив коленчатого вала двигателя (или роторного механизма) с опорной отметкой; 3 – оптронный датчик синхронизации; 4 – осциллограф; 5 – монитор компьютера; 6 – АЦП; 7 – индикатор КИ-28062-ГОСНИТИ-СПГАУ; 8 – измерительный вибропреобразователь-акселерометр

$$A = K_d K_n C D, \quad (1)$$

где  $A$  – амплитуда диагностического сигнала, мВ;

$K_d$  – коэффициент преобразования датчика;

$K_n$  – коэффициент преобразования измерительной цепи;

$C$  – коэффициент, отражающий характеристики колебательной системы и зависящий от частоты вращения коленчатого вала;

$D$  – дисбаланс,

$$D = m_n e; \quad (2)$$

$m_n$  – неуравновешенная масса, г;

$e$  – смещение неуравновешенной массы от оси вращения, мм.

Для получения параметров дисбаланса двигателя или роторного механизма необходимо иметь два первичных преобразователя (датчика): измерительный вибропреобразователь-акселерометр 8 и оптронный датчик синхронизации 3. Электрический сигнал вибропреобразователя поступает на вход прибора (индикатора) 7, который обеспечивает фильтрацию сигнала, зависящую от частоты вращения вала двигателя (или ротора). Так как частота вращения коленчатого вала не является строго постоянной величиной, то это может внести большую погрешность в измерение фазы диагностического сигнала. Поэтому в схеме прибора предусмотрена установка блока управления фильтром 3, который автоматически его подстраивает с помощью синхроимпульсов, получаемых с датчика синхронизации. Это обеспечивает измерение частоты вращения коленчатого вала двигателя (или ротора), амплитуды и фазы диагностического сигнала. Их числовые значения отображаются на цифровом индикаторе прибора. Параметры дисбаланса определяют по измеренным амплитуде  $A$  и фазе минимального или максимального значения диагностического сигнала  $\alpha_{\min}$ ,  $\alpha_{\max}$ , получаемого на выходе перестраиваемого фильтра; расположение неуравновешенной массы  $m_n$  – по  $\alpha_{\max}$ ; место установки корректирующего груза – по  $\alpha_{\min}$ .

Дисбаланс в плоскости маховика уменьшают с помощью постановки специальных корректирующих грузов на болты крепления опорного диска муфты сцепления к маховику. Массу корректирующего груза  $m_k$  (в граммах) определяют по формуле

$$m_k = cA, \quad (3)$$

где  $c$  – масштабный коэффициент;

$A$  – значение амплитуды диагностического сигнала.

Угол установки корректирующего груза  $\alpha_k$  находят по фазе диагностического сигнала:

$$\alpha_k = \alpha_{\min}^n + \alpha_1, \quad (4)$$

где  $\alpha_{\min}^n$  – угол установки корректирующего груза по показаниям индикатора дисбаланса, град. п.к.в.;

$\alpha_1$  – поправка на сдвиг для значений фазы сигнала по показаниям индикатора дисбаланса относительно истинных значений (для двигателей различных марок значения поправок разные; для Д-240 и СМД-14 БН имеем  $\alpha_1 = 35$ ).

Узлы и механизмы тракторов и автомобилей являются источником вибрации. В процессе эксплуатации зазоры в сопряжениях увеличиваются, что влечет за собой увеличение ударных нагрузок и повышение уровня вибрации. Поэтому состояние отдельных узлов и деталей (износ, зазор, разрегулировка и др.) можно оценивать по общему уровню вибрации. Для этого

определяют значение общего уровня вибрации, который сравнивают с номинальными и допускаемыми значениями и делают заключение о техническом состоянии механизма в целом. Но общий уровень вибрации не характеризует техническое состояние конкретного узла или соединения, поэтому возникает необходимость обработки диагностического сигнала с выделением информативных компонент, подавлением помех, нормированием сигналов и т.д. [1]. Вибросигнал представляет собой смесь сигналов различных частот. Сигналу определенной частоты соответствует конкретное значение его амплитуды. Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) показывает изменение (или зависимость) амплитуды диагностического вибросигнала от его частоты. Измеряя АЧХ диагностируемого объекта на различных режимах его работы (скоростной, нагрузочный, температурный и т.д.) с различными значениями структурных параметров (износ, разрегулировка, зазор и др.) можно выявить, на какой частоте вибрационный сигнал наиболее полно характеризует (или отражает) изменение технического состояния данного механизма, узла. Данный отфильтрованный вибросигнал может быть принят за диагностический при оценке технического состояния объекта вибрационным методом.

При автономной работе индикатор КИ-28062-ГОСНИТИ-СПГАУ с помощью специальных электронных устройств, амплитудных и фазовых детекторов позволяет получать диагностический сигнал в узкой полосе частот. В общем случае узкополосный процесс при достаточно широких предположениях может быть представлен в следующем виде:

$$x(t) = V_x(t) \cos [\omega_0 t + \varphi_x(t)], \quad (5)$$

где  $V_x(t)$  и  $\varphi_x(t)$  – огибающая и фаза процесса  $x(t)$ , медленно изменяющиеся по сравнению с  $\cos \omega_0 t$ ;

$\omega_0$  – средняя частота сосредоточения энергетического спектра  $G_x(\omega)$ .

Приборная реализация фильтрации диагностического сигнала затрудняет автоматизацию процесса диагностирования большого числа различных источников вибрации двигателя и других сложных механизмов. Более полную возможность анализа диагностического вибросигнала может дать его компьютерная обработка с использованием необходимого пакета прикладных программ. В данном случае (см. рисунок) первичный диагностический сигнал с индикатора КИ-28062-ГОСНИТИ-СПГАУ поступает на АЦП и далее на компьютер. Вся информация по диагностическому сигналу и его обработке выводится на монитор 5.

Использование компьютерных технологий позволит автоматизировать процесс диагностирования, оперативно получать и обрабатывать исходную информацию при дальнейших научных исследованиях, создавать необходимые базы данных и разрабатывать технологию своевременного и качественного определения по вибропараметрам технического состояния двигателей, механизмов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вибрации в технике. Справочник: В 6-ти т. – Т. 5: Измерения и испытания / под ред. М.Д. Генкина. – М.: Машиностроение, 1981. – 496 с.

2. *Муравьев К.Е.* Определение параметров дисбаланса и общего уровня вибрации двигателей и роторных механизмов. Общее устройство индикатора КИ-28062-ГОСНИТИ-СПбГАУ модернизированного, инструкция по использованию и технология диагностирования / К.Е. Муравьев, А.В. Волжанкин, Д.В. Бугусов // Улучшение эксплуатационных показателей двигателей, тракторов и автомобилей: сб. науч. ст. – СПб., 1999. – С. 117–129.

С.-Петербургская государственная  
лесотехническая академия

С.-Петербургский государственный  
аграрный университет

Поступила 2.09.03

*B.G. Martynov, K.E. Muravjev*

**Determination of Technical State of Forest Machine Engines  
According to Vibration Parameters**

The device has been developed allowing to determine the general technical state of the forest machines engines.

---

УДК 531.7

**Д.Л. Нерадовский**

Нерадовский Денис Леонидович родился в 1979 г., окончил в 2002 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры теоретической механики АГТУ. Область научных интересов – строительство и реконструкция зданий.



## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛИНЫ СВАЙ В ПОЛИГОННЫХ УСЛОВИЯХ

Разработана методика определения ударным методом длины свай, заглубленных в грунт.

*Ключевые слова:* свая, методика, оборудование, результаты.

При проведении работ по реконструкции и ремонту зданий и сооружений обычно требуется знать величину заглубления свай в грунт основания. Ввиду давности постройки многих зданий необходимые данные проектной документации обычно оказываются утраченными. При проведении ремонта отдельных зданий, в частности для определения несущей способности свайного основания, их требуется восстановить.

Цель статьи – экспериментальное определение длины свай с помощью движущейся звуковой волны для расчета их несущей способности.

Экспериментальная работа выполнена в полигонных условиях на базе Кузнечевского комбината строительных конструкций и материалов (КСКМ), где были уложены штабеля свай. Рассмотрим общий случай определения скорости перемещения звуковой волны по свае, заглубленной в грунт (рис. 1). По верхнему торцу сечения сваи  $A-A$  производят удар, например молотом. Звуковая волна удара распространяется по длине сваи, достигает нижнего торца (сечение  $B-B$ ), отражается от него и перемещается вверх.

Согласно работе [1] скорость распространения волны удара можно найти по формуле

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}, \quad (1)$$

где  $E$  – модуль упругости материала сваи, Па;

$\rho$  – плотность материала сваи,  $\text{кг/м}^3$ .

По данным, полученным на Кузнечевском КСКМ, для железобетонных свай  $E = 3,53 \cdot 10^{10}$  Па;  $\rho = 2520$   $\text{кг/м}^3$ .

На расстоянии  $l_1$  от верхнего торца сваи установлен микрофон. Он регистрирует звуковые волны

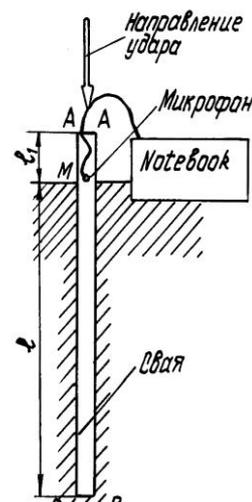


Рис. 1. Общий случай

удара в начальный момент  $t_1$  (после удара) и после отражения их при обратном ходе  $t_2$ . Звук удара, регистрируемый микрофоном, записывают на портативном компьютере Notebook в виде графика колебаний. Часть такой записи представлена на рис.2.

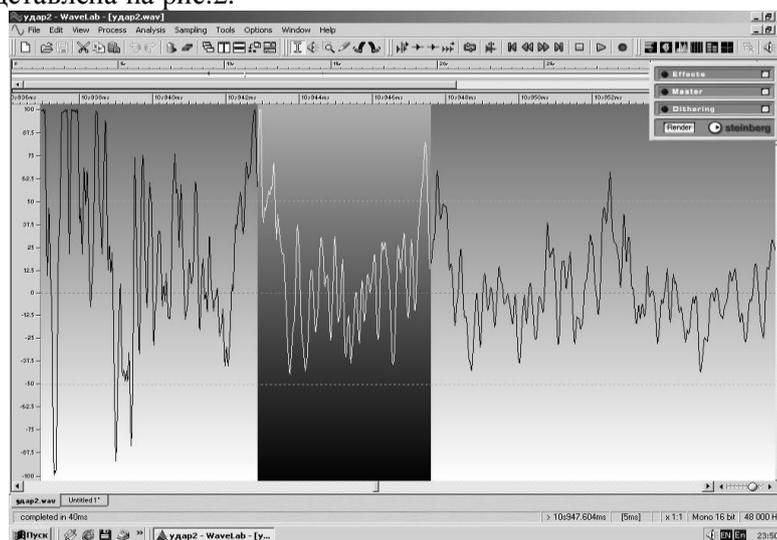


Рис. 2. График колебаний

Время движения звука на участке  $2MB$  находим по формуле

$$\Delta t = \frac{t_1 - t_2}{p}, \quad (2)$$

где  $t_1, t_2$  – время начала и конца движения, с;  
 $p$  – число пиков в интервале, шт.

Скорость распространения звуковой волны в материале сваи (м/с) находят по формуле [2]

$$c = \frac{2l}{\Delta t}. \quad (3)$$

Полная длина сваи

$$L = l + l_1. \quad (4)$$

Эта методика опробована в полигонных условиях, где на площадке уложены штабеля свай. Сначала с помощью рулетки измеряли длину  $L$  каждой сваи и определяли  $l_1$  и  $l$ . Затем каждую сваю нагружали ударной силой в одном из торцов (рис. 3). Анализ полученных звуковых волн произведен с помощью программного обеспечения: Sound Forge 5.0, WaveLab 4.0.

Определяли интервал между пиками звуковых волн. Для повышения точности результатов рассматривали интервалы с несколькими пиками и определяли среднее время движения звуковой волны  $\Delta t$  по формуле (3).

Полученные данные сведены в таблицу.

Статистический анализ материалов эксперимента производим с применением Microsoft Excel [3]. Здесь находим: среднее значение скорости звука в свае

$$c = \frac{\sum c_i}{n} = 3954,5 \text{ м/с},$$

где  $c_i$  – скорость звука в одной из свай, м/с;

$n$  – общее число свай, шт.;

дисперсию генеральной совокупности

$$\sigma^2 = \frac{n \sum c_i^2 - (\sum c_i)^2}{n^2} = 71224,4 \text{ (м/с)}^2.$$

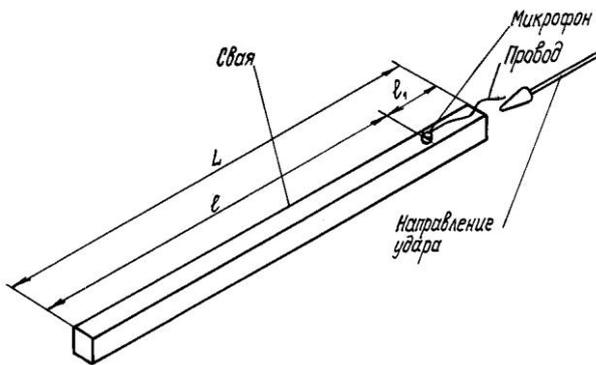


Рис. 3. Схема опыта

## Экспериментальные данные

№ сваи	$l$ , м	$l_1$ , м	$L$ , м	Время первой точки интервала $t_1$ , с	Время второй точки интервала $t_2$ , с	Количество пиков $p$ , шт.	Интервал времени $\Delta t$ , с	Скорость звука, м/с
1	14,35	0,64	13,71	3,492125	3,523375	5	0,006250	4387
2	14,35	0,64	13,71	3,354467	3,382857	5	0,005678	4829
3	14,35	0,64	13,71	5,679342	5,685828	1	0,006486	4228
4	14,35	0,64	13,71	3,303375	3,324375	3	0,007000	3917
5	14,35	0,64	13,71	3,255646	3,262562	1	0,006916	3965
6	12,3	0,56	11,74	3,663084	3,681542	3	0,006153	3816
7	12,3	0,56	11,74	4,687664	4,711764	4	0,006025	3897
8	12,3	0,56	11,74	3,819705	3,831474	2	0,005885	3990
9	12,3	0,56	11,74	3,518345	3,559615	7	0,005896	3983
10	12,3	0,56	11,74	1,781293	1,798435	3	0,005714	4109
11	12,3	0,56	11,74	3,684263	3,711701	4	0,006860	3423
12	12,3	0,56	11,74	6,405079	6,423356	3	0,006092	3854
13	12,3	0,56	11,74	3,259546	3,277347	3	0,005934	3957
14	12,3	0,56	11,74	2,792354	2,815896	4	0,005885	3989
15	12,3	0,56	11,74	6,29678	6,331293	5	0,006903	3402
16	12,3	0,56	11,74	3,768844	3,786848	3	0,006001	3912
17	12,3	0,56	11,74	5,11322	5,138413	4	0,006298	3728
18	12,3	0,56	11,74	4,126281	4,138345	2	0,006032	3893
19	12,3	0,56	11,74	7,108617	7,12102	2	0,006201	3786
20	12,3	0,56	11,74	4,163356	4,181406	3	0,006017	3902
21	7,95	0,5	7,45	5,297771	5,308696	3	0,003642	4092
22	7,95	0,5	7,45	2,497561	2,509023	3	0,003821	3900
23	7,95	0,5	7,45	5,10322	5,110522	2	0,003651	4081
24	7,95	0,5	7,45	3,663084	3,678084	4	0,003750	3973
25	7,95	0,5	7,45	1,781293	1,798293	4	0,004250	3506
26	7,95	0,5	7,45	3,255646	3,270946	4	0,003825	3895
27	7,95	0,5	7,45	2,491125	2,502125	3	0,003667	4064
28	7,95	0,5	7,45	7,118617	7,129017	3	0,003467	4298
29	7,95	0,5	7,45	2,364457	2,375251	3	0,003598	4141
30	7,95	0,5	7,45	2,456153	2,46762	3	0,003822	3898
31	7,95	0,5	7,45	3,259741	3,279486	5	0,003949	3773

Далее найдем сопутствующие величины:

медиана  $Me = 3917,1$ ;

стандартное отклонение  $\sigma = \sqrt{\sigma^2} = 266,88$  м/с;

доверительный интервал  $\Delta\bar{x}$  при уровне значимости  $\alpha = 0,05$ ,

$$\Delta\bar{x} = t \left( \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right),$$

где  $t$  – квантиль нормального распределения, для  $\alpha = 0,05$   $t = 1,96$  [3].

$$\text{Тогда } \Delta\bar{x} = 1,96 \left( \frac{266,88}{\sqrt{31}} \right) = 93,95 \text{ м/с.}$$

В этом случае с вероятностью 95 % среднее значение скорости звука для генеральной совокупности находится в интервале  $3954,5 \pm 93,95$  м/с.

Коэффициент вариации  $V = \frac{\sigma}{c} = 0,07$ .

Проверка в полигонных условиях показала, что предложенная методика имеет достаточно высокую точность и может быть рекомендована к использованию на производстве. Для определения длины свай оборудуют место замеров необходимыми приборами; прикладывают к верхнему торцу сваи ударную нагрузку; замеряют время  $t_1$  и  $t_2$  и вычисляют  $\Delta t$ ; по формуле (3) находят заглубленную длину сваи  $l$ ; вычисляют полную длину сваи  $L = l + l_1$ .

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Расчет на прочность в машиностроении / С.Д. Пономарев, В.Л. Бигерман, К.К. Лихачев [и др.]. – М.: Гос. науч.-техн. изд. машиностроительной литературы, 1959. – 1120 с.
2. Морозов С.И. Удар двух тел: методические указания по решению задач / С.И. Морозов. – Архангельск: РИО АГТУ, 1996. – 56 с.
3. Теория вероятностей и математическая статистика в примерах и задачах с применением Excel / Г.В. Горелова, И.А. Кацко. – Ростов н/Д: Феникс, 2001. – 400 с.

Архангельский государственный  
технический университет

Поступила 11.10.04

*D.L. Neradovsky*

#### **Technique of Determining Pile Length in Test Ground Conditions**

Technique of determining the pile length buried in ground by stroke method is developed.

---



## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 621.822.5:630\*812.79:674.05

***Л.И. Евельсон, Е.А. Памфилов, Е.В. Шевелева, А.П. Симин***

Евельсон Лев Игоревич родился в 1962 г., окончил в 1985 г. Брянский институт транспортного машиностроения, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой информационных технологий Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет более 50 работ в области динамики и прочности машин и разработки систем автоматизированного проектирования.



Памфилов Евгений Анатольевич родился в 1941 г., окончил в 1964 г. Брянский институт транспортного машиностроения, заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой механической технологии древесины Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет более 250 печатных работ в области долговечности машин.



Шевелева Елена Викторовна родилась в 1978 г., окончила в 2000 г. Брянскую государственную инженерно-технологическую академию, инженер кафедры механической технологии древесины Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет около 20 работ в области использования модифицированной древесины и древесно-металлических композиционных материалов для изготовления подшипников скольжения.



Симин Андрей Петрович родился в 1977 г., окончил в 1999 г. Брянский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет около 10 работ в области динамики и прочности машин и материаловедения.



## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ

Предложены принципы формирования древесно-металлических композиционных материалов для изготовления вкладышей подшипников скольжения деревообрабатывающего оборудования, проведен анализ влияния металлических элементов на амплитудно-частотные характеристики системы подшипник – вал.

*Ключевые слова:* подшипники скольжения, модифицированная древесина, древесно-металлические композиционные материалы, амплитудно-частотные характеристики, деревообрабатывающее оборудование.

Для повышения работоспособности узлов трения деревообрабатывающего оборудования во многих случаях можно использовать подшипники скольжения из модифицированной древесины, которая является одним из перспективных антифрикционных материалов. Она сочетает высокие триботехнические и демпфирующие свойства, а также обладает такими преимуществами, как недефицитность, технологичность, экономичность и воспроизводимость. Однако многие из известных конструкций подшипников скольжения, вкладыши которых выполнены из модифицированной древесины, не всегда обеспечивают требуемую работоспособность деревообрабатывающего оборудования.

Исследованы подшипники скольжения из композиционных древесно-металлических материалов, получаемых путем размещения в древесине, обладающей высокими виброгасящими свойствами, металлических элементов, обеспечивающих повышенную теплопроводность. Для благоприятного распределения температурных полей и интенсивного отвода тепла из поверхностных слоев используют металлические вставки переменного по толщине сечения (рис. 1).

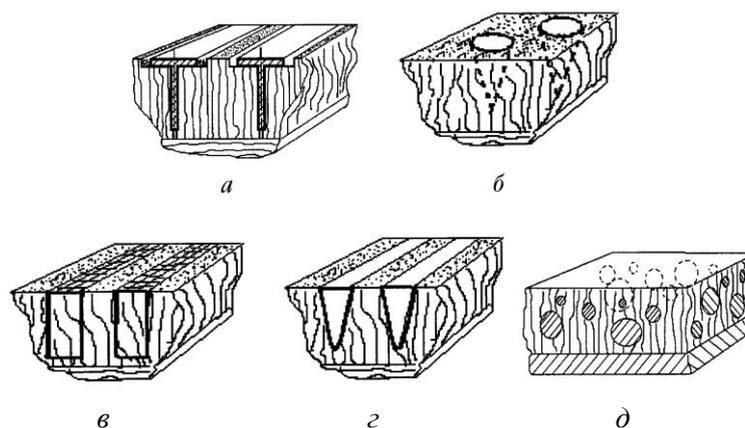


Рис. 1. Варианты древесно-металлических композиционных материалов с металлическими элементами в форме тавра (*a*), конуса (*б*), сетки (*в*), клина (*г*), сферы (*д*)

Площадь и размещение металлических вставок по поверхности зависят от условий фрикционного контакта, определяемого функциональным назначением подшипника. Рационально размещение вставок по траектории рабочих перемещений вкладыша относительно вала с обеспечением перекрытия элементов металлической фазы.

Снижение абразивного воздействия на рабочие поверхности вкладышей подшипников достигается за счет формирования на них винтовых или поперечных пазов, где в процессе работы накапливаются абразивные частицы.

Металлические вставки клиновой или тавровой формы размещают при сборке в специальных пазах, формируемых при прессовании древесных брусков, вставки конической формы запрессовывают в древесную составляющую после достижения заданной геометрической формы вкладыша.

Расчеты показали, что введение металлических элементов в древесный вкладыш позволяет на 20 % снизить максимальную температуру его эксплуатации [1]. Однако увеличение доли металлической составляющей приводит к росту модуля упругости композиционного материала вкладыша, что способствует повышению частоты колебаний системы подшипник–вал. В связи с этим для проведения анализа влияния металлических элементов на амплитудно-частотные характеристики системы проведен расчет колебаний механической системы подшипник–вал в условиях их контакта.

При оценке амплитуды и частоты колебаний системы подшипник–вал решали задачу колебания вала на подшипнике, определяя относительное сближения двух контактирующих поверхностей, которое вместе с параметрами шероховатости и свойствами материалов использовали для расчета коэффициента трения.

Так как вкладыш подшипника скольжения состоит из чередующихся древесных и металлических элементов, то его модель представляли в виде набора секторов с отличающимися физико-механическими свойствами. Модуль упругости  $E$  и коэффициент Пуассона  $\mu$  древесно-металлического сектора определяли из уравнений

$$E_1 = n_m E_m + n_d E_d; \quad \mu_1 = n_m \mu_m + n_d \mu_d,$$

где  $n_m, n_d$  – объемные доли металлического и древесного материалов;

$E_m, E_d$  – модуль упругости металлического и древесного материалов;

$\mu_m, \mu_d$  – коэффициент Пуассона металлического и древесного материалов.

Число контактирующих микронеровностей

$$n_r = n_a \left( \frac{p_c}{p_r t_m} \right)^{\epsilon-1} \zeta^v, \quad (1)$$

где  $n_a$  – количество пятен номинального контакта;

$p_c$  – контурное давление, принимаемое равным номинальному давлению,  $p_c \approx \frac{P}{S_k}$ ;

$$p_c \approx \frac{P}{S_k};$$

$S_k$  – площадь контакта цапфы вала с вкладышем подшипника;  
 $p_r$  – давление в контакте;  
 $t_m$  – относительная опорная длина профиля на уровне средней линии;  
 $\nu$  – параметры аппроксимации начальной части опорной кривой профиля.  
 Фактическое давление (давление в контакте) определяли по [2]:

$$p_r = (0,43E^*)^{\frac{2\nu}{2\nu+1}} \left( \frac{2p_c}{t_m} \right)^{\frac{1}{2\nu+1}} \left( \frac{R_p}{r} \right)^{\frac{\nu}{2\nu+1}}, \quad (2)$$

где  $E^*$  – приведенный модуль упругости,  $E^* = \left( \frac{1-\mu_1^2}{E_1} + \frac{1-\mu_2^2}{E_2} \right)^{-1}$ ;

$R_p$  – расстояние от линии выступов до средней линии;  
 $r$  – радиус единичной микронеровности.

Значение относительной опорной длины профиля  $t_m$  на уровне средней линии определяли по формуле

$$t_m = \frac{R_a}{R_p} \frac{\nu + 1}{2}, \quad (3)$$

где  $R_a$  – среднеарифметическое отклонение профиля.

Представляя каждую контактирующую неровность в виде упругого элемента, вычисляли вертикальную составляющую равнодействующей упругой силы. Так как контакт в паре вкладыш–вал происходит по дуге, то вклад каждого упругого элемента в вертикальную составляющую различен.

Рассматривая произвольный  $i$ -й упругий элемент, расположенный под углом  $\varphi_i$  от вертикальной линии, определяем вертикальную составляющую от радиальной упругой силы:

$$F_{Y,i}^{уп} = F_i^{уп} \cos \varphi_i. \quad (4)$$

Значение радиальной упругой силы единичного элемента  $F_i^{уп}$  получено с учетом перемещения точки контакта по радиусу. В этом случае величина радиального смещения связана с вертикальным смещением соотношением  $\delta_i = y \cos \varphi_i$

Из гипотезы Герца следует, что восстанавливающая сила может быть определена из условия

$$F_i^{уп} = K_i \delta_i^{3/2}, \quad (5)$$

где  $K_i = \frac{4}{3} E_i^* R^{1/2}$  – коэффициент гипотезы Герца;

$R$  – радиус полусферы, описывающей единичную микронеровность;

$\delta_i$  – деформация контакта.

С учетом вышеизложенного формула (4) принимает вид

$$F_{y,i}^{y_{np}} = K_i \delta_i^{3/2} \cos \varphi_i. \quad (6)$$

Равнодействующая всех восстанавливающих сил может быть определена из условия

$$F_{y,\Sigma}^{y_{np}} = 2 \sum_{i=1}^{n_r/2} K_i \delta_i^{3/2} \cos \varphi_i. \quad (7)$$

Учитывая стабильность шероховатости фрикционного контакта и считая расположение упругих элементов равномерным по всей дуге контакта, определяем угол  $\varphi_i$ :

$$\varphi_i = i\Delta\varphi = \frac{2i\varphi_0}{n_r}, \quad (8)$$

где  $\varphi_0$  – угол обхвата подшипником цапфы вала.

Аналогично вычисляли суммарную диссипативную функцию:

$$\eta_{y,\Sigma} = 2 \sum_{i=1}^{n_r/2} \eta_i R \cos^2 \varphi_i, \quad (9)$$

где  $\eta_i$  – коэффициент диссипации материала, выбираемый равным коэффициенту гистерезисных потерь.

Зная эквивалентную жесткость и диссипативную характеристику системы, представим динамическую модель подшипника скольжения в виде массы на пружине с демпфером (рис. 2).

Учитывая приложенные к системе активные, реактивные и инерционные силы, ее движение получим из следующего дифференциального уравнения:

$$m_{np}\ddot{y} + \eta_{y,\Sigma} \dot{y} - F_{y,\Sigma}^{y_{np}} = -F_0(1 + \alpha \cos \omega t) - mg, \quad (10)$$

где  $m_{np}$  – приведенная масса системы, которая включает в себя массы вала и закрепленных на нем других элементов системы.

Для применения выражения восстанавливающей силы в формуле (7) выполнено преобразование, связывающее  $\delta_i$  и  $y$ :

$$\delta_i = (y_0 - y) \cos \varphi_i.$$

Здесь  $y_0$  – деформация от статической нагрузки. Подставляя выражение (7) в (10), получаем дифференциальное уравнение, описывающее нормальные колебания системы:

$$m_{np}\ddot{y} + \eta_{y,\Sigma} \dot{y} - 2 \sum_{i=1}^{n_r/2} K_i \cos^{5/2} \varphi_i (y_0 - y)^{3/2} = -F_0(1 + \alpha \cos \omega t) - mg, \quad (11)$$

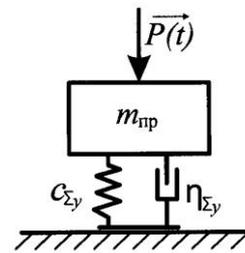


Рис. 2. Динамическая модель подшипника скольжения

$$\text{где } y_0 = \left( \frac{F_0 + mg}{2 \sum_{i=1}^{n_r/2} K_i \cos^3 \varphi_i} \right)^{2/3}. \quad (12)$$

Обозначим  $q = y/y_0$ ;  $\dot{q} = \dot{y}/y_0$ ;  $\ddot{q} = \ddot{y}/y_0$ ;  $H = 2 \sum_{i=1}^{n_r/2} K_i \cos^5 \varphi_i$ , уравнение (11) можно представить в следующем виде:

$$m_{\text{пр}} \ddot{q} + \eta_{\text{в}} \dot{q} - Hy_0^{1/2} (1-q)^{3/2} = \frac{F_0}{y_0} (1 + \alpha \cos \omega t) - \frac{m_{\text{пр}} g}{y_0}. \quad (13)$$

Решая уравнения (13) численным методом Рунге–Кутты, получим выражение для  $y(t) = q(t)y_0$ , которое является перемещением вала (подшипника) относительно положения статического равновесия, вызванного массовой и статической нагрузками. Перемещения от статической нагрузки и динамической составляющей определяют сближение двух поверхностей  $h(t) = y_0 - y(t)$ .

Полученная зависимость позволяет выполнить анализ влияния жесткости, диссипативных характеристик материала, частоты и амплитуды возмущающей нагрузки на коэффициент трения при упругом контакте взаимодействующих тел:

$$f_{\text{т}}(t) = \frac{2,4\tau_0 \sqrt{R} \left( -\mu_{\text{пр}}^2 \right)}{E_{\text{пр}} \sqrt{h}} + \beta + \frac{0,2\alpha_{\text{гис}} \sqrt{h(t)/R}}{1}, \quad (14)$$

где  $\tau_0, \beta$  – фрикционные параметры;

$R$  – радиус индентера;

$E_{\text{пр}}, \mu_{\text{пр}}$  – приведенные коэффициент Пуассона и модуль упругости;

$\alpha_{\text{гис}}$  – коэффициент гистерезисных потерь в условиях сложного напряженного состояния,  $\alpha_{\text{гис}} = K\alpha'_{\text{гис}}$  (для сферического индентера  $K = 3$ ,  $\alpha'_{\text{гис}}$  – коэффициент гистерезисных потерь материала древесины).

Для решения этой задачи построены амплитудно-частотные характеристики системы с металлическим вкладышем, вкладышами из древесно-металлического композиционного материала и прессованной древесины. На основании этого установлено, что явление резонанса наблюдается для выбранных параметров одномассовой системы при высоких частотах возмущения  $(3 \dots 4) \cdot 10^4$  Гц. С увеличением доли металлической составляющей собственная частота системы возрастает, а амплитуда колебаний уменьшается. Резонанс в системе с древесным вкладышем наступает при меньших частотах, но более ярко выражен, что объясняется низким значением модуля упругости, с металлическим вкладышем резонанс наступает при более высоких частотах, но его величина значительно ниже. Значения резонанса для

древесно-металлического вкладыша располагаются между этими двумя границами, поэтому добавлением металлической составляющей можно влиять на собственные частоты системы, следовательно на коэффициент трения. Для зависимости коэффициента трения от частоты возмущения отмечено уменьшение коэффициента трения при приближении к резонансной зоне. Установлено, что определенное влияние на величину коэффициента трения оказывают фрикционные константы  $\tau_0$ ,  $\beta$ , а эффект уменьшения коэффициента трения в резонансной зоне в большей степени наблюдается у материалов с более низким значением модуля упругости.

Выполненные исследования показали целесообразность использования древесно-металлических композиционных материалов для вкладышей подшипников скольжения деревообрабатывающего оборудования. Применение систем автоматизированного проектирования подшипниковых узлов может расширить области их использования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Памфилов Е.А. Исследование древесно-металлических композиционных материалов на основе модифицированной древесины / Е.А. Памфилов, А.П. Симин, Е.В. Шевелева // Деревообраб. пром-сть. – 2004. – № 1. – С. 12-15.

2. Чичинадзе А.В. Основы трибологии (трение, износ, смазка): учеб. для технич. вузов; 2-е изд. перераб. и доп. / А.В. Чичинадзе. – М.: Машиностроение, 2001. – 664 с.

Брянская государственная  
инженерно-технологическая академия

Поступила 15.07.04

*L.I. Evelson, E.A. Pamfilov, E.V. Sheveleva, A.P. Simin*  
**Investigation of Friction Bearing**

Principles of formation of wood-and-metal composite materials for producing split-shell bearings of woodworking equipment are offered; the analysis of the influence of metal elements on gain-frequency characteristics of the bearing-shaft system is carried out.

УДК 674.093:382.6

**В.Л. Рымашевский, В.Г. Турушев, А.М. Копейкин**

Рымашевский Вячеслав Ларгиевич родился в 1942 г., окончил в 1965 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры водного транспорта леса и гидравлики АГТУ. Имеет около 30 научных трудов в области технологии лесопиления, лесоснабжения, транспорта леса, внешнеэкономической деятельности.



Турушев Валентин Гурьянович родился в 1928 г., окончил в 1952 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой лесопильно-строгальных производств Архангельского государственного технического университета. Имеет более 100 научных трудов в области разработки основ автоматизированного производства пиломатериалов.



Копейкин Адольф Михайлович родился в 1936 г., окончил в 1959 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, заместитель генерального директора ОАО «Научдревпром-ЦНИИМОД», заслуженный работник лесной промышленности. Имеет около 100 научных трудов в области прогнозирования развития отрасли и технологий, технологических процессов лесопиления и деревообработки, комплексного использования древесины.

**ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРНО-КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ПИЛОВОЧНОГО СЫРЬЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКСПОРТА ПИЛОМАТЕРИАЛОВ**

Установлено, что при имеющемся качестве пиловочного сырья повышение цены на экспортные пиломатериалы может быть достигнуто за счет максимального приближения их структуры по сечениям, сортам и длинам к требованиям импортеров.

*Ключевые слова:* размерно-качественный состав пиловочного сырья, производство экспортных пиломатериалов, выход пилопродукции.

Пиломатериалы являются одним из основных видов экспортной продукции для предприятий лесопромышленного комплекса Архангельской области. Эффективность экспорта пиломатериалов зависит от многих факторов, среди которых главным остается выход соответствующих сортиментов. Выход и структура экспортной пилопродукции напрямую зависят от размерно-качественных характеристик распиливаемого сырья. Так как ранее существовавшая система учета и нормирования расхода сырья на производство пиломатериалов утрачена, а информация о его составе в целом по про-

мышленности отсутствует, представляет интерес проанализировать тенденции в изменении размерно-качественного состава пиловочного сырья.

Базой для исследования послужил массив данных за 1965–2001 гг. из отчетов лесопильно-деревообрабатывающих предприятий Архангельского промышленного узла, специализировавшихся на экспорте (суммарный объем производства экспортных пиломатериалов до 1 млн 800 тыс. м<sup>3</sup> в год). Проанализирована динамика следующих показателей: средняя толщина и длина пиловочных бревен; содержание в получаемом сырье пиловочника 1–2-го и 3-го сортов по ГОСТ 9463–88, балансов и других круглых сортиментов, дровяной древесины; выход пиломатериалов, в том числе экспортных по ГОСТ 26002–83; выход технологической щепы по ГОСТ 15815–83; удельный вес бессортных (1–3-й сорта), 4- и 5-го сортов в общем объеме пиломатериалов по ГОСТ 26002–83.

При исследовании изменения средней толщины пиловочных бревен использованы отчетные данные группы предприятий с корректировкой на удельный вес ели и сосны в сырье. Анализ показал, что за рассмотренный период этот показатель снизился с 21,4 до 18,7 см. На наш взгляд, это обусловлено следующими основными причинами: истощение лесного фонда в освоенных регионах заготовки при недостаточных объемах строительства лесовозных дорог в новых лесных массивах; снижение объемов сплава сырья в бассейне р. Вычегды; прекращение молевого сплава и соответствующее сокращение ресурсов заготовки.

Изменение толщины бревен по годам представлено на рис.1. Параметры линейного приближения определены по методу наименьших квадратов.

Средняя длина пиловочных бревен за рассмотренный промежуток времени снизилась незначительно – с 5,15 до 5,1 м. Уменьшилась доля сортиментов с номинальной длиной 4,0 м и 6,1 м при увеличении доли бревен длиной 5,1 м, что связано с возрастанием поставок автомобильным транспортом. В связи со снижением средней толщины при практически неизменной средней длине на 25 % уменьшился средний объем одного бревна.

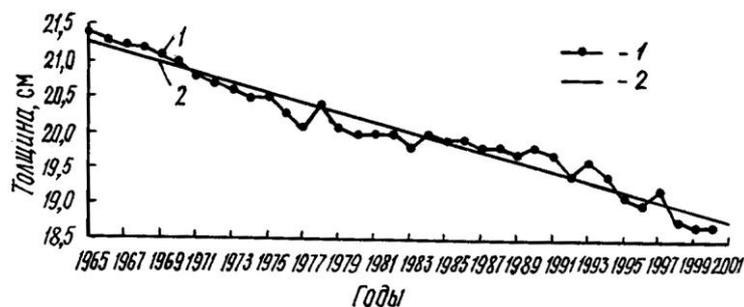


Рис. 1. Изменение средней толщины пиловочных бревен:  
1 – экспериментальные данные, 2 – линейное приближение

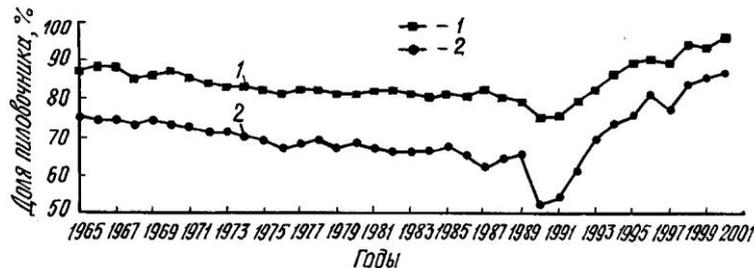


Рис. 2. Изменение доли пиловочника в общем объеме сырья: 1 – 1–3-й сорт, 2 – 1–2-й сорт

Содержание пиловочника 1–2-го сорта (норматив – 90 %) плавно снижалось с 75 до 55 % (в 1990 г.), что обусловлено превалярованием объемных показателей поставок сырья над качественными (рис. 2). Появление рыночных отношений в сфере промышленности в следующее десятилетие привело к повышению (до 85 %) доли высших сортов. Поставки балансов и других низкокачественных сортиментов были сокращены, дровяной древесины – практически прекратились.

Общий выход пиломатериалов снижен с 57,6 до 48,0 %, выход экспортных пиломатериалов с 42,5 до 33,5 % (в 1990 г.). В дальнейшем действие экономических факторов обусловило рост этого показателя к 2001 г. до 37,0 %. Изменение выхода пиломатериалов представлено на рис. 3.

Кроме ухудшения размерно-качественных характеристик сырья, на изменение выхода влияло то, что предприятия вынуждены были выполнять постоянно растущие планы производства технологической щепы для ЦБП, средний выход которой увеличился с 15 до 31 %. В последние годы некоторые предприятия в связи с вводом высокопроизводительного фрезерно-пильного оборудования нового поколения вышли на уровень выхода экспортных пиломатериалов 41 %, при общем выходе 42 ... 43 %.

Существенные изменения имели место и в качественной структуре экспортных пиломатериалов. Для ели содержание наиболее ценных пиломатериалов 1–3-го сортов снизилось с 55 до 25 %, соответственно доля низко-

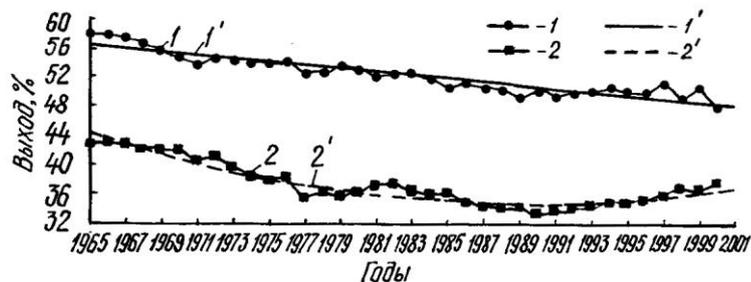


Рис. 3. Изменение выхода пиломатериалов из сырья: 1, 1' – общий выход; 2, 2' – выход экспортных пиломатериалов; 1, 2 – экспериментальные данные; 1', 2' – линейное и полиномиальное приближение

качественных досок 5-го сорта возросла с 15 до 40 %. Доля сосновых пиломатериалов 1–3-го сортов снизилась с 20 до 8 %. Необходимо отметить, что доля сосновых и еловых пиломатериалов 5-го сорта возросла не только по порокам древесины, но и по дефектам сушки.

Снижение содержания высших сортов привело к существенному снижению средней цены экспортных пиломатериалов. Прямое сравнение валютных цен некорректно в связи с их колебаниями и изменением курсов валют различных рынков. Поэтому для анализа изменения средних цен применены ценностные коэффициенты, выражающие отношение цены пиломатериалов 4-го и 5-го сортов к цене 1–3-го сортов. Так, в 2000 г. ценностные коэффициенты для еловых пиломатериалов 4-го сорта составили 0,86; для 5-го – 0,69. Производство средневзвешенного ценностного коэффициента на процент выхода экспортных пиломатериалов дает агрегированный показатель – ценностный выход. Для основного экспортного сорта – еловых пиломатериалов по ГОСТ 26002–83 – этот показатель снизился с 39,2 (в 1965 г.) до 26,0 % (в 1995 г.), к 2001 г. он вырос до 31,0 %. Таким образом, валютная выручка, отнесенная к 1 м<sup>3</sup> распиленного сырья, в 2001 г. составила 79 % от уровня 1965 г. По сосновым пиломатериалам получено снижение 10 %.

Проведенное исследование по результатам деятельности лесопильно-нодеревобработывающих предприятий за 1965–2001 гг. позволяют сделать следующие выводы:

средняя толщина пиловочных бревен стабилизировалась на уровне 18,5 ... 19,0 см, нет оснований ожидать существенного изменения этого параметра в обозримом будущем;

средний объем бревна снизился при практически неизменной средней длине пиловочника;

качественная структура пиловочного сырья в последние 10 лет существенно улучшилась;

при сложившемся качестве пиловочного сырья повышение средней экспортной цены может быть достигнуто за счет максимального приближения структуры пиломатериалов по сечениям, сортам и длинам к требованиям импортеров.

Выявленные в результате анализа тенденции необходимо учитывать при выборе технологического оборудования, реконструкции действующих и создании новых предприятий.

Архангельский государственный  
технический университет  
ОАО «Научдревпром-ЦНИИМОД»

Поступила 28.04.03

*V.L. Rymashevsky, V.G. Turushev, A.M. Kopeikin*

### **Influence of Dimension-quality Composition of Sawing Raw Material on Efficiency of Sawn Timber Export**

It is found out that under formed quality of sawing raw material the price rise on sawn timber for export could be achieved through bringing its structure related to sections, grades and lengths to maximal meeting requirements of importers.

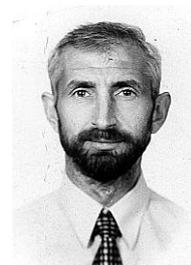


## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.2.036

**В.К. Дубовый, Г.И. Чижов**

Дубовый Владимир Климентьевич родился в 1967 г., окончил в 1991 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат технических наук, доцент кафедры целлюлозно-бумажного производства С.-Петербургской государственной лесотехнической академии. Имеет 40 печатных работ в области технологии бумаги и картона.

**СИЛЫ СВЯЗИ В БУМАГЕ ИЗ РАСТИТЕЛЬНЫХ И МИНЕРАЛЬНЫХ ВОЛОКОН**

Рассмотрены вопросы связеобразования и прочности бумаги из растительных волокон и бумагоподобных материалов из минеральных волокон, полученных методом мокрого формования.

*Ключевые слова:* бумага, минеральные волокна, силы связи, прочность, связующие вещества, размол, отлив, прессование, сушка бумаги.

Современный уровень развития техники в аэрокосмической, оборонной и в ряде других отраслей вызывает необходимость создания новых материалов, обладающих не присущими природным материалам свойствами. Среди них особое место занимают изделия из минеральных волокон, получаемые различными способами, в частности методами бумажного производства. Бумагоподобные материалы, обладая негорючестью, стойкостью к коррозии и биовоздействию, достаточно высокой прочностью и сравнительно малой плотностью в сочетании с прекрасными оптическими, электро-, тепло-, звукоизоляционными свойствами, находят все более широкое применение в различных областях техники.

Любой материал, изготовленный методами бумажного производства из растительных, минеральных и любых других волокон, должен обладать определенной прочностью, без которой он не только не может быть переработан в готовые изделия и эксплуатироваться в дальнейшем, но и вообще существовать. Поэтому изучение природы и величины сил связи между волокнами всегда являлось приоритетной задачей. Даже для бумаги, изготавливаемой из растительных волокон мокрым методом формования уже 20 столетий, природа межволоконных сил связи была признана только в 1957 г. на Кембриджском симпозиуме, т. е. когда бумагу из минеральных волокон только начали изготавливать на бумагоделательных машинах (БДМ).

Имеющиеся в литературе данные [5] и результаты собственных исследований позволяют установить как общее в формировании межволоконных сил связи в бумаге из растительных и минеральных волокон, так и значительные различия, определяемые, главным образом, их природой.

Общие факторы, от которых зависит механическая прочность материала из растительных и минеральных волокон – размеры и форма волокон; прочность отдельного волокна; связанная поверхность (площадь контакта волокон) и плотность связей на единицу связанной поверхности; гибкость (эластичность) волокон; распределение связей и напряжений (макроструктура листа) в бумаге и наличие химических вспомогательных веществ. Вполне понятно, что многие из этих факторов зависят в свою очередь от других факторов: микроструктуры и химического состава волокон, механической обработки и режима получения листового материала на БДМ. Поэтому трудно предсказать все свойства материала и совершенно невозможно целенаправленно управлять процессом получения бумаги без понимания природы и механизма связеобразования между используемыми для этого волокнами.

Волокна целлюлозы и практически все минеральные, особенно стеклянные, являются гидрофильными. При взаимодействии волокон с водой снижается их прочность, но по разным причинам. Наиболее важным результатом взаимодействия воды и целлюлозы, помимо оводнения доступных гидроксильных групп, следует считать явление набухания волокна. Оба эти эффекта зависят от одного и того же процесса – ослабления и разрыва связей в целлюлозном волокне. При размол целлюлозы облегчается доступ к гидроксильным группам, что приводит к увеличению набухания целлюлозных волокон, набухание способствует интенсификации процесса разрыва или ослабления связей внутри волокна. Развитие пластичности и гибкости волокон в результате ослабления их внутренней структуры способствует увеличению площади контактов волокон при формировании бумаги и образованию межволоконных связей за счет включения в водо-водородную, а в процессе сушки и в водородную связь гидроксильных контактирующих волокон.

Основную работу по разрыхлению структуры волокна, а также по дезориентации связей внутри волокна выполняет вода, вызывая процесс набухания. Размол является лишь толчком для более интенсивного протекания этих процессов, «катализатором» физико-химической реакции, результатом которой является разрыв и ослабление связей, присутствующих в волокне [6].

Неполимерные волокна неорганической природы, в частности минеральные, по своим свойствам и механическому поведению резко отличаются от целлюлозных. Структура, прочность, поверхностные свойства минеральных волокон определяются методом их получения и видом исходного материала [3, 4]. В каждом конкретном случае предысторию минеральных волокон необходимо тщательно анализировать и учитывать, поскольку важные для получения и использования бумагоподобных материалов характеристики во многом определяются способом их производства и видом волокна.

Внутренняя структура минеральных волокон принципиально иная, чем, например, целлюлозных волокон. Отсутствие в минеральном волокне

(кроме асбестового) более тонких образований (типа фибрилл или микрофибрилл в целлюлозных волокнах) предопределяет кардинальное различие в процессе взаимодействия с водой и межволоконного связеобразования. В минеральных волокнах вполне возможны микрокристаллические образования. Так, каолиновые (алюмосиликатные) волокна, благодаря высокой кристаллизационной способности и поверхностному натяжению соответствующих расплавов, обладают микрокристаллическим строением [1, 2]. Считается, что стеклянные волокна имеют аморфное строение. Поверхностная кристаллизация под влиянием внешних факторов, например термообработки, может вызывать образование дефектов на границе с аморфной средой, главным образом микротрещин [2]. Следует отметить значительно более сложную внутреннюю структуру природных, в частности целлюлозных, волокон по сравнению с искусственными минеральными волокнами. В работе [1] указано, что внутренняя поверхность стеклянных волокон представлена только микротрещинами. Вода, попадая в них, снижает поверхностную энергию волокон и их прочность.

Особое значение для формирования структуры и решающее значение для межволоконного взаимодействия бумагоподобных материалов на основе минеральных волокон приобретают следующие факторы:

состояние поверхности и форма поперечного сечения волокна (гладкая, шероховатая или пористая поверхность волокна, круглая, овальная или звездчатая форма поперечного сечения ведут к различному, а в случае неправильной формы, и весьма сложному распределению напряжений в структуре соединения);

величина и постоянство диаметра волокна и фракционный состав по длине волокна (определяют такие важные показатели, как число волокон в системе и удельная поверхность волокон; параметры волокнистой системы могут иметь решающее значение для межволоконных взаимодействий в бумагоподобных материалах на основе минеральных волокон).

Механическая прочность бумагоподобных материалов из минеральных волокон определяется силами когезии между ними и будет тем больше, чем меньше диаметр волокон и больше их длина и внешняя удельная поверхность. Однако на практике не удается получить прочного пригодного для эксплуатации материала, даже когда внешняя удельная поверхность волокон достигает  $50 \text{ м}^2/\text{г}$ , а их диаметр –  $0,05 \text{ мкм}$  [4].

Измерение показателей прочности волокнистого материала практически всегда дает информацию о развитии межволоконного связеобразования. В табл. 1 приведены выбранные из массива данных минимальные (числитель) и максимальные (знаменатель) значения показателей прочности при растяжении для образцов бумаги из целлюлозных и минеральных волокон.

Образцы целлюлозного волокна выбирали из лабораторных отливок, полученных из 6 видов целлюлозы, не размолотых и размолотых до различной степени помола; на основе минерального волокна – из лабораторных образцов, отлитых из 5 видов каолиновых и базальтовых волокон без свя-

Таблица 1

**Сравнительные показатели прочности при растяжении (МПа)  
образцов из целлюлозы и минеральных волокон**

Показатель	Значение показателя для образца	
	целлюлозы	минеральных волокон
Начальный модуль упругости	2 600,0 / 15 000,0	1,4 / 230,0
Разрушающее напряжение	13,000 / 100,000	0,025 / 1,400

зующего и со связующим. Отлив осуществляли в сравнимых условиях на листоотливном аппарате ЛА-М69.

Анализируя данные табл. 1, отмечаем, что минимальные результаты соответствуют неразмолотой целлюлозе и минеральным волокнам без связующего. Показатели прочности для целлюлозных отливок в десятки – сотни раз превышают таковые для образцов из минеральных волокон. Это свидетельствует прежде всего о принципиальном отличии механизмов связеобразования для целлюлозных и минеральных волокон. Этот вывод не претендует на новизну, однако различие в уровне прочности образцов, полученных в идентичных условиях, впечатляет. Кроме того, установлено минимальное влияние на прочность бумагоподобных материалов на основе минеральных волокон прочности самих волокон. Поэтому для обеспечения даже незначительной по сравнению с бумагой из целлюлозы прочности, необходимой для последующей эксплуатации, требуется введение связующих веществ.

Применение в качестве связующей добавки растительных или термопластичных синтетических волокон решает проблему упрочения материалов на основе минеральных волокон, но одновременно существенно снижает уровень достоинств последних. Это связано, прежде всего, со снижением термо-, хемо- и биостойкости готовых материалов, поскольку сами связующие подобными характеристиками не обладают. Кроме того, добавка связующих на основе растительных волокон или термопластичных полимеров в значительной степени уплотняет структуру, что делает их непригодными в большинстве случаев для использования в качестве фильтрующих материалов из-за резкого увеличения сопротивления фильтра фильтруемой среде.

Таким образом, с целью сохранения особых характеристик материалов на основе минеральных волокон в большинстве случаев следует отказаться от эффективных растительных либо полимерных связующих и перейти на связующие неорганического характера. Обоснованность подбора неорганических связующих подтверждается аналогичным характером природы волокон и связующих. В подобных случаях можно отмечать более эффективное взаимодействие между волокнами и связующими одинаковой природы. Наиболее характерный пример из технологии бумаги – тесное сходство между целлюлозой и крахмалом и, как следствие, высокая эффективность связующих на основе крахмала в производстве бумаги и картона.

Определенные теоретические соображения позволяют предположить, что полигидроксиаquoацидокомплексы алюминия, образующиеся при

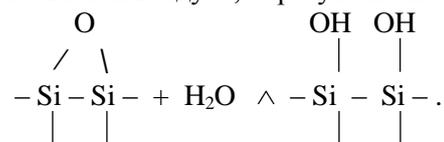
гидролизе его различных соединений и активном регулировании pH среды, могут быть эффективной упрочняющей добавкой не только для бумаги из растительных, но и минеральных волокон [8].

Взаимодействие гидроксидов алюминия с целлюлозными волокнами осуществляется благодаря вовлечению гидроксильных групп волокон в координационную сферу полядерного комплекса алюминия. Поэтому можно предположить, что минеральные волокна, на поверхности которых будет находиться достаточное количество реакционноспособных по отношению к алюминию лигандов, могут вступать в координационное взаимодействие с активными формами гидроксиокомплексов алюминия, т.е. по отношению к таким волокнам гидроксиокомплексы алюминия должны действовать как упрочняющая добавка.

Можно также предположить, что наряду с механизмом, основанным на включении в координационную сферу гидроксиокомплексов алюминия лигандов, присутствующих на поверхности минеральных волокон (ими могут быть не только гидроксильные группы, но и анионы  $\text{SiO}_3^{-2}$ , а также иные анионы), могут существовать и иные механизмы связеобразования, например силы межмолекулярного взаимодействия.

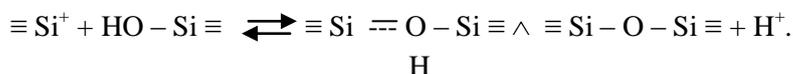
В состав всех видов волокон, используемых в работе, в достаточно значительном количестве входит диоксид кремния  $\text{SiO}_2$ .

Способность кремния образовывать связи  $\left[ -\text{Si}-\text{Si}- \right]$  хорошо известна, кремнийорганические соединения различного состава широко используются. Предполагается, что при получении стеклянных волокон в результате окислительного воздействия при высоких температурах на их поверхности возрастает количество атомов кремния, которые в момент образования волокна связаны между собой силоксановыми связями, а затем мгновенно реагируют с влагой воздуха, образуя силаноловые группы:

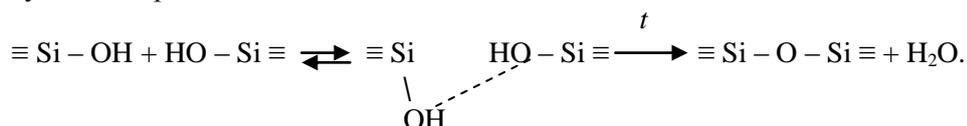


Силаноловые группы потенциально могут образовывать водородные связи при достаточном их количестве и наличии требуемых условий для организации контакта. Следствием этой способности является сорбция на поверхности волокон воды, количество которой зависит от влажности воздуха [9].

В работе [7] предлагается иной механизм образования сшивок между минеральными волокнами из  $[\equiv \text{Si}-\text{O}-\text{Si} \equiv]$ -связей. Наличие таких связей зависит от pH среды, поскольку они проявляются вблизи изоэлектрической точки. В этих условиях минеральные волокна могут приобретать положительные центры  $\equiv \text{Si}^+$  и поляризованные группы  $\equiv \text{Si}-\text{OH}$  с избытком электронной плотности у кислорода. Это должно приводить к электростатическому притяжению волокон друг к другу с образованием сшивок между ними по схеме:



При повышенной гидратации поверхности минеральных волокон механизм образования силоксановых сшивок может протекать через стадию возникновения водородных связей с последующим отщеплением воды при сушке материала по схеме:



Очевидно, что и эти механизмы связеобразования возможны только в условиях контакта волокон и наличия в зоне контакта гидроксидов и нуждаются в серьезной экспериментальной проверке.

Влияние вида добавки (в количестве 15 % (считая на  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) от массы волокон) на прочность образцов, полученных при pH 8,5 ... 9,5 из различных минеральных волокон, отражено в табл. 2.

При анализе данных табл. 2 установлено, что прочность получаемого материала зависит не только от природы используемого в качестве упрочняющей добавки соединения алюминия, но и природы самого волокна. Например, при всех видах упрочняющей добавки наибольший предел прочности имели образцы из бакорового волокна, а наименьший – из стеклянных волокон диаметром 0,70 мкм. При одинаковых условиях опыта уменьшение диаметра используемых стеклянных волокон (с 0,70 до 0,25 мкм) приводит к существенному (в 2,1–3,5 раза) росту предела прочности материала. Хотя с уменьшением диаметра стеклянные волокна становятся менее прочными [1], удельная поверхность волокон при этом существенно возрастает.

Следует отметить, что более высокая прочность материала при меньшей прочности волокон – свидетельство превалирующей роли межволоконных связей в материалах с малой прочностью. Увеличение удельной поверхности должно увеличивать концентрацию в волокнистой массе лигандов, расположенных на поверхности волокна и способных к координационному взаимодействию с полиядерными комплексами алюминия, что и обуславливает дополнительное упрочнение материалов.

Таблица 2

**Влияние соединений алюминия на предел прочности образцов из минеральных волокон**

Волокно	Предел прочности, кПа, при добавках в массу		
	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	$\text{NaAlO}_2$	$\text{AlCl}_3$
Каолиновое	840	630	360
Бакоровое	1240	2310	1420
Стеклянное			
диаметром, мкм:			
0,25	580	680	640
0,70	180	260	380
Базальтовое	670	720	–

Образцы из каолиновых и базальтовых волокон по прочности превосходят материалы из стеклянных волокон диаметром 0,70 мкм, но уступают материалам на основе бакоровых волокон. При этом с сульфатом алюминия более прочным получается материал из каолиновых волокон, а в экспериментах с алюминатом натрия – из базальтовых. Степень эффективности упрочняющей добавки ощутимо зависит от природы волокна. Так, сульфат алюминия в опытах с каолиновым волокном дает лучший результат, во всех остальных – худший. В образцах из базальтового волокна замена сульфата алюминия на алюминат натрия в 2,5 раза повышает прочность материала, а в образцах из каолинового волокна – снижает.

Таким образом, предварительные опыты подтвердили предположение о возможности использования гидроксокомплексов алюминия для упрочнения бумагоподобных материалов на основе минеральных волокон и позволили сформулировать некоторые выводы о закономерностях связеобразования. Однако для углубленного представления о механизме связеобразования в изучаемых системах необходима дополнительная информация с привлечением специальных методов исследований, в частности инфракрасной спектроскопии.

Для исследования методом ИК-спектроскопии были подготовлены образцы из каолиновых, базальтовых и двух видов стеклянных волокон в исходном состоянии и с введением связующих на основе сульфата алюминия при рН 7,2 ... 7,6 с расходом 20, 40, 60 и 80 % по  $Al_2O_3$ . Измерение спектров пропускания производили с помощью ИК-спектрометра Specord в диапазоне частот 4000 ... 400  $cm^{-1}$ , т. е. 2,1 ... 25,0 мкм с разрешением 2  $cm^{-1}$ .

Проведенные методом ИК-спектроскопии исследования позволили сформулировать следующие достаточно важные для процесса связеобразования минеральных волокон заключения.

При соблюдении определенных условий одним из видов связи может быть водородная, при этом волокна без связующего водородной связи не образуют. Даже если гидроксильные группы присутствуют на поверхности волокна, их явно недостаточно, чтобы в местах контактов ожидать сближения на требуемом уровне для образования водородных связей.

При введении достаточного количества связующего в виде гидроксокомплексов алюминия образуется водородная связь, зафиксированная на ИК-спектрах. Ранее на основании анализа формирования прочности в материалах на основе минеральных волокон предполагалось, что лиганды, присутствующие на поверхности минеральных волокон, входят в координационную сферу гидроксокомплексов алюминия. Поскольку водородная связь является частным случаем координационной связи, логично заключить, что вхождение в координационную сферу гидроксокомплексов алюминия осуществляется путем образования водородной связи, причем гидроксокомплексы предоставляют либо кислород для связи с гидроксилами минеральных волокон, либо гидроксилы для связи с кислородом, всегда присутствующим на поверхности минеральных волокон ( $SiO_2$  и др. окислы).

Определенный и довольно существенный вклад в образование водородных связей вносит природа минерального волокна. Так, в материалах из каолиновых и базальтовых волокон только повышенные расходы связующего (80 % по  $Al_2O_3$ ) создают необходимые условия для образования водородных связей, в материалах из стекловолокна диаметром 0,70 мкм водородные связи не образуются при всех исследованных расходах связующего, из стекловолокна диаметром 0,20 мкм водородные связи зафиксированы при всех расходах связующего. Вероятнее всего, влияние природы минерального волокна проявляется в различном количестве на поверхности волокон активных центров, потенциально способных к образованию водородной связи или способных быть лигандами, входящими в координационную сферу гидроксокомплекса алюминия.

В заключение необходимо отметить, что в бумагоподобных композитах на основе минеральных волокон в присутствии связующих, как и в бумажных материалах на основе растительных волокон, существуют по крайней мере три вида связей:

связи, обусловленные силами трения и зависящие главным образом от характера поверхности волокон и плотности структуры;

связи межмолекулярного взаимодействия или силы Ван-дер-Ваальса;

водородная связь как частный случай координационной связи.

Существенная разница в связях между минеральными и растительными волокнами заключается в том, что в бумаге и картоне из растительных волокон силы трения и Ван-дер-Ваальса вносят незначительный вклад в прочность по сравнению с водородными связями. Как справедливо отмечает С.Н. Иванов [3], что чем меньше прочность бумаги (например из неразмолотых и слаборазмолотых волокон), тем большая часть общей прочности возникает за счет сил трения и Ван-дер-Ваальса. Очевидно, что в случае материалов из минеральных волокон роль сил трения и сил Ван-дер-Ваальса может быть еще выше и даже превысить таковую для водородной связи.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Асланова М.С.* Стекланные волокна / М.С. Асланова. – М.: Химия, 1979. – 256 с.
2. *Дубовый В.К.* Стекланные волокна. Свойства и применение / В.К. Дубовый. – СПб.: Нестор, 2003. – 130 с.
3. *Иванов С.Н.* Технология бумаги / С.Н. Иванов. – М.: Лесн. пром-сть, 1970. – 695 с.
4. *Канарский А.В.* Фильтровальные виды бумаги и картона / А.В. Канарский. – М.: Экология, 1991. – 272 с.
5. *Сиркар А.* Знакомство со стекловолокном, технологией его производства и технологией процесса создания нетканых материалов / А. Сиркар // *Tappi*. – 1993. – Vol. 76, N 4. – С. 167–175.
6. *Смолин А.С.* Межволоконные связи и макроструктура бумаги и картона: дисс. ... д-ра техн. наук / А.С. Смолин. – СПб., 1999. – 75 с.

7. *Хабаров В.Н.* Механизм образования силоксановых шивок и прочность кремнеземной стеклобумаги / В.Н. Хабаров, П.М. Валов, В.К. Тимофеева // Проблемы развития композиционных видов бумаги, картона и изделий из них. – К.: УкрНИТИ, 1990. – С. 104–106.

8. *Чижов Г.И.* Новые направления в использовании соединений алюминия при производстве бумаги / Г.И. Чижов // Целлюлоза, бумага, картон: обзор. информ. – М.: ВНИПИЭИлеспром, 1984. – 48 с.

9. *Libal J.* Mechanismas vzniker listu ze chlenencjch microvlaken / J. Libal // Papira cellulose. – 1985. – N 3–5. – S. 8–12.

С.-Петербургская государственная  
лесотехническая академия

С.-Петербургский государственный технологический  
университет растительных полимеров

Поступила 19.04.05

*V.K. Dubovy, G.I. Chizhov*

### **Bonding Force in Paper Made of Plant and Mineral Fibers**

The questions of bond formation and strength of paper made of plant and mineral fibers produced by wet formation method are considered.

---

УДК 676.157

*М.А. Агеев, В.В. Свиридов, Н.Л. Медяник*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЧАСТИЧЕК ТИПОГРАФСКОЙ КРАСКИ С ВОЗДУХОМ ПРИ ФЛОТАЦИОННОМ ОБЛАГОРАЖИВАНИИ МАКУЛАТУРЫ**

Показана возможность описания взаимодействия пузырьков воздуха – частица типографской краски с помощью теории ДЛФО. Впервые количественно определено влияние структурной составляющей расклинивающего давления на элементарный акт флотации.

*Ключевые слова:* дисперсные системы, воздух, пузырьки, флотация, макулатура, типографская краска.

Физико-химической основой пенной флотации крупных частиц (от 50 до 500 мкм) является прилипание пузырька (с образованием трехфазного периметра смачивания) к твердой поверхности частицы, находящейся внутри жидкости. В настоящее время в общей теории флотации при обогащении полезных ископаемых окончательно установлена решающая роль краевого угла смачивания в основном акте флотационного процесса – акте прилипания – слипания флотируемой частицы и пузырька воздуха.

Процесс флотации при облагораживании макулатуры вытекает из теоретических представлений о процессе флотации руд. Однако объяснение физико-химических процессов флотации макулатуры, как следует из научно-технической литературы, существенно отличается от флотации руд.

Так, выходным материалом при флотации макулатуры является суспензия вещества, состоящего из различных компонентов: воды – дисперсионной среды; волокна – очищенной фазы; частичек краски – отделяемой части суспензии; золы – так называемого наполнителя; раствора щелочи – средства отделения частичек краски от волокна, мыла или жирных и смоляных кислот (коллектор), растворимых и нерастворимых органических и минеральных соединений, не имеющих постоянного состава и в различном количестве; отбеливающих средств ( $H_2O_2$ ,  $Na_2SiO_3$ , комплексообразователи).

Несмотря на эти особенности и в силу чрезвычайной сложности макулатурной системы, при изучении флотации крупных частичек в качестве модельных используют представление о неполном смачивании данной частицы водной средой, т.е. образованием при соприкосновении этой частицы с пузырьком воздуха периметра смачивания – трехфазной границы раздела «твердая поверхность (частица) – водная среда – пузырек воздуха».

Особенности подготовки суспензии макулатурной массы не позволяют регулировать величину отделенных от волокна частичек типографской краски. Их размеры колеблются в пределах, указанных на рис. 1 [1]. Анализ рисунка показывает, что количество частиц типографской краски с размерами меньше 20 мкм составляет около 90 %. Тепловая энергия движения таких частиц в суспензии соизмерима с кинетической энергией, т.е. массой таких частиц можно пренебречь.

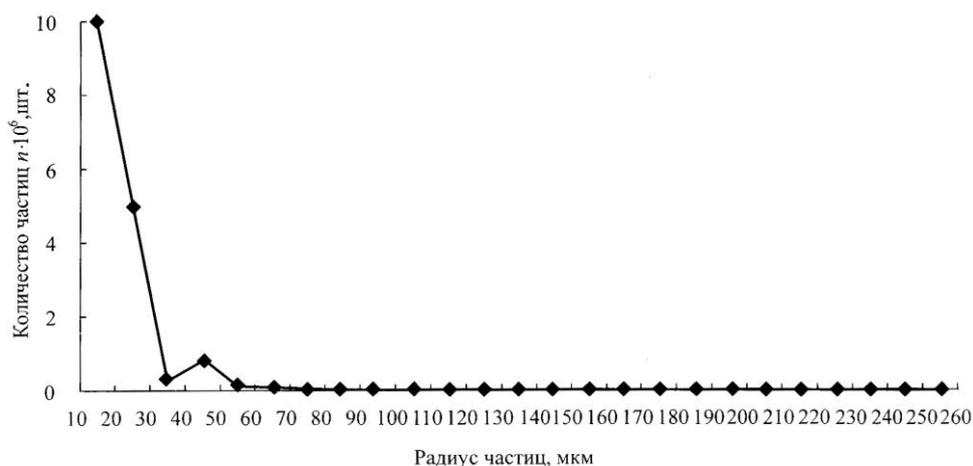


Рис. 1. Распределение частиц по размерам

В соответствии с представлениями коллоидной химии флотация может быть контактной, определяемой силами ближнего гидродинамического взаимодействия (БГВ), и бесконтактной, определяющими силами для которой являются силы дальнего гидродинамического взаимодействия (ДГВ). Для малых частиц возможна флотация бесконтактная, при которой частица закрепляется и удерживается на пузырьке без образования периметра смачивания и краевого угла. Поскольку силы отрыва для частиц размером 100 мкм в  $10^6$  раз больше, чем для частиц в 1 мкм, то и силы прилипания должны варьироваться в этих же пределах.

В зависимости от свойств поверхности малых частиц возможна флотация безреагентная, если электростатические силы частицы малы или имеются значительные различия в потенциалах поверхностей частицы и пузырька, даже если они одного знака. Часто электрические заряды пузырька и частицы совпадают или близки как по величине, так и по знаку. Возникающий барьер электростатических сил отталкивания может воспрепятствовать сближению частицы на расстояние, при котором возникает закрепление. Улучшить условия флотации в этом случае можно двумя способами:

уменьшением толщины диффузной части двойного электрического слоя (ДЭС) при введении в систему электролитов, что приводит к убыванию сил электростатического отталкивания;

адсорбцией поверхностно-активных веществ (ПАВ) катионного типа можно понизить отрицательный потенциал поверхности, что также приводит к коагуляции.

Таким образом, теоретической основой элементарного акта взаимодействия частицы типографской краски и пузырька воздуха при малых размерах может быть теория устойчивости дисперсных систем ДЛФО (теория Дерягина, Ландау, Фервея, Овербека).

Согласно теории, агрегативная устойчивость электростатически стабилизируемых коллоидных систем достигается за счет сил отталкивания, превосходящих проявляющееся при сближении частиц притяжение.

Эффект наложения энергий притяжения и отталкивания в зависимости от расстояния между поверхностями взаимодействующих частиц отражают кривые потенциальная энергия–расстояние между частицами.

Устойчивость дисперсных систем в соответствии с теорией ДЛФО определяется соотношением трех основных составляющих расклинивающего давления: электростатической, обусловленной взаимным перекрытием ДЭС и дающей положительный (энергия отталкивания) вклад при сближении одноименно заряженных частиц; молекулярной, обусловленной вандер-ваальсовыми силами притяжения и вносящей, как правило, отрицательный (энергия притяжения) вклад; структурной, связанной с образованием граничных слоев растворителя с особой структурой. Последняя характерна для лиофилизированных систем и соответствует термодинамической трактовке представления об адсорбционно-сольватном барьере. Как правило, структурная составляющая имеет положительный знак. Количественная оценка последней составляющей расклинивающего давления в настоящее время затруднена, и расчет устойчивости дисперсных систем ведется на основе учета лишь электростатической и молекулярной составляющих. Однако поведение лиофилизированных дисперсных систем не всегда полно характеризуется действием электростатических сил отталкивания и молекулярного притяжения [2, 5, 10]. Значительную роль в устойчивости таких систем играют силы неэлектрической природы. Общеизвестны факты высокой устойчивости дисперсных систем при низком или отсутствующем заряде взаимодействующих поверхностей [5, 8], а иногда и различных знаков заряда. Причиной такой устойчивости чаще всего является сольватно-адсорбционный фактор стабилизации (в терминологии Дерягина [10] – структурная составляющая расклинивающего давления), обусловленный формированием на поверхности частиц граничных сольватных слоев молекул растворителя.

Вискозиметрическими, рентгеновскими, спектроскопическими и другими данными установлено наличие гидратных слоев [4] на поверхности древесных волокон, частиц наполнителя, а также других частиц, например частиц типографской краски. Эффективная толщина таких структурных пленок значительна и зависит от многих факторов (содержание резината натрия, температура, концентрация электролита и т.п.). Подтверждением

наличия сольватной оболочки на частичках типографской краски является экспериментальный факт.

Для оценки фактора стабилизации в обобщенной теории ДЛФО имеем

$$E = E_{от} + E_T, \quad (1)$$

где  $E$  – энергия взаимодействия частиц;

$E_{от}$  – силы электрического отталкивания;

$E_T$  – силы молекулярного притяжения.

Силы отталкивания складываются из двух составляющих:  $E_i$  – электростатической;  $E_c(h)$  – структурной (сольватационной) [10], являющейся функцией расстояния  $h$  между взаимодействующими поверхностями (частица краски и пузырек воздуха):

$$E_c \stackrel{\curvearrowright}{=} Ke^{-x/l}, \quad (2)$$

где  $K$  и  $l > 0$  – некоторые константы, не зависящие от  $h$ , но принимающие различные значения в различных дисперсных системах; могут зависеть от температуры и концентрации электролита [4].

Величину  $K$  связывают с ориентационной упорядоченностью дипольных молекул жидкости, а  $l$  – с соответствующей длиной корреляции. Однако эмпирические параметры  $K$  и  $l$  трудно определимы для реальных дисперсных систем в связи с тем, что для учета сольватной (структурной) составляющей необходимо определить толщину граничных слоев, а также выявить влияние заряда поверхности на константу  $K$ .

Авторами [6] выдвинуто положение, что физико-химическая природа основных факторов агрегативной устойчивости дисперсных систем может быть с наибольшей полнотой выявлена при исследовании кинетики их коагуляции в зависимости от интенсивности коагулирующего воздействия электролитов. Ими же выведена формула для расчета сольватной (структурной) составляющей:

$$\Delta E = kT \ln \left( \frac{K_6}{K_m} \right), \quad (3)$$

где  $k$  – константа Больцмана;

$T$  – температура, К;

$K_6$  – константа скорости «быстрой» коагуляции (в отсутствие электростатического барьера отталкивания);

$K_m$  – константа «медленной» скорости коагуляции (при наличии потенциального барьера отталкивания).

В соответствии с теорией Смолуховского,

$$K_6 = \frac{8kT}{3\eta}, \quad (4)$$

где  $\eta$  – вязкость раствора, Па · с.

По [7]  $K_m$  определяется как

$$K_m = K_0 e^{\left(\frac{\Delta E}{kT}\right)}, \quad (5)$$

где  $\Delta E/kT$  – фактор замедления коагуляции.

Уравнение (3) дает возможность экспериментально определять потенциальный барьер отталкивания, обусловленного действием структурных (сольватных) сил.

#### Методика проведения экспериментов. Расчеты

Объектом исследования являлись частицы типографской краски, выделенные из суспензии макулатурной массы методом флотации, и пузырьки воздуха. В процессе эксперимента оценивали их размеры, а также их взаимодействие.

Размеры пузырьков определяли с помощью устройства, изображенного на рис. 2, диаметр пузырька  $d_n$  рассчитывали по уравнению [11]:

$$d_n = \sqrt[3]{\frac{3}{2} D_k^2 L_n}, \quad (6)$$

где  $D_k$  – диаметр капилляра;

$L_n$  – длина пузырька в капилляре.

Для оценки влияния электролита на поверхностные свойства частиц краски и пузырьков воздуха их подвергали электрофоретическим исследованиям в среде NaOH. Для определения электрокинетического потенциала методом электрофореза раствор NaOH, содержащий частицы типографской краски, заливали в плоскопараллельную кварцевую ячейку. Для расчета  $\zeta$ -потенциала фиксировали скорость движения не менее 20 видимых частиц размером 1 ... 20 мкм. Результаты подвергали соответствующей статистической обработке.  $\zeta$ -потенциал рассчитывали по формуле Смолуховского:

$$\zeta = \frac{4\pi s i \eta}{\varepsilon u}, \quad (7)$$

где  $s$  – путь (м), пройденный частицей за время  $\tau$  (с);

$i$  – расстояние между электродами, м;

$\varepsilon$  – диэлектрическая постоянная;

$u$  – напряжение, В.

В соответствии с [3],  $\zeta$ -потенциал воды и водных раство-

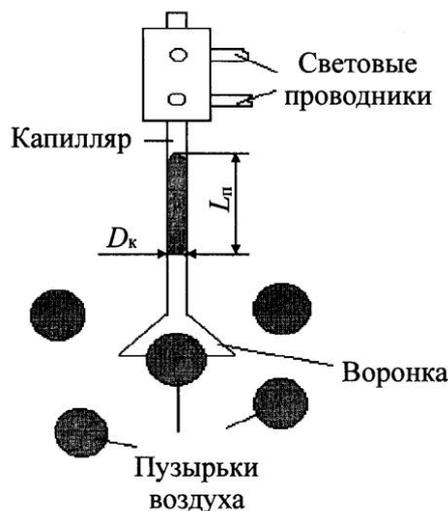


Рис. 2. Прибор для определения размеров пузырьков воздуха

ров при низких концентрациях ( $5 \cdot 10^{-4}$  моль/л) отрицательный и высокий ( $-75$  мВ), а при концентрациях, близких к  $2 \cdot 10^{-1}$  моль/л, становится неизмеримо малым.

Наличие взаимодействия между частицами краски и пузырьками воздуха при флотации определяли путем подсчета количества частиц краски в пене, образовавшейся на поверхности суспензии.

Расчет экспериментальных констант скорости коагуляции (взаимодействия) проводили по уравнению [7]:

$$K_m = \frac{1}{v_0 \tau_{1/2}}, \quad (8)$$

где  $v_0$  – начальное число частиц, шт./м<sup>3</sup>;

$\tau_{1/2}$  – продолжительность половинной коагуляции, с.

Продолжительность половинной коагуляции определяли по эмпирическому уравнению Геллера [9]

$$v = \frac{v_0}{\left(1 + \frac{\tau}{\tau_{1/2}}\right)}, \quad (9)$$

число частиц  $v$  – по формуле

$$v = \frac{m}{\left(\frac{4}{3} \pi r^3 \rho\right)}, \quad (10)$$

где  $m$  – масса дисперсной фазы (частички краски), кг;

$\rho$  – плотность дисперсной фазы (частички краски), кг/м<sup>3</sup>.

Массу дисперсной фазы  $m$  определяли на основании того, что масса краски составляет 2 ... 3 % от массы волокна в суспензии. Для исследований использовали флотационную камеру объемом 1 л. Концентрация массы при флотации 1 %, следовательно в исследуемом объеме содержалось 10 г волокна, т.е. масса краски в суспензии 0,3 г.

Приняв степень извлечения частиц краски из суспензии 95 %, получим  $v_0 = v / 0,95$ .

Энергию взаимодействия  $E$  частиц краски с пузырьками воздуха при различных концентрациях NaOH, в соответствии с теорией ДЛФО, определяли как сумму электростатических сил отталкивания и молекулярных сил притяжения (см. формулу (1)).

Электростатические силы отталкивания рассчитывали по формуле

$$E_{от} = E_i + \Delta E, \quad (11)$$

где  $E_i$  – электростатическая составляющая сил отталкивания;

$\Delta E$  – структурная (сольватационная) составляющая сил отталкивания.

В соответствии с теорией ДЛФО, электростатическая составляющая сил отталкивания может быть определена по уравнению Фюрстенау для двух частиц радиусом  $r_1$  и  $r_2$ :

$$E_i = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 r_1 r_2 (\zeta_1^2 + \zeta_2^2)}{4(\zeta_1 + r_2)} \left\{ \frac{2\zeta_1 \zeta_2}{(\zeta_1^2 + \zeta_2^2)} \ln \frac{1 + e^{-\chi h}}{1 - e^{-\chi h}} + \ln \left[ 1 - e^{-2\chi h} \right] \right\}, \quad (12)$$

где  $\varepsilon$  – диэлектрическая проницаемость среды;  
 $\varepsilon_0$  – то же в вакууме,  $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ , Ф/м;  
 $r_1$  и  $r_2$  – радиусы частицы и пузырька, м;  
 $\zeta_1$  и  $\zeta_2$  – потенциалы частицы и пузырька, мВ;  
 $\chi$  – параметр Дебая, м<sup>-1</sup>,

$$\chi = \sqrt{\frac{2\pi z^2 e^2 n}{\varepsilon \varepsilon_0 k T}}; \quad (13)$$

$z$  – валентность;  
 $e$  – заряд электрона;  
 $n$  – количество частиц,  $n = CN$ ;  
 $C$  – концентрация раствора, моль/л;  
 $N$  – число Авагадро,  $N = 6,022 \cdot 10^{23}$ ;  
 $k$  – константа Больцмана,  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К;  
 $h$  – расстояние между частицами, м.

Структурную (сольватационную) составляющую определяли по формуле (2). Силы молекулярного притяжения рассчитывали по уравнению [3]:

$$E_m = -\frac{Ar_1 r_2}{6h(\zeta_1 + r_2)} \left[ \frac{1}{1 + 1,77P_o} \right], \quad (15)$$

где  $A$  – константа Гамакера,  $A = 1 \cdot 10^{-20}$  Дж;  
 $P_o = \frac{2\pi h}{\lambda}$ ;  
 $\lambda = 10^{-7}$  м – лондоновская длина волны.

#### Результаты экспериментов и их обсуждение

Размеры пузырьков воздуха, рассчитанные по формуле (5), а также их количественное распределение представлены на рис. 3, откуда видно, что наибольшее количество пузырьков воздуха имеют диаметр около 200 мкм.

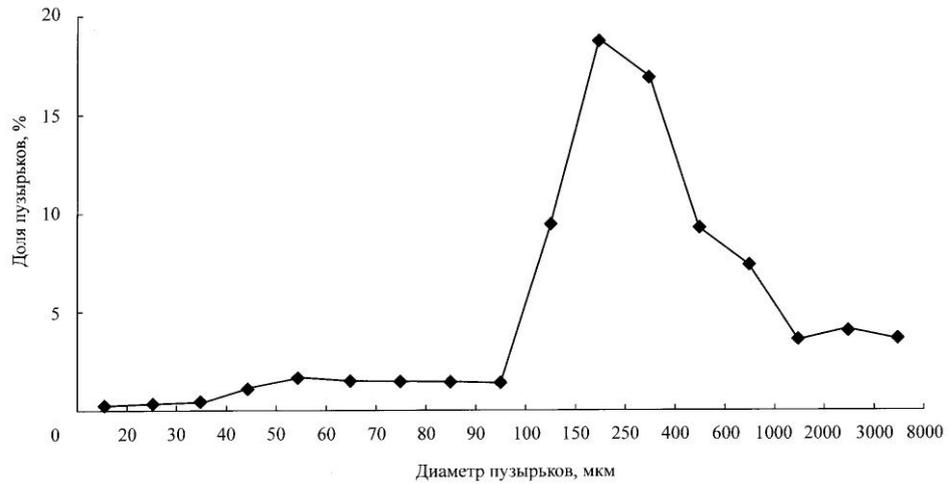
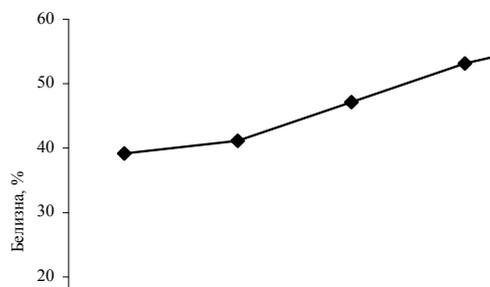
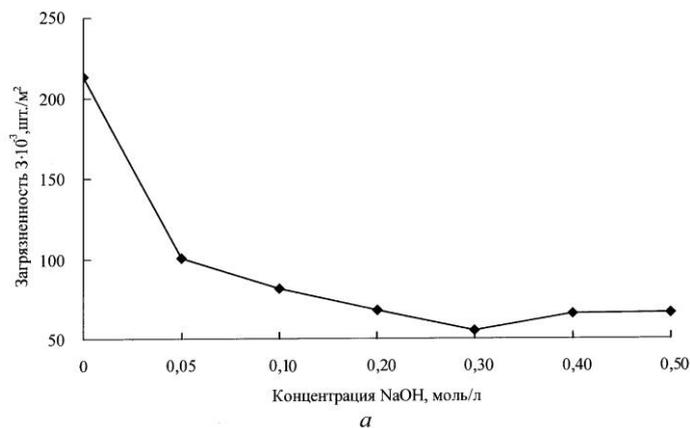


Рис. 3. Распределение пузырьков воздуха по размерам

Исходя из результатов проведенных экспериментов по извлечению частиц типографской краски (рис. 4, а, б) из суспензии макулатурной массы способом флотации, наилучшие результаты получены при концентрации щелочи 0,3 моль/л. Эту концентрацию приняли за оптимальную.

Изменение электрокинетического потенциала частиц краски в зависимости от концентрации NaOH представлено на рис. 4, в. Как видно из рис. 4, в, увеличение концентрации NaOH приводит к снижению заряда поверхности частиц краски и при оптимальной концентрации щелочи (0,3 моль/л) составляет  $-30$  мВ. Дальнейшее увеличение концентрации NaOH ведет к снижению заряда поверхности частиц краски, но эффективность флотации ухудшается. Это связано с тем, что при взаимодействии с солями жесткости, содержащимися в воде, образуется нерастворимый осадок в виде хлопьев, которые препятствуют процессу флотации. Кроме этого, NaOH омыляет связующие вещества краски (смоляные и жирные кислоты),

9\*



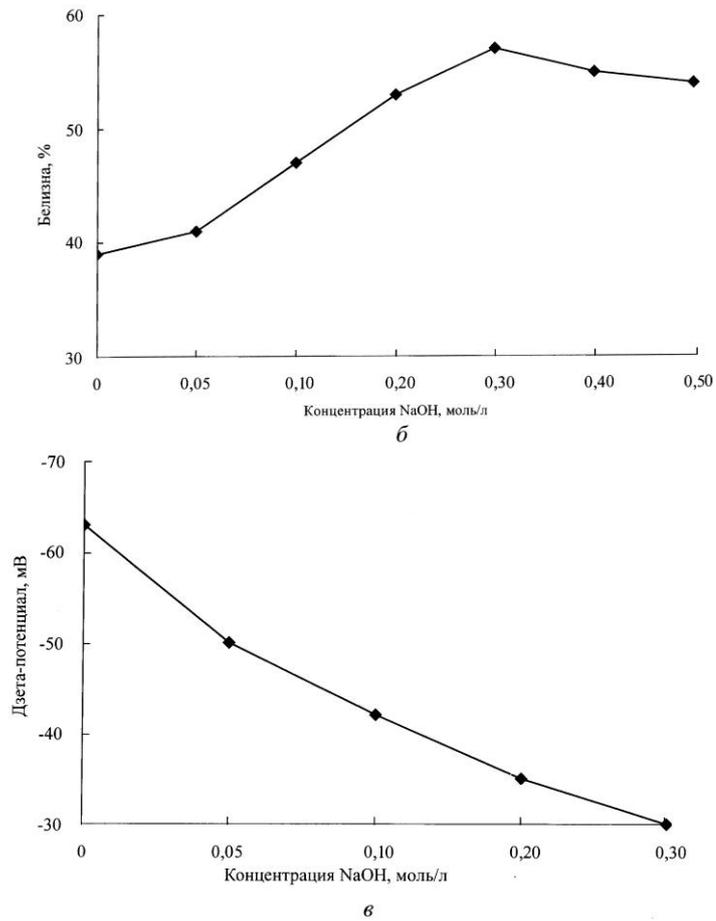


Рис. 4. Зависимость загрязненности (з) частицами краски размером 1...20 мкм (а), белизны (б) отливок и электрокинетического потенциала ( $\xi$ -потенциала) частиц краски (в) от концентрации NaOH

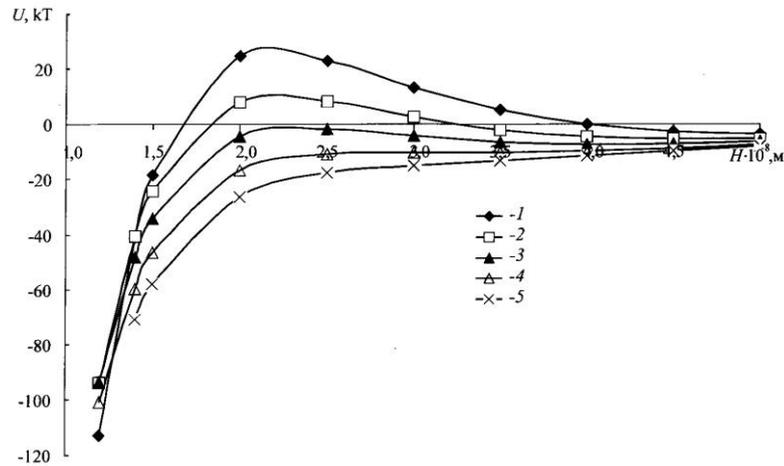


Рис. 5. Потенциальная энергия взаимодействия частиц краски и пузырьков воздуха при различной концентрации и  $\zeta$ -потенциале частицы: 1 –  $\zeta$ -потенциал = 63 мВ; 2 – 50; 3 – 42; 4 – 35; 5 – 30 мВ ( $\zeta$ -потенциал пузырька воздуха 7 мВ)

пена становится более подвижной и легкой. Частицы краски хуже удерживаются в такой пене и выпадают обратно в волокнистую суспензию, увеличивая ее загрязненность (см. рис. 4, а). Снижение белизны связано с воздействием щелочи на волокна. При повышении концентрации щелочи волокна начинают желтеть – белизна снижается.

На основании исследований по определению  $\zeta$ -потенциала пленки методом электроосмотического переноса жидкости, стабилизированной раствором NaOH при концентрациях 0,05 ... 3,00 моль/л,  $\zeta$ -потенциал составлял – 7 мВ, что не противоречит [3]. Исходя из этого,  $\zeta$ -потенциал на границе поверхности водный раствор–пузырек воздуха принят равным –7 мВ.

На рис. 5 представлены результаты расчетов потенциальной энергии взаимодействия по уравнениям (10)–(15) для частиц типографской краски и пузырьков воздуха при различных концентрациях NaOH. В качестве исходных данных использовали:  $A = 1 \cdot 10^{-20}$  Дж;  $r$  (частицы) = 20 мкм;  $r$  (пузырька) = 100 мкм; значения  $\zeta$ -потенциалов согласно рис. 4, в. Анализ полученных потенциальных энергий взаимодействия показал отсутствие барьера отталкивания при концентрации щелочи 0,3 моль/л и  $\zeta = -30$  мВ, что подтверждает результаты флотации (см. рис. 4 а, б).

Константа «быстрой» коагуляции, рассчитанная по уравнению (4),  $K_6 = 1,047 \cdot 10^{-17}$  м<sup>3</sup>/с. Согласно теоретическим представлениям, локальное гидродинамическое взаимодействие препятствует режиму коагуляции, вследствие чего константу скорости «быстрой» коагуляции следует уменьшить в два раза [6], т.е.  $K_6 = 5,235 \cdot 10^{-18}$  м<sup>3</sup>/с.

При определении энергетического барьера, связанного с действием структурных сил, определяемых по уравнениям (2), (7)–(9) при концентрации щелочи 0,3 моль/л,  $\Delta E$  составила 9 кТ.

Таким образом, нами подтверждена возможность использования теории ДЛФО для расчета процесса флотации мелких ( $r < 10$  мкм) частиц типографской краски. Установлено, что флотацией таких частиц можно управлять, изменяя концентрации химических реагентов, участвующих в процессе. Нами впервые рассчитана сольватационная составляющая расклинивающего давления и ее влияние на взаимодействие в системе частица–пузырек.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агеев М.А. / М.А. Агеев: дис. ... канд. техн. наук. – 1999.
2. Голикова Е.В. Вода в дисперсных системах / Е.В. Голикова, Ю.М. Чернобережский; под ред. Б.В. Дерягина. – М.: Химия, 1985. – С. 169.
3. Дерягин Б.В. Микрофлотация: водоочистка, обогащение / Б.В. Дерягин, С.С. Духин, Н.Н. Рулев. – М.: Химия, 1986. – 112 с.
4. Дерягин Б.В. Смачивающие пленки / Б.В. Дерягин, Н.В. Чураев. – М.: Наука, 1984. – 156 с.
5. Нейман Р.Э. Вода в дисперсных системах / Р.Э. Нейман; под ред. Б.В. Дерягина. – М.: Химия, 1985. – С.188.
6. Свиридов В.В. Кинетика коагуляции полистирольного латекса в условиях отсутствия электростатического барьера / В.В. Свиридов, В.Ф. Чернышов, Е.А. Уласовец // Коллоидный журнал. – 1999. – Т. 61, № 6. – С. 824–828.
7. Смолуховский М.Л. Опыт математической теории кинетики коагуляции коллоидных растворов. Коагуляция коллоидов / М.Л. Смолуховский. – ОНТИ, 1936.
8. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы / Ю.Г. Фролов. – М.: Химия, 1988. – С. 464.
9. Цурупа Н.Н. Практикум по коллоидной химии / Н.Н. Цурупа. – М.: Высш. шк., 1963. – С. 184.
10. Чураев Н.В. / Н.В. Чураев // Коллоид. журн. – 1984. – Т. 46. – С. 302.
11. Müller J. Messung der Größenverteilung von Luftblasen bei der Flotation von Druckfarben aus Altpapiersuspensionen / J. Müller, A. Meinecke und L. Götsching // Wochenblatt für Papierfabrikation. – 1995. – N 1.

Уральский государственный  
лесотехнический университет

Поступила 01.11.04

*M.A. Ageev, V.V. Sviridov, N.L. Medyanik*

#### **Study of Printer's Ink Interaction with Air in Waste Paper Floatation**

The possibility of describing the interaction of printer's ink particle with the air bubble with the help of the DLFO theory is demonstrated. The influence of structural constituent of propping pressure on the elementary flotation act is quantitatively determined for the first time.

УДК 676.1.054.1

*Л.В. Кутовая, В.В. Еременко, Ю.Д. Алашкевич,  
А.П. Руденко, Н.С. Решетова*

Кутовая Лариса Владимировна родилась в 1972 г., окончила в 1995 г. Сибирский государственный технологический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры машин и аппаратов промышленных технологий Сибирского государственного технологического университета. Имеет 50 печатных работ в области размола волокнистых материалов.



Еременко Владимир Викторович родился в 1979 г., окончил в 2002 г. Сибирский государственный технологический университет, аспирант кафедры технологии конструкционных материалов и машиностроения СибГТУ. Имеет 7 печатных работ в области гидродинамики волокнистых суспензий и принудительного формования из них изделий.



Алашкевич Юрий Давыдович родился в 1940 г., окончил в 1964 г. Сибирский технологический институт, доктор технических наук, действительный член РА-ИН, профессор кафедры машин и аппаратов промышленных технологий Сибирского государственного технологического университета. Имеет 230 научных работ в области размола волокнистых материалов и в др. областях.



Руденко Анатолий Павлович родился в 1941 г., окончил в 1969 г. Сибирский технологический институт, доктор, профессор кафедры технологии конструкционных материалов и машиностроения Сибирского государственного технологического университета. Имеет 90 печатных работ в области гидродинамики волокнистых суспензий и принудительного формования из них изделий.



Решетова Наталья Сергеевна родилась в 1976 г., окончила в 1998 г. Сибирский государственный технологический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры машин и аппаратов промышленных технологий Сибирского государственного технологического университета. Имеет 23 печатные работы в области размола волокнистых материалов.



**КОМПЛЕКСНЫЙ ПАРАМЕТР КАК ПОКАЗАТЕЛЬ КАЧЕСТВА**

## ОБРАБОТКИ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

На основе экспериментальных исследований разработаны теоретические положения для определения комплексного параметра оценки качества помола волокнистой массы; определены функциональные зависимости комплексного параметра некоторых физико-механических характеристик готового продукта.

*Ключевые слова:* размол, безножевой способ, волокно, комплексный параметр качества, суспензия, бумагообразующие показатели.

В настоящее время для размола бумажной массы широкое применение получили ножевые размалывающие машины: модифицированные конические и дисковые мельницы. При разработке на этих машинах оказывается механическое воздействие на структуру волокна в двух направлениях [2]: фибриллирование волокна с его разрушением; деление его поперек (рубка). Фибриллирование и разделение волокон способствует упрочнению бумаги, улучшению ее физико-механических свойств. Укорочение же приводит к уменьшению поверхности контакта волокон и, соответственно, к ухудшению качества бумажного полотна.

На кафедре машин и аппаратов промышленных технологий Сибирского государственного технологического университета ведутся исследования в области нетрадиционных способов воздействия на волокно на безножевой размольной установке типа «струя–преграда». При обработке этим способом волокна получают развитую сеть межволоконных связей и подвергаются значительно меньшему укорочению и разрушению, чем в ножевых машинах [1, 3]. Отливаемое бумажное полотно имеет более высокие физико-механические показатели.

Создание высокоэффективных безножевых размольных машин с оптимальными параметрами работы невозможно без объективной оценки качества помола. Имеющиеся отдельные показатели оценки качества помола (градус помола по Шопперу–Риглеру, изменение длины волокна, поверхность размола и др.) не дают объективной картины существа процесса. Необходим обобщающий параметр оценки качества помола, который бы объединял в себе отдельные бумагообразующие показатели (межволоконные силы связи, средняя длина волокна, внешняя удельная поверхность) с физико-механическими характеристиками готовых отливок (разрывная длина, сопротивление продавливанию, сопротивление раздиранию, число двойных перегибов).

Для получения аналитической зависимости прочности бумаги от свойств целлюлозы вначале при помощи теории подобия и размерностей был получен безразмерный параметр [4], характеризующий в совокупности выбранные бумагообразующие показатели:

$$K = \sqrt{\frac{S\sigma}{\ell}} t, \quad (1)$$

где  $K$  – комплексный параметр качества помола волокнистой массы;

$S$  – внешняя удельная поверхность,  $\text{м}^2/\text{кг}$ ;

$\sigma$  – межволоконные силы связи, Па;

$\ell$  – длина волокна, м;

$t$  – продолжительность размола, с.

Так как на практике часто при оценке качества помола используют показатель – градус помола по Шопперу–Риглеру, целесообразно установить зависимость комплексного параметра оценки качества помола волокнистой массы от градуса помола (рис. 1). Как видно из рис. 1, комплексный параметр качества хорошо описывается уравнением

$$K = a + b \cdot \text{°ШР}.$$

В ходе анализа зависимости комплексного параметра оценки качества помола волокнистой массы от градуса помола по Шопперу–Риглеру получены следующие аналитические зависимости для целлюлозы:

беленой

$$K = -74,0 + 4,85 \cdot \text{°ШР} \text{ (при } \nu = 115,4 \text{ м/с); } K = -69,0 + 5,15 \cdot \text{°ШР} \text{ (} \nu = 97,1 \text{ м/с); (2)}$$

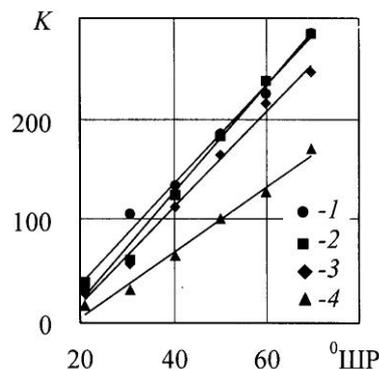
небеленой соответственно

$$K = -55,5 + 3,03 \cdot \text{°ШР}; \quad K = -74,5 + 5,03 \cdot \text{°ШР}. \quad (3)$$

Механическая прочность бумаги является функцией от свойств волокнистого материала и характеризуется такими показателями, как сопротивление бумаги разрыву, излому, раздиранию, продавливанию.

Исходный волокнистый материал, изменяющий свои свойства в широких пределах в процессе размола, можно охарактеризовать следующими показателями оказывающими наиболее существенное влияние на прочность бумаги: средняя длина волокна, внешняя удельная поверхность и межволоконные силы связи.

Рис. 1. Зависимость комплексного параметра качества помола волокнистой массы  $K$  от градуса помола ( $\text{°ШР}$ ) при  $\nu = 97,1$  м/с (1, 2) и  $\nu = 115,4$  м/с (3, 4): 1, 4 – небеленая целлюлоза; 2, 3 – беленая



Таким образом, прочностные характеристики бумаги являются функциями следующих параметров:

$$L = f_1(\ell', S, \sigma, t) = \varphi_1(K);$$

$$U = f_3(\ell', S, \sigma, t) = \varphi_3(K);$$

$$P_a = f_2(\ell', S, \sigma, t) = \varphi_2(K);$$

$$E = f_4(\ell', S, \sigma, t) = \varphi_4(K),$$

где  $L$  – разрывная длина, м;  
 $\ell'$  – проекция средней длины волокна, м;  
 $S$  – внешняя удельная поверхность волокон, м<sup>2</sup>/кг;  
 $\varphi_1(K), \varphi_2(K), \varphi_3(K), \varphi_4(K)$  – некоторые функции, зависящие от безразмерного параметра  $K$ ;  
 $P_a$  – сопротивление продавливанию, Па;  
 $U$  – сопротивление излому;  
 $E$  – сопротивление раздиранию, Н.

На рис. 2, 3 показана зависимость разрывной длины и сопротивления продавливанию от комплексного параметра качества помола волокнистой массы.

В результате регрессионного анализа получены следующие уравнения связи:

1. Между разрывной длиной готовых отливок и бумагообразующими свойствами волокнистой массы для безножевой размольной установки типа «струя – преграда» для целлюлозы:

беленой

$$L = 1321,90 - 10^{-15} \cdot K^2 t^2 + 6 \cdot 10^{-6} \cdot Kt \quad (\text{при } v = 115,4 \text{ м/с});$$

$$L = 2457,40 - 7 \cdot 10^{-16} \cdot K^2 t^2 + 4 \cdot 10^{-6} \cdot Kt \quad (\text{при } v = 97,1 \text{ м/с});$$

небеленой

$$L = 9169,10 - 4 \cdot 10^{-15} \cdot K^2 t^2 + 6 \cdot 10^{-6} \cdot Kt \quad (\text{при } v = 115,4 \text{ м/с});$$

$$L = 8194,90 - 4 \cdot 10^{-16} \cdot K^2 t^2 + 10^{-6} \cdot Kt \quad (\text{при } v = 97,1 \text{ м/с}).$$

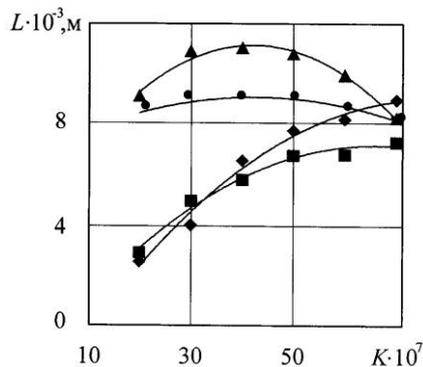


Рис. 2. Зависимость разрывной длины  $L$  от комплексного параметра качества помола волокнистой массы (см. обозначения на рис. 1)

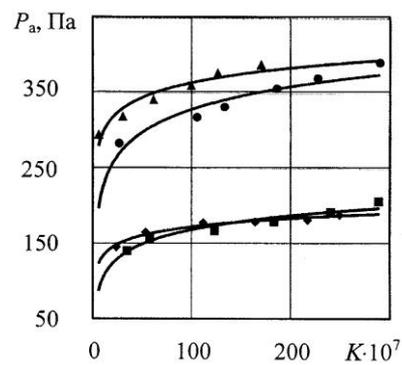


Рис. 3. Зависимость сопротивления продавливанию  $P_a$  от комплексного параметра качества помола волокнистой массы (см. обозначения на рис. 1)

2. Между сопротивлением продавливанию готовых отливок и бумагообразующими свойствами волокнистой

массы для безножевой размольной установки типа «струя – преграда» для целлюлозы:

беленой

$$P_a = 16,79 \ln K - 175,48 \quad (\text{при } v = 115,4 \text{ м/с});$$

$$P_a = 27,66 \ln K - 405,15 \quad (\text{при } v = 97,1 \text{ м/с}).$$

небеленой

$$P_a = 28,55 \ln K - 227,12 \quad (\text{при } v = 115,4 \text{ м/с});$$

$$P_a = 44,26 \ln K - 588,28 \quad (\text{при } v = 97,1 \text{ м/с}).$$

Приведенные уравнения показывают зависимость основных прочностных показателей бумаги от бумагообразующих свойств волокнистой массы. Экспериментальные данные и значения, рассчитанные по полученным уравнениям, имеют хорошую сходимость.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Васютин В.Г.* Интенсификация процесса комбинированного размола целлюлозных суспензий: дис. ... канд. техн. наук: утв. 05.21.03. / В.Г. Васютин. – Красноярск, 1987. – 166 с.

2. *Иванов С.Н.* Технология бумаги / С.Н. Иванов. – Л.: Гослесбумиздат, 1970. – 695 с.

3. *Мицкевич Ф.И.* Влияние способа размола на бумагообразующие свойства волокна / Ф.И. Мицкевич [и др.] // Машины и аппараты целлюлозно-бумажного производства: межвуз. сб. науч. тр. – СПб, 1996. – С. 28–32.

4. *Седов Л.И.* Методы подобия и размерности в механике / Л.И. Седов. – М.: Наука, 1965. – 388 с.

Сибирский государственный  
технологический университет

Поступила 02.04.03

*L.V. Kutovaya, V.V. Eremenko, Yu.D. Alashkevich,*

*A.P. Rudenko, N.A. Reshetova*

#### **Complex Parameter as Quality Index for Fiber Material Treatment**

Theoretical regulations have been developed based on the experimental research for defining complex parameter of quality assessment of the fiber mass milling. Functional dependences are determined for the complex parameter of some physical and mechanical characteristics of the finished product.



## КОМПЬЮТЕРИЗАЦИЯ УЧЕБНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

УДК 57.083.18:004.4

*И.С. Майоров, Д.Г. Чухчин, О.М. Соколов*

Чухчин Дмитрий Германович родился в 1971 г., окончил в 1993 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры биотехнологии Архангельского государственного технического университета. Имеет более 30 печатных работ в области химической переработки древесины.



Соколов Олег Михайлович родился в 1936 г., окончил в 1960 г. Ленинградский технологический институт ЦБП, доктор химических наук, профессор, ректор, заведующий кафедрой биотехнологии Архангельского государственного технического университета, академик Международной академии наук, РИА, РАЕН, Академии проблем качества РФ, чл.-кор. МИА, заслуженный деятель науки РФ. Имеет более 170 научных трудов в области исследования процессов сульфатной варки, изучения свойств и применения технических лигнинов.



## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МЕТОД МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ДРОЖЖЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Предложена автоматизация метода контроля микробиологических объектов дрожжевого производства с возможностью получения данных о распределении микроорганизмов по размерам.

*Ключевые слова:* автоматизированный метод, микробиологический контроль, интерпретация изображений, выращивание дрожжей, проточная кювета, размер микроорганизмов.

Дрожжевое производство в целлюлозно-бумажной промышленности используется для утилизации предгидролизатов и сульфитных щелоков. Оно имеет ряд особенностей, зависящих от вида микроорганизмов, которые используются в качестве продуцентов кормового белка [4]. Культура дрожжей-продуцентов должна обладать целым комплексом полезных свойств: активно размножаться на различных средах, полностью используя источники углерода, входящие в их состав; давать высокий выход биомассы, содержащей большое количество полноценного белка и витаминов; обладать большой удельной скоростью роста; быть достаточно устойчивой к вытеснению посторонними микроорганизмами; не обладать патогенными свойствами и т.д. [1].

Микробиологический контроль дрожжевого производства обеспечивается выполнением следующих работ:

проведение систематического ежедневного контроля за физиологическим состоянием дрожжей во всех дрожжерастильных аппаратах и своевременным вме-

шатательством в процесс при ухудшении состояния дрожжевых клеток или появлении нежелательных примесей;

изучение видового состава микрофлоры, развивающейся в дрожжерастильных аппаратах данного завода, и определение процентного соотношения разных культур;

выполнение технологических параметров, обеспечивающих оптимальные условия роста рекомендованной или отобранной продуктивной культуры [6].

Проводя повседневный микробиологический контроль за состоянием и активностью производственной культуры, корректируя технологический режим выращивания дрожжей, можно активно участвовать в повышении производительности дрожжевых предприятий. Необходимо оценивать состояние микрофлоры: физиологическое состояние дрожжей, количество мертвых и почкующихся клеток, наличие ветвистых и одиночных форм, вытянутых или видоизмененных клеток, присутствие посторонних примесей (дрожжей, отличающихся от основной культуры, мицелиальных грибов, бактерий) [3]. При оценке физиологического состояния дрожжей учитывают размер клеток, их возраст, активность почкования. Размер клеток меняется от возраста, условий культивирования. Уменьшение размеров дрожжевых клеток, а также появление раздутых, гигантских экземпляров указывает на неблагоприятные условия культивирования – замедленную скорость процесса, недостаток питания и т. д.

Для того, чтобы установить процентное содержание почкующихся клеток в той или иной дрожжевой взвеси, необходимо знать их количество. С этой целью в препарате в нескольких полях зрения микроскопа (обычно в десяти) подсчитывают общее количество клеток и число почкующихся клеток.

Для определения процентного содержания мертвых клеток в дрожжевой взвеси считают также в нескольких полях зрения препарата (обычно в десяти) число мертвых клеток и общее количество клеток, вычисляют процентное отношение мертвых клеток к их общему количеству. При определении количества мертвых клеток дрожжей, культивируемых на неокрашенных средах, часто пользуются одним из методов окрашивания [2].

При микроскопировании дрожжевой суспензии необходимо также подсчитать процентное соотношение клеток основного, наиболее продуктивного, заводского штамма и клеток дрожжей-примесей [5]. При этом дают оценку чистоты производственной культуры в зависимости от содержания посторонних микробов.

Как правило, все перечисленные операции, которые проводят с помощью микроскопа, очень трудоемкие. Оперативная и точная количественная оценка процентного содержания почкующихся клеток, мертвых клеток, других параметров дрожжевой культуры таким способом затруднена.

В настоящее время, благодаря высокопроизводительной компьютерной технике, возможна количественная интерпретация изображений, полученных с помощью микроскопа. При автоматическом подсчете в тысячи раз возрастает скорость интерпретации изображений производственной дрожжевой культуры, что позволит сократить продолжительность анализа и повысить его точность. Кроме контроля количества клеток, можно также контролировать другие характеристики дрожжей: скорость (активность) почкования, отклонение размеров клеток в сторону увеличения или уменьшения размеров и т.п.

На кафедре биотехнологии Архангельского государственного технического университета разработан программно-аппаратный комплекс, состоящий из видео-

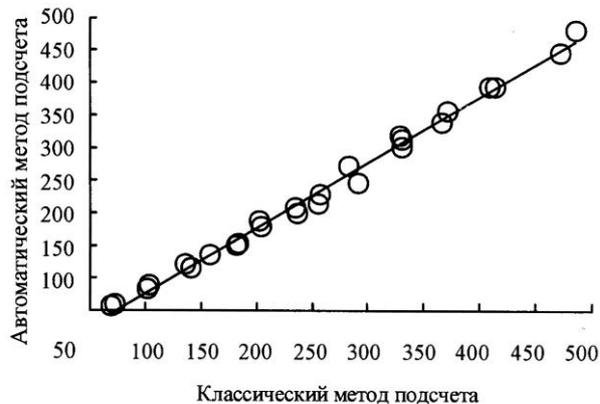


Рис. 1. Изучение адекватности разработанного метода подсчета микроорганизмов

камеры, микроскопа, компьютера и соответствующего программного обеспечения для определения различных параметров дрожжевых культур, например размера дрожжевых клеток и активности почкования (время удвоения). Использование данного комплекса в сотни раз сокращает время анализа, так как на обработку одной пробы затрачивается несколько секунд.

Исходное изображение пробы для анализа может поступать как из ранее созданного фото- или видеофайла, так и с видеокамеры, совмещенной с микроскопом. Это позволяет работать в режиме реального времени, что очень важно для своевременной реакции на любые изменения в процессе выращивания дрожжей. Программно-аппаратный комплекс способен выдавать данные как в числовом, так и в графическом виде, а также в процессе работы способен накапливать статистические данные о проведенных анализах.

Результаты, полученные на комплексе, удовлетворительно совпадают с опытными данными прямого подсчета в камере Горяева – Тома. На определение автоматическим методом не влияют ни размер, ни вид микроорганизмов, ни наличие примесей немикробного происхождения. Для оценки адекватности работы алгоритма была построена корреляционная зависимость (рис. 1), коэффициент корреляции составил 0,9929.

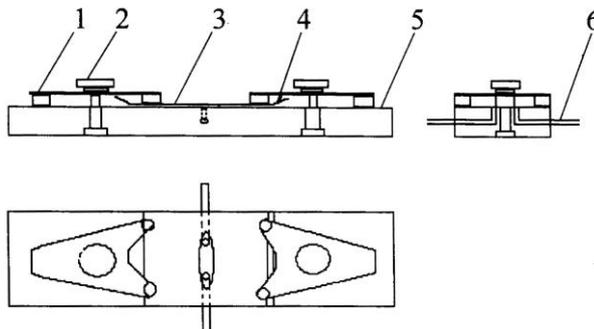
При определении с помощью микроскопа необходимо исследуемую пробу перемещать под объективом, что увеличивает продолжительность процесса. Комплекс позволяет производить подсчет микроорганизмов в потоке жидкости, что повышает точность определения числа микроорганизмов и их концентрации.

Для этих целей нами была разработана проточная кювета (рис. 2).

Полиэтиленовая прокладка 4 необходима для задания высоты слоя жидкости до 10 мкм, чтобы при наблюдении и подсчете все микроорганизмы находились в фокусе микроскопа. Только в этом случае точность подсчета будет высокой. В прокладке прорезан канал. В результате между покровным и предметным стеклом образуется плоский капилляр, по которому течет суспензия микроорганизмов. В качестве патрубков подачи–отбора используют тонкие стальные трубки, на которых крепятся фторопластовые шланги.

Суспензию микроорганизмов из резервуара подают в кювету самотеком. Регулируя высоту подъема резервуара, можно регулировать скорость движения

Рис. 2. Схема устройства проточной кюветы:  
 1 – прижимная пластина;  
 2 – крепежный винт;  
 3 – покровное стекло;  
 4 – полиэтиленовая прокладка; 5 – корпус; 6 – патрубков подачи-отбора



суспензии под объективом микроскопа. Использование проточной кюветы позволяет перемещать и подсчитывать сотни тысяч микроорганизмов в течение нескольких минут. Кроме того, с помощью комплекса можно получить данные о распределении микроорганизмов исследуемой дрожжевой культуры по размерам (рис. 3).



Рис. 3. Распределение микроорганизмов по размерам (концентрация 44,5 млн шт./мл)

Таким образом, разработанный программно-аппаратный комплекс, позволяет получать точные данные о количестве микроорганизмов в дрожжевой суспензии и их распределении по размерам.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев А.А. Производство кормовых дрожжей / А.А. Андреев, Л.И. Брызгалов. – М.: Лесн. пром-сть, 1986.
2. Бабаева И.П. Методы выделения и идентификации дрожжей / И.П. Бабаева, В.И. Голубев. – М.: Пищевая пром-сть, 1979.
3. Новаковская С.С. Справочник технолога дрожжевого производства / С.С. Новаковская. – М.: Пищевая пром-сть, 1973.
4. Сапотницкий С.А. Использование сульфитных щелоков / С.А. Сапотницкий. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Лесн. пром-сть, 1981.
5. Семушина Т.Н. Исследования производственно ценных штаммов дрожжей в гидролизной промышленности / Т.Н. Семушина, Н.И. Монахова // Гидролиз. и лесохим. пром-сть, 1984.
6. Семушина Т.Н. Микробиологический контроль гидролизно-дрожжевого производства / Т.Н. Семушина, Н.И. Монахова, Л.А. Гусарова. – 2-е изд., доп. – М.: Экология, 1991.

Архангельский государственный  
 технический университет  
 Поступила 26.04.05

*I.S. Majorov, D.G. Chukhchin, O.M. Sokolov*

**Automated Method of Microbiological Control of Yeast Production**

Automation of the control method for microbiological objects of yeast production is proposed with a possibility of getting data on dimension distribution of microorganisms.

---

УДК 57.083.18:004.4

*И.С. Майоров, Д.Г. Чухчин, О.М. Соколов*

## **МЕТОД КОНТРОЛЯ СОСТАВА АКТИВНОГО ИЛА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЦБП**

Предложен метод автоматического контроля состава активного ила на очистных сооружениях предприятий ЦБП.

*Ключевые слова:* автоматизированный метод, активный ил, интерпретация изображений, компонентный состав.

Микроорганизмы, как известно, играют ключевую роль в процессах очистки бытовых, промышленных и смешанных сточных вод. Микроорганизмы, в том числе и нитчатые бактерии, создают в среде аэротенков относительно устойчивый биоценоз, называемый активным илом [2]. Эти образования способны в первые же минуты контакта со сточной водой адсорбировать на своей поверхности порядка 50 % загрязнений, из которых около 10 ... 15 % быстро окисляются [3].

При благоприятных условиях происходит интенсивный рост содержания нитчатых микроорганизмов, который при достижении определенного уровня может оказаться неконтролируемым. Они становятся настоящим бедствием для сооружений биологической очистки сточных вод. Неконтролируемое протекание процесса роста нитчатых микроорганизмов приводит к ухудшению качества очистки сточных вод, возникновению чрезмерных нагрузок на оборудование по перекачке рециркулирующего и избыточного активного ила, а также к его вспениванию. Пена, появившаяся в аэротенках, может достигать толщины до 1,5 м [1].

Поэтому для эффективной биологической очистки сточных вод актуальным является непрерывный контроль состава активного ила. Как правило, эту трудоемкую операцию проводят с помощью микроскопа, субъективно оценивая в баллах содержание того или иного компонента ила. Точная количественная оценка содержания как нитевидных бактерий, так и других составляющих активного ила таким способом не представляется возможной.

В настоящее время благодаря высокопроизводительной компьютерной технике возможна количественная интерпретация изображений, полученных с помощью микроскопа. Для этого необходимо создание программно-аппаратного комплекса. В автоматическом режиме подсчета в тысячи раз возрастает скорость определения, что позволяет сократить продолжительность анализа и повысить его точность. Кроме контроля нитевидных бактерий, возможен также контроль других компонентов ила, размеров иловых хлопьев, содержания в иле золы и т.п.

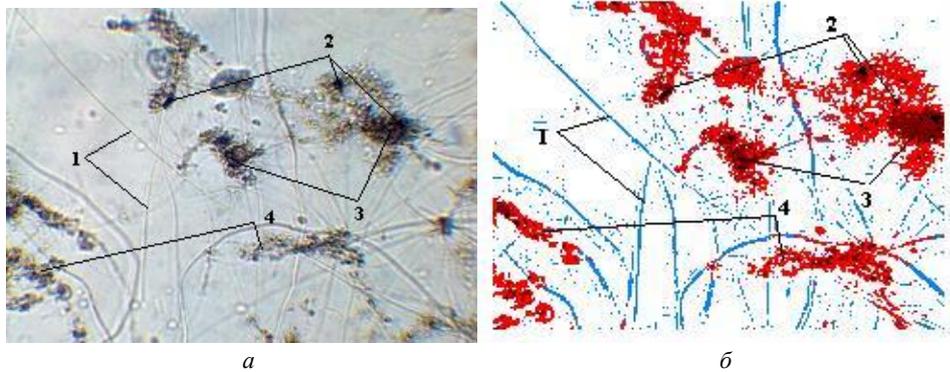


Рис. 1. Проверка правильности работы алгоритма: *a* – исходное изображение; *б* – обработанное изображение; 1 – нитчатые микроорганизмы (44 %); 2 – шлам (1 %); 3 – флоккулы ила (13 %); 4 – вновь образовавшиеся клетки ила (42 %)

На кафедре биотехнологии Архангельского государственного технического университета для определения компонентного состава активного ила разработан программно-аппаратный комплекс, состоящий из видеокамеры, микроскопа, компьютера и соответствующего программного обеспечения. Использование данного комплекса в сотни раз сокращает время анализа, так как на обработку одной пробы затрачивается несколько секунд.

Для анализа исходное изображение пробы может поступать как из ранее созданного фото- или видеофайла, так и с видеокамеры, совмещенной с микроскопом. Это позволяет работать в режиме реального времени, что очень важно для своевременной реакции на любые изменения состава активного ила. Комплекс способен отображать данные как в числовом, так и в графическом виде. Для проверки правильности работы алгоритма определения на экран выводят исходное изображение и изображение после обработки, на котором различными цветами обозначены нитчатые микроорганизмы, шлам и активный ил, нефлокулированный и находящийся во флоккулах (рис.1). Оператор комплекса может менять настройки программы в зависимости от используемого увеличения микроскопа, а также режима и интенсивности освещения.

В процессе работы накапливаются статистические данные, что позволяет отслеживать любые изменения состава проб за определенный период времени. Для получения данных о компонентном составе ила с точностью до сотых долей процента необходимо проанализировать более 300 изображений каждой пробы.

Разработанный программно-аппаратный комплекс был внедрен на станции биологической очистки сточных вод Котласского ЦБК. Данные о компонентном составе активного ила, полученные с помощью комплекса, были сопоставлены с различными показателями качества очистки. Наиболее показательной является зависимость ХПК, удаляемого при биологической очистке сточных вод, от процентного содержания количества нитчатых микроорганизмов (рис. 2).

График зависимости практически прямолинеен, коэффициент аппроксимации составляет 0,879. График построен по нескольким точкам, данные для которых были получены при определении состава активного ила в различные дни в период сезонного изменения состава активного ила. Каждая точка на графике представляет

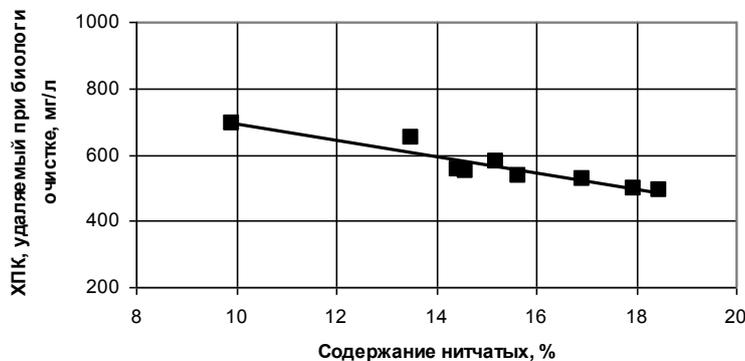


Рис. 2. Зависимость ХПК, удаляемого при биологической очистке, от содержания нитчатых микроорганизмов в активном иле

собой результат усреднения данных при обработке сотен мегабайт видеoinформации. Проведение параллельных измерений показало, что ошибка определения составляет доли процента, при этом изменение концентрации активного ила и методы отбора проб практически не влияют на точность получаемых результатов.

Таким образом, разработанный комплекс позволяет количественно оценивать компонентный состав активного ила. Предварительные исследования, проведенные на станции биологической очистки сточных вод Котласского ЦБК, показали, что имеется взаимосвязь между качеством очистки и компонентным составом активного ила.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубовская Э.К. Биологические основы очистки воды / Э.К. Голубовская. – М.: Высш. шк., 1978.
2. Мурыгина В.П. Роль нитчатых микроорганизмов в процессах пенообразования на сооружениях очистки сточных вод / В.П. Мурыгина, С.В. Калужный // Успехи современной биологии. – 2004. – Т. 124, № 1.
3. Яковлев С.В. Биохимические процессы в очистке сточных вод / С.В. Яковлев, Т.А. Карюхина. – М.: Стройиздат, 1980.

Архангельский государственный  
технический университет

Поступила 26.04.05

*I.S. Majorov, D.G. Chukhchin, O.M. Sokolov*

#### **Control Method for Activated Sludge Composition at PPM Enterprises**

The automatic control method for activated sludge composition is proposed for the treatment plants of PPM enterprises.



## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 630\*228:630\*5(049.3)

*О.А. Конюшатов, С.А. Корчагов***НОВАЯ КНИГА О ФИТОМАССЕ ЛЕСОВ\***

Лесохозяйственная литература пополнилась монографией о фитомассе культур сосны и ели в европейской части России. Ее авторы – Н.А. Бабич, М.Д. Мерзленко, И.В. Евдокимов – сделали оценку фактических запасов фитомассы на объектах лесных культур сосны и ели в пределах тайги и зоны смешанных лесов европейской части России.

Актуальность и своевременность данной работы очевидна. В последние годы в связи с увеличением в атмосфере Земли количества углекислого газа и прогнозируемым глобальным потеплением климата большое значение уделяется изучению депонирования углерода лесным покровом нашей планеты. Без подобных исследований невозможна корректная оценка углеродного бюджета и роли в нем лесов. Вполне осуществима оценка фактических запасов фитомассы лесных насаждений, содержащих около 80 % CO<sub>2</sub> всего растительного покрова планеты. Авторы предлагают читателям уникальные материалы, полученные в результате многолетних исследований древостоев искусственного происхождения.

В книге обсуждается актуальность и возможность переработки фитомассы древесного яруса (глава 1), анализируются методические вопросы исследования запасов фитомассы (глава 2). В главе 3 подробно рассматриваются процессы формирования фракций надземной фитомассы культур сосны обыкновенной в различных типах леса в зависимости от метода создания и густоты посевных. Приводятся данные о продолжительности жизни, возрастной структуре и морфологических параметрах хвои сосны. Для посевов сосны в северной подзоне тайги Архангельской области авторами впервые получены количественные характеристики запасов почек – ценного лекарственного сырья – по типам леса.

Определенный интерес представляют исследования структуры и запасов фитомассы в культурах сосны разного географического происхождения в пределах Архангельской области, на большой территории которой для насаждений характерны различная периодичность и неравномерность плодоношения. Немаловажное значение имеет также изучение опыта выращивания лесных культур из семян инорайонного происхождения, в частности из Сибири (глава 4). В главе 5 содержатся сведения о ресурсном потенциале надземной фитомассы культур сосны Европейского Севера. Основы справочно-нормативной базы инвентаризации фитомассы культур представлены в главе 6.

Глава 7 посвящена исследованию биологической продуктивности культур сосны и ели в зоне смешанных лесов, где данный вопрос изучен сравнительно слабо. Исследования проводились на стационарных объектах искусственных на-

---

\* Бабич Н.А. Фитомасса культур сосны и ели в европейской части России / Н.А. Бабич, М.Д. Мерзленко, И.В. Евдокимов. – Архангельск, 2004. – 112 с.

саждений, заложенных с различной густотой посадки, не затронутых рубками ухода. Подробно рассмотрено формирование полного спектра фракций фитомассы хвойных насаждений искусственного происхождения: древесины, коры, ветвей, хвои, шишек, корней, а также опада и лесной подстилки.

Большой объем экспериментального материала и его обработка методами математической статистики подтверждают достоверность и обоснованность результатов исследований авторов. Библиографический список содержит 279 литературных источников, что свидетельствует о детальности и глубине проработки материала.

Книга адресована работникам лесного хозяйства, сотрудникам НИИ, преподавателям, аспирантам и студентам лесохозяйственных факультетов. Следует отметить и ее художественное оформление: большой формат, твердый переплет с суперобложкой и краткой информацией об авторах. Монография изобилует цветными иллюстрациями, что способствует лучшему пониманию представленного материала и вызывает ощущение прелести и торжества лесной природы.

Символично, что авторы книги посвятили ее 100-летию со дня рождения выдающегося ученого, лесоведа с мировым именем, северянина Ивана Степановича Мелехова, юбилей которого будет отмечаться в сентябре 2005 г.

Вологодская государственная  
молочно-хозяйственная академия  
им. Н.В. Верещагина

*O.A. Konyushatov, S.A. Korchagov*  
**New Book on Forest Phytomass**

---

---



## ЮБИЛЕИ

УДК 06.091

**БОРИС НАУМОВИЧ УГОЛЕВ  
(К 80-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)**

В июле 2005 г. исполняется 80 лет со дня рождения доктора технических наук, профессора Московского государственного университета леса (МГУЛ), заслуженного деятеля науки РФ, академика Международной академии наук о древесине, почетного члена РАЕН.

Выпускник первого набора Московского лесотехнического института (МЛТИ) Борис Наумович окончил институт в 1948 г., затем работал в ЦНИИМОДе, учился в аспирантуре и в 1953 г. защитил кандидатскую диссертацию.

Ведущий отечественный древесиновед проф. Б.Н. Уголев почти полвека посвятил педагогической деятельности. В 1957 г. он был избран доцентом курса древесиноведения МЛТИ, а после кончины в 1959 г. выдающегося ученого проф. Л.М. Перельгина в течение 40 лет руководил курсом древесиноведения, достойно продолжая дело своего учителя. В 1968 г. он защитил докторскую диссертацию.

Старейший профессор МГУЛ Б.Н. Уголев продолжает активную педагогическую, исследовательскую и научно-организационную деятельность. Он возглавляет межгосударственный Региональный координационный совет по древесиноведению (РКСД). Этот совет, объединяющий древесиноведов 10 стран, функционирует при МЛТИ–МГУЛ с 1990 г., под эгидой Международной академии наук о древесине (ИВАС) – с 1991 г., с 2003 г. входит в структуру УМО по образованию в области лесного дела.

Б.Н. Уголев внес крупный вклад в древесиноведение. Его исследования в области физики и механики древесины заложили основы таких научных направлений, как реология, внутренние напряжения, неразрушающие методы контроля состояния древесины, были развиты его учениками и последователями. Широко известны работы проф. Б.Н. Уголева и его школы в области деформационных превращений древесины и сушильных напряжений эффекта «памяти» древесины на температурно-влажностные воздействия. В 1952 г. Борис Наумович впервые разработал (позднее стандартизированный) метод измерения остаточных напряжений в древесине.

На протяжении многих десятилетий Б.Н. Уголев плодотворно работает в области стандартизации методов испытаний древесины, качества лесоматериалов, терминологии. Ныне он входит в состав Технического комитета «Лесоматериалы».

Результаты его исследований отражены в многочисленных публикациях. Перу Б.Н. Уголева принадлежит более 290 работ, в том числе 13 книг, среди которых монографии и такие известные учебники и пособия для вузов, как «Испытания древесины и древесных материалов» (1965 г.), «Древесиноведение с основами лесного товароведения» (1975 г., 1986 г., 2001 г.), учебники для техникумов, включая



«Древесиноведение и лесное товароведение» (2004 г.). Он автор многих учебных программ и методических руководств.

Научный авторитет Б.Н. Уголева признан за рубежом. Он был избран на шестилетний срок членом правления ИАВС, входит в состав рабочей группы по сушке древесины ИЮФРО и технического комитета по конструкционным лесоматериалам РИЛЕМ. По приглашению национальных академий наук, университетов и научных обществ читал лекции и выступал с докладами в Великобритании, Австрии, Болгарии, Венгрии, Германии, Канаде, Польше, Словакии, США, Франции и др.

Под его руководством систематически проходят крупные международные симпозиумы РКСД, годовые сессии и семинары в вузах и академических центрах нашей страны. Он входил в состав программных и организационных комитетов многих международных форумов. Профессор Б.Н. Уголев – член Научного совета по деревянным конструкциям Российской академии архитектуры и строительных наук.

Борис Наумович – научный консультант и автор многих статей «Лесной энциклопедии» и других энциклопедических изданий, член редколлегии журналов «Древарски вискум» (Словакия), «Деревообрабатывающая промышленность» (Россия), участвует в работе совета по присуждению ученых степеней. Много лет он сотрудничает с «Лесным журналом», систематически информируя о древесинovedческих форумах у нас и за рубежом.

Сердечно поздравляем Бориса Наумовича Уголева с 80-летием, желаем ему крепкого здоровья, дальнейших успехов в науке и высшем лесном образовании.

**В.Г. Санаев, ректор МГУЛ, профессор**  
**Ю.П. Семенов, декан факультета МХПД МГУЛ, профессор**

*V.G. Sanaev, Rector of MSFU, Professor*  
*Yu.P. Semenov, Dean of MCWT of MSFU, Professor*  
**Boris Naumovich Ugolev (By 80<sup>th</sup> Birthday)**

---



## ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 674.048

**Ю.А. Варфоломеев**

Варфоломеев Юрий Александрович родился в 1953 г., окончил в 1975 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой инженерных конструкций и архитектуры Архангельского государственного технического университета, заслуженный деятель науки РФ. Имеет около 300 научных трудов в области обеспечения долговечности древесины в строительстве экологически безопасными методами.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕЛОВОЙ ДРЕВЕСИНЫ С БИОЛОГИЧЕСКИМИ ПОРАЖЕНИЯМИ**

Проанализированы последствия широкомасштабного развития усыхания и биологического поражения еловых лесов в междуречье Северной Двины и Пинеги. (Выход пиловочника снизился в 2 раза, диффузионные свойства биопораженной ели повысились на 10 ... 30 %). Предложено создавать в районах усыхания ельников специализированные производства по защитной пропитке биопораженной древесины с применением антисептиков.

*Ключевые слова:* усыхание, еловые древостои, стволовые вредители, деревоокрашивающие и дереворазрушающие грибы, пропитка древесины антисептиками.

В центральной части Архангельской области, в междуречье Северной Двины и Пинеги, зафиксировано активное усыхание спелых и перестойных еловых лесов, обусловленное естественным старением и гибелью древостоев. При значительных масштабах этого процесса не только повышается вероятность развития крупных лесных пожаров, но и происходит массовое размножение вредителей леса. В первую очередь поражаются плотные массивы старых (возраст 150 ... 200 лет) деревьев, своевременно не вырубленных из-за недоступности для промышленной заготовки и вывозки деловой древесины. Это приводит к гибели более молодых и устойчивых деревьев.

В последние годы отмечено интенсивное развитие усыхания ельников и на востоке, в лесных массивах Пинежского и Лешуконского районов. По данным Агентства лесного хозяйства по Архангельской области и Ненецкому автономному округу, процессы усыхания еловых лесов наблюдаются на площади около 5 млн га, из которых около 3 млн га занято спелыми и перестойными деревьями с ориентировочным запасом древесины более 0,5 млрд м<sup>3</sup>. Вымирание усыхающих и теряющих товарную ценность спелых и перестойных ельников может перерасти в экологическую катастрофу с серьезными социально-экономическими последствиями для населения лесных поселков, а также 12 крупных предприятий лесопромышленного комплекса Архангельской области, перерабатывающих сырье из этого региона.

Цель наших исследований – проанализировать последствия усыхания и биологического поражения еловых лесов в междуречье Северной Двины и Пинеги и оценить качество круглых лесоматериалов и пилопродукции из биопораженного сырья.

Начало усыхания ельников связано с жарким засушливым летом 1997 г. К повсеместному развитию очагов стволовых вредителей привели массовые снеготомы 2001–2002 гг., в результате чего около 30 % деревьев получили повреждения вершин.

Летом 2004 г. специалисты Архангельской экспедиции № 1 Российского центра защиты леса Министерства природных ресурсов РФ зафиксировали реализацию двух поколений короедов-типографов. Поэтому по инициативе администрации Архангельской области и Министерства природных ресурсов РФ проведено авиасантное лесопатологическое обследование части спелых и перестойных еловых лесов на территории Березниковского (площадь 700 тыс. га) и Верхнетоемского (300 тыс. га) лесхозов. Еловые древостои занимают около 70 % обследованной территории и характеризуются высоким средним возрастом. На долю спелых и перестойных ельников приходится около 80 % площади. В ходе обследования установлено, что наиболее интенсивно процесс усыхания идет в чистых еловых насаждениях максимального возраста (180 лет и старше). Исследование сухостоя свидетельствует о том, что усыхание начиналось именно с перестойных ельников, в дальнейшем распространялось на древостои меньших возрастных групп. Начало поражения (5–6 лет назад) древостоев характеризуется большим количеством ослабленных деревьев с изреженностью кроны, дихромацией хвои и покраснением части ветвей в кроне (5 ... 10 %).

В 2005 г. специалисты Лаборатории защиты древесины ЦНИИМОД и АГТУ в Верхнетоемском лесхозе обследовали древостои на участках усыхания, фотофиксацию; отбирали пробы биопораженной древесины для лабораторных испытаний в целях определения ее свойств и образцы биологических вредителей; оценивали качество круглых лесоматериалов и пилопродукции, получаемой из биопораженного сырья.

Участок леса III группы имел следующую расчетную лесосеку по преобладающим породам: ель – 71,0 %, сосна – 1,6 %, береза – 25,8 %, осина – 1,6 %. Процент усыхающих деревьев колебался от 20 до 100 %, 1/3 деревьев имели сломанные вершины. Смолотечение на многих деревьях свидетельствовало о поражении корневой губкой, было много буреломных и ветровальных экземпляров.

Некоторые усохшие деревья имели серую или желто-зеленую хвою. В большом количестве зафиксировано повреждение стволовыми вредителями, деревоокрашивающими и дереворазрушающими грибами. На пораженных стволах частично отсутствовала кора, имелись продольные трещины на глубину от 10 до 40 % радиуса. Вследствие отпада коры влажность древесины в периферийной зоне по сечению биопораженных стволов снижалась до 24 ... 28 %. Отмечено поражение стволов грибами синевы на глубину 10 ... 50 мм от поверхности; короедом-типографом (*Ips typographus* L.) и усачами рода *Monochamus* и *Rhagium* L.

Анализ производственных показателей на участке, арендованном ОАО «Двинлес», показал, что выход пиловочного сырья из-за биопоражения еловых массивов в настоящее время снизился в среднем до 30 %, т.е. в 2 раза по сравнению с показателями 5-летней давности. Например, 27.05.2005 г. плот № 1219, содержащий 26 195 м<sup>3</sup> елового пиловочника средним диаметром 24 см, из-за сильного поражения древесины насекомыми и грибами был сдан на Архангельский ЦБК для переработки на щепу. Раньше аналогичная древесина оценивалась как высококачественный пиловочник 1–2-го сорта для производства дорогостоящих экспортных пиломатериалов.

Большие потери от биопоражения деловой древесины в районе усыхания еловых лесов резко снижают рентабельность лесозаготовительных и деревообрабатывающих производств, использующих традиционные технологии лесопользования и переработки сырья. Необходимо проводить рациональную корректировку правил лесопользования в районе интенсивного биопоражения лесов для повышения заинтересованности лесопользователей и активизации их деятельности в создавшихся неблагоприятных условиях.

В целях повышения рентабельности использования сырья с биопоражениями в настоящее время проводятся научно-исследовательские работы по созданию в районе усыхания еловых лесов специализированных производств по выпуску различных видов конкурентоспособной продукции с гарантированным уровнем долговечности.

Ель относится к категории труднопропитываемых пород. Лабораторные исследования показали, что диффузионные свойства еловой древесины, пораженной деревоокрашивающими грибами, на 10 ... 30 % выше, чем у древесины без поражения. Следует отметить высокую проводимость рабочих растворов средств химической защиты через ходы, проделанные насекомыми поперек волокон, с последующей интенсивной капиллярной диффузией их вдоль волокон. В настоящее время проводятся проектно-изыскательские работы по созданию в районах лесозаготовок экспериментальных производств по переработке биопораженной древесины с применением защитной пропитки антисептическими препаратами.

#### *Выводы*

1. Комплексный анализ информации, касающейся широкомасштабного развития биологического поражения еловых лесов в междуречье Северной Двины и Пинеги, свидетельствует об опасности экономической нецелесообразности неконтролируемого содержания больших лесных массивов, в том числе в крупных заповедниках.

2. Выявленные повышенные пропиточные свойства еловой древесины с биопоражениями позволяют сделать вывод о необходимости развития в районах лесозаготовок специализированных производств по углубленной переработке низкосортного сырья с применением экологически безопасных антисептических препаратов и технологий защитной пропитки.

Архангельский государственный  
технический университет

Поступила 23.06.05

*Yu.A. Varfolomeev*

#### **Utilization of Spruce Wood with Biological Attacks**

The consequences of large-scale development of drying and biological damage of spruce forests in the divide of the Northern Dvina and Pinega have been analyzed. The yield of sawlogs have reduced twice, the diffusion properties of bio-damaged spruce have increased on 10...30 %. It is proposed to create specialized productions for the protective impregnation of bio-damaged wood with antiseptics in the regions of spruce forest drying.