

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СЕВЕРНЫЙ (АРКТИЧЕСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

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

5

**МАТЕРИАЛЫ, ПОСВЯЩЕННЫЕ 80-ЛЕТИЮ
УРАЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

2010

ИЗДАТЕЛЬ – СЕВЕРНЫЙ (АРКТИЧЕСКИЙ)
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

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

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

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

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

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 5

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

Сдан в набор 26.10.2010. Подписан в печать 09.12.2010. Заказ № 243
Форм. бум. 70×108 1/16. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 13,84. Усл. кр.-отг. 13,84.
Уч.-изд. л. 18,697. Тираж 1000 экз.
Северный (Арктический) федеральный университет

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

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



СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- З.Я. Нагимов, В.З. Нагимов, И.Н. Артемьева.* Ход роста сосновых древостоев в лишайниковом типе леса Ханты-Мансийского автономного округа..... 7
- Л.И. Аткина, С.В. Вишнякова, У.А. Сафронова.* К вопросу использования показателя категории состояния деревьев в городской среде..... 12
- Л.Г. Бабушкина, В.И. Пономарев, Г.И. Клобуков.* Закономерности формирования видового состава насекомых в разных зонах промышленного загрязнения фторсодержащими поллютантами..... 18
- Н.В. Шубина, Ю.Л. Юрьев, М.В. Винокуров.* Влияние выбросов металлургического производства на микроэлементный и пигментный состав хвои сосны. 25
- И.В. Шевелина, И.Ф. Коростелев, О.А. Плотникова, А.Н. Росляков, В.В. Григорьев.* Таксационные особенности сосновых древостоев различных стадий рекреационной дигрессии..... 30
- А.Е. Морозов, С.В. Залесов, Р.В. Морозова.* Эффективность применения различных способов рекультивации нефтезагрязненных земель на территории ХМАО-Югры..... 36
- Г.Г. Терехов, Н.А. Луганский.* Влияние прочистки на динамику и структуру нижних ярусов растительности в еловых культурценозах на Среднем Урале..... 43
- А.Г. Магасумова, Н.Н. Новоселова, Е.С. Залесова.* Рубки ухода в насаждениях, формирующихся на бывших сельскохозяйственных угодьях..... 52
- Д.Н. Сарсекова.* Способность к естественному возобновлению хвойных интродуцентов на юго-востоке Казахстана..... 57

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

- Э.Ф. Герц, С.В. Залесов, В.А. Копнов.* Выбор маршрута перемещения узкозахватных лесозаготовительных машин в редирах..... 64
- А.А. Добрачев, А.В. Швец.* Классификация и систематика лесных манипуляторов. 69
- И.Н. Кручинин.* Оценка устойчивого функционирования системы транспорта леса..... 74
- Е.В. Воробьева.* Оптимизация раскряжевки хлыстов хвойных пород с получением тонкомерно-короткомерного сырья..... 79
- С.А. Чудинов, С.И. Булдаков.* Теоретические исследования процессов структурообразования глинистых грунтов, укрепленных портландцементом с добавкой полиэлектролита..... 82
- В.Н. Старжинский, Д.Р. Гагарин.* К расчету вибрационных полей в корпусных конструкциях оборудования лесного комплекса..... 88

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

- Н.Н. Черемных.* Научно-практические подходы к проблеме комплексного снижения шума в лесопильно-деревообрабатывающих производствах..... 93
- М.В. Газеев, Е.В. Тихонова.* Исследование процесса пленкообразования полиуретановых лакокрасочных покрытий на древесине при аэроионификации. 97

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- А.Б. Шаввич.* Добровольная сертификация – средство содействия конкурентоспособности и удостоверения экологической безопасности продукции предприятий целлюлозно-бумажной промышленности..... 102
- А.В. Вураско, Б.Н. Дрикер, А.Р. Минакова, Э.В. Мертин.* Ресурсосберегающая переработка отходов крупяных и злаковых культур в целях получения технической целлюлозы..... 106
- В.В. Глухих, В.Г. Бурьиндин, О.Ф. Шишилов, Д.П. Трошин, А.П. Быстрикова.* Изучение кинетики отверждения карбамидоформальдегидных связующих методом дифференциальной сканирующей калориметрии..... 114
- Ю.Л. Юрьев, Т.М. Панова, Н.А. Дроздова, К.Ю. Тропина.* Исследование возможности применения древесного угля для стабилизации пива..... 120
- О.М. Подковыркина, В.Г. Бурьиндин, Б.П. Серeda.* Влияние алюмохромфосфатных модификаторов на свойства карбамидоформальдегидных смол и изготавливаемых на их основе древесностружечных плит..... 124

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- Г.А. Прешкин.* Экономическая оценка износа леса как недвижимости..... 128
- Е.С. Папулов, В.А. Бережнов, В.А. Копнов.* Применение проектного подхода к разработке и внедрению системы экологического менеджмента Уральского государственного лесотехнического университета..... 134

МЕТОДИКА И ПРАКТИКА ПРЕПОДАВАНИЯ

- А.П. Панычев, Е.Г. Есюнин, М.В. Шавнина.* Дополнительное образование механиков – неотъемлемое звено системы технического сервиса..... 140

ИСТОРИЯ НАУКИ

- Н.Н. Чернов.* Творческий вклад Е.П. Смолоногова в разработку теоретических основ районирования лесов (к 180-летию уральского лесоустройства)... 143

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

- Ю.А. Варфоломеев, А.Т. Гурьев, Р.А. Алешко.* Методические и технические аспекты космического мониторинга биоповреждения и усыхания еловых лесов..... 149



CONTENTS

FORESTRY

- Z.Ya. Nagimov, V.Z. Nagimov, I.N. Artemieva. Growth Progress of Pine Stands in Lichen Forest Types of Khanty-Mansi Autonomous Area..... 7
- L.I. Atkina, S.V. Vishnyakova, U.A. Safronova. To Question of Using State Category Indicator of Trees in Urban Environment..... 12
- L.G. Babushkina, V.I. Ponomarev, G.I. Klobukov. Formation Principles of Insects Species Composition in Different Zones of Industrial Pollution by Fluoride-containing Pollutants..... 18
- N.V. Shubina, Yu.L. Yurjev, M.V. Vinokurov. Influence of Emissions of Metallurgical Manufacture on Microelement and Pigmentary Structure of Pine Needles..... 25
- I.V. Shevelina, I.F. Korostelev, O.A. Plotnikova A.N. Roslyakov, V.V. Grigorjev. Inventory Peculiarities of Pine Stands of Different Recreational Digression Stages..... 30
- A.E. Morozov, S.V. Zalesov, R.V. Morozova. Efficiency of Applying Different Methods of Oily Soils Reclamation on HMAO-Ugra Territory 36
- G.G. Terekhov, N.A. Lugansky. Influence of Thinning on Lower Storeys' Dynamics and Structure in Spruce Cenoses of Central Ural..... 43
- A.G. Magasumova, N.N. Novoselova, E.S. Zalesova. Thinning in Stands Formed on Former Agricultural Lands..... 52
- D.N. Sarsekova. Natural Reforestation Ability of Coniferous Introducents in the Southeast of Kazakhstan..... 57

WOODEXPLOITATION

- E.F. Gerts, S.V. Zalesov, V.A. Kopnov. Choosing Movement Route of Narrow-cut Forest Harvesters in Open Tree Stand..... 64
- A.A. Dobrachev, A.V. Shvets. Classification and Systematics of Forest Manipulators. 69
- I.N. Kruchinin. Assessment of Sustainable Functioning of Timber Transportation System..... 74
- E.V. Vorobieva. Optimization of Crosscutting of Coniferous Tree-lengths into Thin-short Raw Material..... 79
- S.A. Chudinov, S.I. Buldakov. Theoretical Research of Structure Formation Processes of Clay Soils Stabilized by Portland Cement with Polyelectrolyte Additive..... 82
- V.N. Starzhinsky, D.R. Gagarin. To Calculation of Vibration Fields in Box-type Structures of Forest Equipment..... 88

MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOODSCIENCE

- N.N. Cheremnykh. Scientific-practical Approaches to Problem of Complex Noise Abatement in Sawmilling-Woodworking Productions..... 93
- M.V. Gaseev, E.V. Tikhonova. Study of Filming Process of Polyurethane Paint-and-lacquer Coating under Aeroionification..... 97

CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD

- A.B. *Shaevich*. Voluntary Certification as Means of Promoting Competitiveness and Ensuring Environmental Safety of Pulp-and-paper Industry Products..... 102
- A.V. *Vurasko, B.N. Driker, A.R. Minakova, E.V. Mertin*. Resource-saving Processing of Cereals Wastes for Producing Pulp..... 106
- V.V. *Glukhikh, V.G. Buryndin, O.F. Shishlov, D.P. Troshin, A.P. Bystrikova*. Study of Hardening Kinetics of Carbamide-formaldehyde Adhesives by Method of Differential Scanning Calorimetry..... 114
- Yu.L. *Yuriev, T.M. Panova, N.A. Drozdova, K.Yu. Tropina*. Study of Possibility of Applying Charcoals for Beer Stabilization..... 120
- O.M. *Podkovyrkina, V.G. Buryndin, B.P. Sereda*. Effect of Allumochromphosphate Modifiers on Properties of Carbamide-formaldehyde Resins and Wood Particle Boards Produced on their Basis..... 124

ECONOMICS AND MANAGEMENT

- G.A. *Preshkin*. Economic Evaluation of Forest Estate Depreciation..... 128
- E.S. *Papulov, V.A. Berezhnov, V.A. Kopnov*. Use of Project Approach to Development of Ecological Management System at Ural State Forest Engineering University... 134

METHODS AND PRACTICAL EXPERIENCE OF TEACHING

- A.P. *Panychev, E.G. Esyunin, M.V. Shavnina*. Additional Education of Mechanical Engineers – Integral Part of Technical Maintenance System..... 140

HISTORY OF SCIENCE

- N.N. *Chernov*. Creative Contribution of E.P. Smolonogov into Development of Theoretical Foundations of Forest Zoning (by 180-th anniversary of the Ural Forest Organization)..... 143

SUMMARIES AND EXCHANGE OF TEACHING

- Yu.A. *Varfolomeev, A.T. Guriev, R.A. Aleshko*. Methodical and Technical Aspects of Space Monitoring of Biodeterioration and Drying of Spruce Forests..... 149



УДК 630*(470.5)

З.Я. Нагимов, В.З. Нагимов, И.Н. Артемьева

Нагимов Зуфар Ягфарович родился в 1956 г., окончил в 1979 г. Уральский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой лесной таксации и лесоустройства Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 150 печатных работ по проблемам роста и биологической продуктивности лесов.
E-mail: nagimov@usfeu.ru



Нагимов Валерий Зуфарович родился в 1984 г., окончил в 2007 г. Уральский государственный лесотехнический университет, аспирант УГЛТУ. Имеет 8 печатных работ по проблемам роста и структуры фитомассы лесов.
E-mail: nagimov@usfeu.ru



Артемьева Ирина Николаевна родилась в 1985 г., окончила в 2007 г. Уральский государственный лесотехнический университет, аспирант УГЛТУ. Имеет 6 печатных работ по проблемам роста и структуры фитомассы лесов.
E-mail: nagimov@usfeu.ru

**ХОД РОСТА СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ
В ЛИШАЙНИКОВОМ ТИПЕ ЛЕСА
ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА**

Изучены рост и продуктивность сосновых древостоев в лишайниковом типе леса. Составлены таблицы хода роста, дифференцированные в пределах типа леса по классам бонитета.

Ключевые слова: сосняк лишайниковый, рост, продуктивность, уравнения зависимости, таблицы хода роста.

Эффективность лесохозяйственного производства во многом зависит от степени изученности закономерностей роста и продуктивности лесных насаждений. Совместно с критериями устойчивого управления лесами они составляют теоретические основы лесного хозяйства, в том числе нормативной базы антропогенного воздействия на лесные экосистемы. В настоящее время не во всех регионах страны рост и продуктивность древостоев изучены в достаточной степени. В частности, значительные работы в этом направлении предстоит выполнить на территории Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО), отличающегося широкой амплитудой условий

местопроизрастания лесов. Лесные предприятия округа не располагают всеми необходимыми нормативно-справочными материалами по учету и оценке лесной продукции, особенно в лишайниковом типе леса. Между тем этот тип леса резко отличается по экологическому и морфологическому облику, формированию растительного покрова, в котором значительную роль играют периодически повторяющиеся лесные пожары.

Наши исследования выполнялись на территории Аганского и Мегионского лесничеств ХМАО в пределах Сибирско-Увальской ландшафтной области. Согласно схеме зонального расчленения Западно-Сибирской равнины Г.В. Крылова и А.Г. Крылова [3] район исследований находится в северной подзоне таежной зоны. В структуре его лесного фонда значительна доля сосняков лишайниковых. Исследования проводили в наиболее распространенных здесь (типичных) древостоях. Экспериментальным материалом послужили данные 24 пробных площадей, заложенных в чистых, одновозрастных сосновых насаждениях I–VII классов возраста с относительной полнотой от 0,53 до 0,82 в соответствии с ОСТ 56-69–83 [5]. На всех пробах выполняли сплошной пересчет деревьев по породам, ступеням толщины и классам роста и развития по Крафту. На трех постоянных пробных площадях произведены повторные обмеры. Модельные деревья отбирали способом пропорционального ступенчатого представительства. В общей сложности срублено и обмерено 220 модельных деревьев. Таксационные показатели модельных деревьев и древостоев определяли общепринятыми в лесной таксации методами.

Логическим итогом исследований роста и продуктивности древостоев, как правило, являются составленные таблицы хода роста (ТХР). Анализ экспериментального материала показал, что сосняки лишайниковые в районе исследований растут по V и Va классам бонитета. Несмотря на то, что разброс средних высот исследуемых сосняков ограничивается более узкими рамками, чем у древостоев V и Va классов бонитета по шкале М.М. Орлова, представляется целесообразной разработка ТХР в лишайниковом типе леса отдельно по классам бонитета.

Необходимым требованием при составлении ТХР является принадлежность древостоев к одному естественному ряду роста и развития. Этот вопрос мы решали с учетом рекомендаций Г.С. Разина [6] с некоторыми изменениями [4]. В пределах исследуемого типа леса исходные материалы были сгруппированы по общности классов бонитета. В их пределах из дальнейшей обработки исключали пробные площади, у которых видовая высота отклонялась от выровненной средней более чем на 10 % в молодняках и на 7 % в насаждениях более старшего возраста. Попытка деления древостоев одного класса бонитета на классы по густоте оказалась неудачной. Это, в первую очередь, связано с незначительными колебаниями густоты исследуемых древостоев при одинаковом возрасте. В районе исследований древостои в лишайниковом типе леса на всем протяжении роста и развития, как правило, характеризуются сравнительно небольшой густотой и полнотой.

Таблица 1

**Характеристика уравнений зависимости таксационных показателей
древостоев от их возраста**

Таксационный показатель	Значения коэффициентов (числитель) и критериев Стьюдента (знаменатель)				R^2	δ	№ уравнения
	a_0	a_1	a_2	a_3			
Класс бонитета V							
Высота, м	$\frac{0,579620}{1,79}$	$\frac{0,148539}{4,40}$	$\frac{-0,000399}{2,69}$	–	0,968	0,76	(1)
Диаметр, см	$\frac{-0,522877}{3,03}$	$\frac{0,117505}{2,59}$	$\frac{0,001234}{3,40}$	$\frac{-0,000007}{3,50}$	0,969	1,19	(2)
Сумма площадей сечений, м ² /га	$\frac{1,408910}{3,58}$	$\frac{0,232501}{2,77}$	$\frac{-0,000855}{2,39}$	–	0,839	2,60	(3)
Класс бонитета Va							
Высота, м	$\frac{-0,476823}{2,67}$	$\frac{0,118829}{4,44}$	$\frac{-0,000199}{2,20}$	–	0,956	0,79	(4)
Диаметр, см	$\frac{-0,446553}{1,68}$	$\frac{0,063023}{1,66}$	$\frac{0,001129}{2,22}$	$\frac{-0,000005}{2,22}$	0,952	1,43	(5)
Сумма площадей сечений, м ² /га	$\frac{-1,828520}{1,42}$	$\frac{0,248093}{2,94}$	$\frac{-0,000851}{2,58}$	–	0,817	2,70	(6)

При разработке ТХР на первом этапе исследовали зависимость средних высоты, диаметра и сумм площадей сечений древостоев от их среднего возраста. Эту работу выполняли средствами статистико-графической системы STATGRAPHICS Plus for Windows. Для оценки разрабатываемых уравнений вычисляли коэффициент детерминации (R^2), стандартную ошибку (δ) и достоверность коэффициентов по критерию Стьюдента (t). При описании указанных связей лучшие результаты обеспечили уравнения полиномиальной регрессии вида

$$Y = a_0 + a_1X^1 + a_2X^2 + \dots + a_nX^n.$$

Полученные отдельно по классам бонитета показатели уравнений приведены в табл. 1.

Анализируя данные таблицы, следует отметить, что в абсолютном большинстве случаев коэффициенты регрессии значимы на 5 %-м уровне. Все уравнения характеризуются сравнительно низкими для указанных зависимостей ошибками. Коэффициенты детерминации свидетельствуют о правильности подобранных для аппроксимации линий. При описании возрастной динамики высот и сумм площадей сечений вполне надежные результаты обеспечивает полиномиальное уравнение второй степени, а зависимость диаметров от возраста более точно передается полиномом третьей степени.

Известно, что при выявлении динамики запасов наиболее удобным расчетным приемом является использование средних видовых высот (HF), исключающее применение сложных эмпирических зависимостей. Многие исследователи видовую высоту определяют в зависимости от высоты древостоев (H), признавая прямолинейный характер связи между этими показателями [1, 2]. На нашем экспериментальном материале подтверждается прямолинейность зависимости видовой высоты от высоты древостоев, а влияние классов бонитета не обнаруживается. В результате обработки соответствующих данных по всем пробным площадям получено общее для исследуемого типа леса уравнение

$$HF = 1,22962 + 0,444356H. \quad (7)$$

Это уравнение характеризуется сравнительно небольшой стандартной ошибкой (0,08 м) и высоким коэффициентом детерминации (0,975). Оба коэффициента уравнения значимы на 5 %-м уровне. В целом статистические показатели уравнения свидетельствуют об его высокой адекватности реальным процессам изменения видовой высоты древостоев в исследуемых сосняках.

При составлении ТХР вначале по заданным значениям возраста на основе уравнений (1) – (6) отдельно по классам бонитета определяли средние диаметр, высоту и сумму площадей сечений, а затем по уравнению (7) – видовые высоты. При определении других таксационных показателей использовали известные в лесной таксации методические приемы. Фрагмент ТХР, разработанных по изложенной методике, приведен в табл. 2.

Таблица 2

Ход роста сосновых древостоев в лишайниковом типе леса

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Густота, шт./га	Абсолютная полнота, м ² /га	Видовое число	Запас, м ³ /га	Изменение запаса, м ³ /га	
							среднее	текущее
Класс бонитета V								
20	3,4	2,3	13 774	5,72	0,809	16	0,80	–
40	6,0	5,7	3662	9,34	0,652	37	0,92	1,05
60	8,4	9,5	1733	12,28	0,592	61	1,02	1,20
80	10,5	13,2	1063	14,54	0,563	86	1,08	1,25
100	12,4	16,6	745	16,11	0,544	109	1,09	1,15
120	14,1	19,2	587	16,99	0,531	127	1,06	0,90
140	15,5	20,9	502	17,20	0,523	139	1,00	0,60
Класс бонитета Va								
20	1,8	1,3	26 005	3,45	1,133	7	0,35	–
40	4,0	3,6	6881	7,00	0,748	21	0,53	0,70
60	5,9	6,3	3206	9,99	0,656	39	0,65	0,90
80	7,8	9,3	1851	12,57	0,600	59	0,74	1,00
100	9,4	12,2	1238	14,47	0,577	78	0,78	0,95
120	10,9	14,8	912	15,69	0,558	95	0,79	0,85
140	12,3	16,9	724	16,23	0,543	108	0,77	0,65

Данные табл. 2 свидетельствуют о том, что ход роста сосновых древостоев в лишайниковом типе леса следует оценивать дифференцированно по классам бонитета. Различия между древостоями V и Va классов бонитета в пользу первых составляют: по диаметру 19,1...36,8, высоте 20,6...33,3, запасу 22,3...43,0 %. С возрастом они закономерно снижаются.

На всем протяжении роста и развития сосняки лишайниковые отличаются очень низкой густотой. Так, в средневозрастных, приспевающих и спелых древостоях V класса бонитета она в 1,62–1,87 раза ниже, чем у нормальных древостоев по ТХР А.В. Тюрина [8]. Различия по Va классу бонитета еще выше (в 1,72–2,05 раза). Для исследуемых древостоев характерна поздняя кульминация текущего (в 65 и 75 лет в древостоях соответственно V и Va классов бонитета) и среднего (в 90 и 110 лет) приростов по запасу. Абсолютные приросты по запасу при прочих равных условиях в среднем в 2 раза ниже, чем в сравниваемых таблицах. Возраст количественной спелости сосняков лишайниковых существенно (на 20...30 лет) выше, чем у древостоев тех же классов бонитета по А.В. Тюрину.

В специальной литературе нам удалось обнаружить лишь одну работу с ТХР для модальных сосняков лишайникового типа леса подзоны северной тайги [7]. Эта таблица составлена без учета классов бонитета на экспериментальном материале 10 тренировочных пробных площадей, заложенных на значительном удалении к западу от района наших исследований. Сопоставление данных позволяет отметить, что основные таксационные показатели (средняя высота, средний диаметр и запас) из сравниваемой таблицы более близки к показателям древостоев V класса бонитета. Однако различия и здесь довольно значительны. Так, древостои V класса бонитета из нашей таблицы при одинаковом возрасте отличаются большими высотой (на 1,6...23,2 %) и диаметром (на 1,8...28,2 %). По запасу различия существенны (свыше 20 %) только до 40-летнего возраста, а в дальнейшем не превышают 10 %. Высота, диаметр и запас древостоев Va класса бонитета из нашей таблицы при одинаковом возрасте заметно ниже (соответственно на 5,5...33,3; 3,2...55,5 и 18,5...69,2 %). Есть существенные различия и по другим таксационным показателям. Таким образом, ТХР, составленная в целом для лишайникового типа леса, не может обеспечить необходимой точности при оценке роста и продуктивности древостоев.

Приведенные материалы свидетельствуют, что сосновые древостои в лишайниковом типе леса следует рассматривать как специфический объект, где применение лесотаксационных нормативов, составленных для других районов и типов леса, не всегда корректно. Ход роста древостоев в этом типе леса определяется, в первую очередь, низкой первоначальной и текущей густотой древостоев. Значительную роль в формировании таких древостоев играют периодически повторяющиеся лесные пожары. Лесорастительные условия в лишайниковом типе леса обеспечивают формирование сосняков V и Va классов бонитета. Разработанные с учетом классов бонитета ТХР позволяют существенно повысить точность лесооценочных работ и эффективность проектирования лесохозяйственных мероприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вагин В.А. Моделирование роста еловых древостоев и проектирование проходных рубок: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – М., 1993. – 24 с.
2. Гусев И.И. Научные основы таксации еловых древостоев Европейского Севера: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – М., 1978. – 37 с.
3. Крылов Г.В., Крылов А.Г. Леса Западной Сибири // Леса СССР. – М.: Наука, 1969. – С. 157–247.
4. Нормативно-справочные материалы по таксации лесов Урала: учеб. пособие / З.Я. Нагимов [и др.] // Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2003. – 296 с.
5. ОСТ 56-69–83. Пробные площади лесоустроительные. Метод закладки. – М., 1983. – 23 с.
6. Разин Г.С. Изучение и моделирование хода роста древостоев (на примере ельников Пермской области). – Л.: ЛенНИИЛХ, 1977. – 43 с.
7. Справочные таблицы для таксации лесов северной и средней тайги Западной Сибири. – Свердловск: УФ АН СССР, 1970. – 100 с.
8. Тюрин А.В. Нормальная производительность насаждений сосны, березы, осины, ели. – М.; Л.: Сельхозгиз, 1931. – 198 с.

Z.Ya. Nagimov, V.Z. Nagimov, I.N. Artemieva
Ural State Forest Engineering University

Growth Progress of Pine Stands in Lichen Forest Types of Khanty-Mansi Autonomous Area

Growth and pine stands productivity are studied in the lichen forest type. The tables of the growth progress differentiated according to the locality quality class within the forest type are made.

Keywords: lichen pine stand, growth, productivity, dependence equations, growth progress tables.

УДК 630*907.2

Л.И. Аткина, С.В. Вишнякова, У.А. Сафронова

Аткина Людмила Ивановна родилась в 1957 г., окончила в 1980 г. Уральский государственный университет, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры ландшафтного строительства Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет около 80 печатных работ по вопросам состояния и развития насаждений в естественных условиях и в городской среде.
E-mail: Atkina@mail.ru



Вишнякова Светлана Вячеславовна родилась в 1970 г., окончила в 1993 г. Уральскую государственную лесотехническую академию, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры ландшафтного строительства Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет 12 печатных работ в области фитомониторинга.
E-mail: SVVish@rambler.ru



Сафронова Ульяна Александровна родилась в 1986 г., окончила в 2008 г. Уральский государственный лесотехнический университет, аспирант кафедры ландшафтного строительства УГЛТУ. Имеет 2 печатные работы в области декоративной дендрологии.
Тел.: 8(343) 262-97-84



К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ КАТЕГОРИИ СОСТОЯНИЯ ДЕРЕВЬЕВ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ

На примере двух видов – черемухи Маака и ели сибирской – установлено, что показатель санитарного состояния может значительно колебаться по годам в зависимости от погодных условий и ухода за растениями, поэтому пригоден лишь для предварительной оценки насаждений.

Ключевые слова: санитарное состояние, категории, черемуха Маака, ель сибирская.

Показатель категории состояния деревьев широко используется в практике для оценки качества посадок при фитомониторинге и разработки мероприятий по их реконструкции [2, 5, 6]. Для составления полной картины состояния городских насаждений проводится инвентаризация, объект за объектом, улица за улицей. Этот процесс очень трудоемок и зачастую длится годами. Все получаемые данные сводятся в один реестр и используются для анализа общего состояния насаждений обследованной территории; либо рассматривается динамика состояния отдельных объектов за несколько лет и делается вывод об изменении ситуации. Для более масштабных исследований привлекаются сразу несколько организаций. В Екатеринбурге этой темой занимались Ботанический сад УрО РАН, Институт экологии животных и растений и Уральский государственный лесотехнический университет. В Москве были привлечены ученые из Московского университета леса, Академии коммунального хозяйства, Главного ботанического сада РАН, Института лесоведения РАН.

Возникают опасения, что при сведении в один реестр информации за несколько лет данные, зафиксированные в начале исследования, к моменту

подведения итогов могут устареть. В результате теряется достоверность общей картины. Сведение данных, полученных большим числом исследователей, каждый из которых имеет субъективное восприятие визуальных характеристик деревьев, также не повышает достоверности информации.

Так, например, «Мосэкомониторинг» в отчетах указывает, что количество растений категории «без признаков ослабления» увеличилось за несколько лет на 6 %, считая это положительной динамикой [4]. Для того чтобы перевести растения в другую категорию состояния, ее балл должен измениться на 0,5.

Закономерен вопрос об объективности данных, полученных на основе визуальных методов оценки состояния деревьев разными специалистами в разные годы. Для ответа на поставленный вопрос нами проанализированы результаты наблюдений за изменениями в состоянии деревьев двух видов – черемухи Маака и ели сибирской, произрастающих в уличных посадках Екатеринбурга.

Черемуха Маака. Объектами исследования были выбраны рядовые и групповые посадки возраста 10...15 и 35...40 лет, произрастающие в условиях, различных по степени рекреационной нагрузки. Санитарное состояние деревьев определялось визуально одним исследователем, ежегодно с 15 августа по 15 сентября. Категория состояния оценивалась по стандартной 6-балльной шкале, где балл 1 – здоровое дерево, 6 – старый сухостой [5]. Одновременно при каждом обследовании фиксировались факторы, которые могли бы оказывать какое-либо существенное влияние на состояние растений. Это строительные или ремонтные работы в непосредственной близости от объекта, мероприятия по уходу за посадками, мытье улиц и т. п.

Результаты, приведенные в табл. 1, позволяют констатировать, что молодые посадки в парке «Зеленая роща», в отсутствие явных вредных воздействий характеризуются стабильно отличным состоянием. На ул. 8 Марта, несмотря на обилие неблагоприятных факторов, в течение трех лет средний балл не превышал 2 (ослабленное), а единственное растение, находившееся в сильно ослабленном состоянии (3 балла), было изначально высажено с нарушениями технологии. Отмечено, что в 2008 г. объект отреагировал общим ухудшением состояния на проведение земляных работ в зоне корней, но после прекращения негативного воздействия в 2009 г. деревья восстановились от полученных повреждений и средний балл улучшился даже в неблагоприятных условиях.

Рядовая посадка на бульваре Малахова ежегодно имеет наибольший средний балл санитарного состояния, которое резко ухудшилось в первый год существования объекта. К началу исследования в 2007 г. несколько деревьев уже погибли и были заменены. В целом за период наблюдений состояние объекта менялось разнонаправленно: в 2008 г. значительно улучшилось, а в 2009 г. резко ухудшилось (отпали три дерева, или 7 % от общего числа).

Таблица 1

Средние показатели состояния посадок черемухи Маака

Объект	Число деревьев	Балл состояния			V, %			P, %		
		2007	2008	2009	2007	2008	2009	2007	2008	2009
Посадки 10...15 лет										
Ул. 8 Марта	11	1,4	1,8	1,6	37,0	33,2	41,7	11,2	10,0	12,6
Парк «Зеленая роща»	19	1,2	1,0	1,0	33,4	11,8	0	3,8	1,4	0
Бульвар Малахова	43	2,3	1,9	2,6	39,3	52,2	45,7	4,5	6,0	5,2
Посадки 35...40 лет										
Ул. Большакова	17	2,4	2,0	1,7	33,0	44,4	52,1	8,0	10,8	12,6
Ул. Белореченская	36	2,4	2,6	2,7	35,9	39,4	39,3	6,0	6,6	6,6
Пер. Встречный	76	2,0	2,0	2,7	51,1	42,3	22,3	5,9	4,8	2,6

Средний балл состояния, рассчитанный по всем объектам, где произрастают молодые деревья, в 2007, 2008 и 2009 гг. составил 2,1; 2,0 и 2,3 балла соответственно.

Объекты из взрослых деревьев (35...40 лет) располагаются близко к проезжей части улиц с интенсивным движением автотранспорта. Рядовые посадки по ул. Белореченской и пер. Встречному произрастают в очень неблагоприятных условиях, поскольку расстояние от деревьев до проезжей части не превышает 5 м, в результате чего пыль с дороги и выхлопные газы автомобилей оседают на листьях. В наибольшей степени это относится к однорядной посадке на ул. Белореченской. Пер. Встречный оформлен двухрядной посадкой черемухи Маака, что способствует защите части деревьев от негативного влияния проезжей части, хотя и увеличивает конкуренцию за элементы почвенного питания. В 2007 и 2008 гг. состояние этого объекта в среднем характеризовалось баллом 2 (ослабленное). Часть деревьев на данном объекте была высажена непосредственно над подземной сетью канализации. В результате при замене канализационных труб в 2009 г. были повреждены корневые системы и состояние объекта ухудшилось до 2,7 балла.

Групповые посадки по ул. Большакова также подвергаются прямому воздействию загрязнения от проезжей части, расстояние до которой не превышает 20 м. В 2007 г. средний балл состояния данного объекта был равен 2,4. Летом 2008 и 2009 гг. проезжую часть улицы мыли практически ежедневно, что уменьшило негативное влияние выхлопов и пыли, и состояние деревьев заметно улучшилось.

Таким образом, состояние отдельных деревьев и целых объектов озеленения может меняться достаточно быстро (в пределах 1-2 лет) под влиянием различных факторов, в результате данные однократной визуальной оценки требуют периодического уточнения (повторного обследования).

Балл санитарного состояния посадок черемухи Маака в Екатеринбурге нестабилен, независимо от возраста посадок и степени

загрязнения, за три года наблюдений по отдельным объектам изменялся от 0,2 до 0,7, что необходимо учитывать при сравнении данных разных лет.

Если рассмотреть показатели, по которым определяется категория состояния (табл. 2), то можно увидеть, что три из них (состояние листы, густота и форма кроны, прирост текущего года) могут различаться по годам, поскольку отражают кратковременную реакцию деревьев на изменение окружающей среды (погодные условия, уход, ремонтные работы).

У лиственных деревьев эти показатели подвержены влиянию множества локальных факторов даже в пределах одной посадки. Отражая только текущее состояние, они не всегда пригодны для прогнозирования изменений под влиянием постепенно ухудшающейся ситуации.

Ель сибирская. По наблюдениям за хвойными видами за три года (4 объекта, 60 деревьев), видимые изменения в состоянии деревьев не связаны с густотой кроны и повреждениями, да и характеристики хвои, держащейся на ветвях около пяти лет, слабо изменялись [1].

Таблица 2

Показатели определения категории состояния деревьев

Категория состояния	Балл состояния	Состояние листы (хвои)	Густота и форма кроны	Прирост текущего года	Повреждения	Механические повреждения и водяные побеги
Без признаков ослабления	1	Нормальных размеров	Густая, нормальной формы	Нормальный для данного вида и возраста	Единичны или отсутствуют	Отсутствуют
Ослабленные	2	Светлее обычного	Слабо ажурная, около 25 % сухих ветвей	Ослаблен	Возможны признаки поражения	Единичные водяные побеги
Сильно ослабленные	3	Мельче и светлее обычного	Крона изрежена, сухих ветвей 25...50 %	Уменьшен более чем на 50 %	Повреждения болезнями и вредителями	Водяные побеги на стволе и ветвях

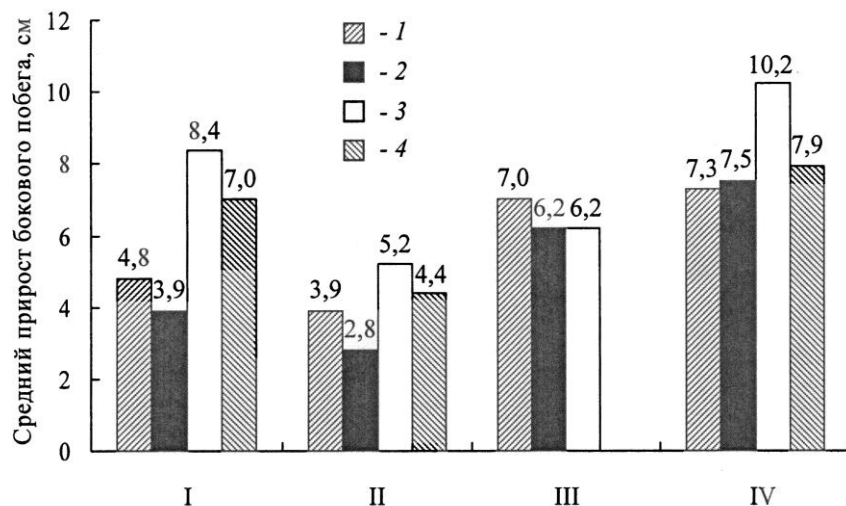
Существенные различия отмечены лишь по приросту побегов текущего года (см. рисунок). Различия в приросте боковой ветви (на высоте около 2 м) по годам колеблются от 15,3 до 46,1 %, наименьшие они на участке в 30...100 м от дороги. Из пяти показателей наиболее чутко на

состояние дерева реагирует прирост текущего года, на основе которого нельзя установить общую тенденцию изменения состояния.

Подобные погодичные колебания показателей состояния отмечали также В.С. Николаевский и Х.Г. Якубов [3]. Исследовав результаты инвентаризации городских посадок (Москва) девяти видов древесных растений в течение 3...4 лет, они предположили, что изменения балла состояния у деревьев на одном объекте на 1,3...2,8 вызваны погодными условиями. Нами рассмотрены только два вида древесных растений, но мы уверены, что это лишь один из факторов, влияющих на колебание показателя категории состояния деревьев в сложной урбанизированной среде.

Основная цель оценки категорий состояния – выявление влияния любых воздействий (естественные и антропогенные) на посадки, что позволит сохранить растения для выполнения ими важнейших для города экологических и эстетических функций. По нашему мнению, показатель состояния растений (синонимы: балл санитарного состояния, категория состояния, жизнённость, жизнеспособность) не совсем соответствует поставленной задаче, поскольку он основан на субъективных визуальных оценках, зависящих от квалификации исследователя и погодных условий на момент инвентаризации; отражает кратковременную реакцию на изменение погодных условий, окружающей городской застройки и уход коммунальных служб, что проявляется в нестабильности показателя год от года.

Категория состояния может быть достоверна только при определенном стечении обстоятельств (один исследователь, одинаковые оптические условия проведения визуальных описаний, один сезон). Она пригодна только для предварительных характеристик насаждений в целях подбора объектов для углубленного изучения, например с применением методик дендрохронологического анализа.



Годичный прирост бокового побега второго порядка ели сибирской (возраст 41...50 лет) в разные годы наблюдений: I – участок № 17 (до 15 м от дороги); II – участок № 22 (до 30 м от дороги); III – участок № 19 (более 30 м от дороги); IV – участок № 80 (парк – более 100 м от дороги); 1 – 2004 г.; 2 – 2005 г.; 3 – 2006 г.; 4 – 2007 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вишнякова С.В.* Лесоводственно-экологические особенности видов темнохвойных в посадках г. Екатеринбурга: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Екатеринбург, 2009. – 24 с.
2. Методика мониторинга состояния зеленых насаждений общего пользования на территории Санкт-Петербурга (от 26.06.2007 N 139-ос). [Электронный ресурс]. Официальный сайт администрации г. Санкт-Петербург. www.gov.spb.ru.
3. *Николаевский В.С., Якубов Х.Г.* Экологический мониторинг зеленых насаждений в крупном городе. Методы исследований: практ. пособие. – М.: МГУЛ, 2008. – 67 с.
4. Официальный сайт государственного природоохранного учреждения «Мосэкомониторинг» (ГПУ «Мосэкомониторинг») [Электронный ресурс] mosecom.ru.
5. Оценка жизнеспособности деревьев и правила их отбора и назначения к вырубке и пересадке: методич. указания для студентов специальности 260500 по дисциплине «Защита растений» / Е.Г. Мозолевская [и др.]. – М.: МГУЛ, 2003. – 40 с.
6. Правила создания, содержания и охраны зеленых насаждений города Москвы (от 25.12.2007) [Электронный ресурс] www.garant.ru/hotlaw/moscow.

L.I. Atkina, S.V. Vishnyakova, U.A. Safronova
Ural State Forest Engineering University

To Question of Using State Category Indicator of Trees in Urban Environment

Based on the example of two species – bird cherry Maaka and Siberian spruce – it is established that the sanitary state indicator may considerably vary from year to year depending on weather conditions and tree management that's why such indicator is suitable only for the preliminary stand assessment.

Keywords: sanitary state, category, bird cherry Maaka, Siberian spruce.

УДК 630*4:504.33

Л.Г. Бабушкина, В.И. Пономарев, Г.И. Клобуков

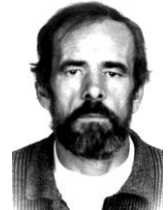
Бабушкина Люция Георгиевна родилась в 1934 г., окончила в 1957 г. Уральский государственный университет, доктор биологических наук, профессор кафедры лесоводства Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет около 260 печатных работ в области лесной фитопатологии, патофизиологии растений.

Тел.: 8(343) 62-01-42



Пономарев Василий Иванович родился в 1957 г., окончил в 1984 г. Уральский государственный университет, доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией лесовосстановления, защиты леса и лесопользования Ботанического сада УрО РАН. Имеет более 70 печатных работ в области лесной энтомологии.

E-mail: v_i_ponomarev@mail.ru



Клобуков Георгий Игоревич родился в 1983 г., окончил в 2006 г. Уральский государственный педагогический университет, инженер лаборатории лесовосстановления, защиты леса и лесопользования Ботанического сада УрО РАН. Имеет 4 печатные работы в области лесной энтомологии.

e-mail: klobukov_g_i@mail.ru



**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ
ВИДОВОГО СОСТАВА НАСЕКОМЫХ
В РАЗНЫХ ЗОНАХ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ
ФТОРСОДЕРЖАЩИМИ ПОЛЛЮТАНТАМИ**

Рассмотрено изменение видового состава энтомофауны в районе действия выбросов Полевского криолитового завода, а также видового состава хвоегрызущих насекомых в зависимости от расстояния до источника эмиссии. Предложено использование фенологических групп филофагов как биоиндикаторов фтористого загрязнения.

Ключевые слова: фтористые эмиссии, фауна беспозвоночных, биоиндикация.

Насекомые являются неотъемлемой частью биоценозов. Выполняя различные функции, они принимают непосредственное участие в поддержании стабильности природных сообществ. Определение разнообразия и численности различных групп насекомых может служить признаком изменения состояния биоценоза под действием внешних факторов, в том числе техногенного загрязнения промышленными поллютантами.

Фторсодержащие эмиссии, сопутствующие алюминиевому производству, – один из наиболее токсичных типов промышленного загрязнения, повреждающий растительность на больших площадях. Их атмосферные выбросы из-за слабой вовлеченности в обменные процессы аккумулируются в растительных клетках. Накапливаясь в ассимиляционном аппарате расте-

ний, компоненты этих выбросов оказывают влияние на состояние как растений, так и других составляющих биоценоза, переходя на следующие уровни трофической цепи. В первую очередь отравляющему воздействию фторидов подвергаются фитофаги.

Одно из первых исследований влияния фторидов на фаунистический состав биоценозов было посвящено роли насекомых в древостоях, ослабленных токсичными выбросами алюминиевых заводов [3]. Не обнаружив аномалий в биологическом цикле насекомых, авторы пришли к выводу, что загазованность не оказывает на них прямого влияния, а ослабление леса вызывает возникновение очагов и вспышек массового размножения насекомых-фитофагов [2, 13]. А.В. Селиховкин [12] пришел к выводу, что у насекомых-филлофагов имеются адаптивные механизмы по выведению фтора из организма, способствующие снижению токсического эффекта от поллютанта. О.А. Катаев с соавторами [7] высказали мнение, что фтористые выбросы отличаются большой токсичностью для насекомых. Поэтому, несмотря на достаточность кормовой базы, обилие ослабленных отмирающих деревьев, они не дают вспышек массового размножения. Эти противоречия легко разрешаются, если принять во внимание, что в непосредственной близости от источника загрязнения преобладает токсичный эффект фтористых выбросов и массового размножения насекомых-ксилофагов не происходит [7]. Благоприятные условия для развития насекомых складываются на некотором удалении от источника эмиссии, где фтористые выбросы ослабляют деревья, не оказывая отрицательного влияния на фитофагов. Поэтому с ростом концентрации фтора численность насекомых вначале увеличивается, а затем снижается. Максимум их вредоносности приходится на зоны со средним содержанием фтора в растениях [18].

Комплексные исследования по изучению экологических последствий выбросов фтора показали бедность видового состава насекомых березняков, подверженных воздействию газообразных фтористых соединений [5, 11, 14]. В то же время отмечается массовое размножение отдельных видов скрытно живущих насекомых (галлообразователи, ксилофаги и др.).

Таким образом, следует признать, что информация об экологических последствиях техногенных выбросов фтора на насекомых недостаточна и требуется дальнейшее изучение.

Исследования проводились в 1986–1988 гг. в районе Полевского криолитового завода (ПКЗ) на постоянных пробных площадях (ППП) с целью изучить видовой состав насекомых, в том числе хвоегрызущих, соотношение трофических групп.

Пробные площади закладывали на разном удалении от источника эмиссии. ППП № 1 и 2, находящиеся в зоне сильной загазованности, непосредственно примыкающей к заводу (0,5...1,0 и 1,5 км соответственно). Это своеобразный «бэдленд», где пятна растительности перемежаются с голыми участками выброшенной породы, лишенной напочвенного покрова.

В зоне умеренного воздействия поллютанта заложены две пробные площадки в различных типах фитоценоза, отражающих разнообразие биотопов зоны средней загазованности. ППП № 3 и 4 удалены от источника эмис-

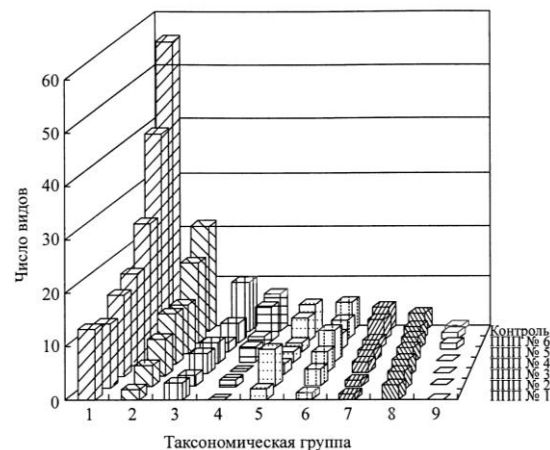
сии на 2,0...2,5 и 3,0...3,5 км соответственно. Они представлены лесными культурами сосны и лугвиной; травостой и подстилка хорошо развиты.

Две учетные площадки ППП № 5 и 6, находившиеся в культурах сосны 15–20-летнего возраста, заложены в зоне слабого воздействия поллютантов, на расстоянии от источника эмиссии соответственно 7 и 15 км; подстилка и луговая растительность хорошо развиты.

Условно контрольная ППП расположена в 26 км от ПКЗ, в направлении, противоположном от зоны господствующих ветров, за пос. Полдневая. Обследованы участки с посадками сосны и естественными насаждениями, лугвины и подлесок – аналоги пробных площадей исследуемого района.

Учет насекомых в различных зонах действия фтористых выбросов выполняли по общепринятым методикам полевого изучения наземных беспозвоночных [15, 16]. Для исследования почвенной мезофауны (личинки и куколки многих насекомых) использован метод послойных раскопок ям размером 0,5×0,5×0,3 м. На пробных площадях с хорошо развитой подстилкой учет производили с площадок 1...2 м². На поверхности почвы насекомых собирали с помощью ловушек. На учетной площадке каждого из выбранных биотопов в одну линию на расстоянии 10 м друг от друга устанавливали по 10 почвенных ловушек (пластмассовых воронок). Для учета на поверхности земли и растительном покрове проводили кошение стандартным энтомологическим сачком (50 двойных взмахов в каждом биотопе, учет выполняли еженедельно в течение вегетационного периода) и сбор беспозвоночных с цветов, кустарников и деревьев на маршрутных исследованиях.

Число видов беспозвоночных на пробных площадях по таксономическим группам: 1 – жесткокрылые (Coleoptera); 2 – чешуекрылые (Lepidoptera); 3 – перепончатокрылые (Hymenoptera); 4 – двукрылые (Diptera); 5 – стрекозы; 6 – полужесткокрылые (Heteroptera); 7 – равнокрылые (Homoptera); 8 – прямокрылые (Orthoptera); 9 – сетчатокрылые (Neuroptera)



Для оценки таксономического разнообразия насекомых собирали на ППП в районе ПКЗ методом модельных деревьев, способом околата [10]. Численность хвоегрызущих насекомых определяли методом учета зимующих и окукливающихся в подстилке и почве, способом простого случайного отбора учетных площадок (общая площадь 100 м² в каждой зоне) [6]. В дальнейшем их взвешивали и определяли таксономический состав.

В результате исследования в сосновых лесах окрестностей Полевского криолитового завода выявлено 138 видов насекомых. Доминирующими по обилию являются представители отряда жесткокрылых (42,6 % от

общего числа видов). Другие встречаются реже: чешуекрылые – 17,4, перепончатокрылые – 9,1, двукрылые – 6,6 %. Данные о систематической структуре насекомых на исследованных площадях отражены на рисунке.

Проведенные эколого-фаунистические исследования на загрязненных фтористыми соединениями лесных территориях показали резкое снижение числа видов и численности основных групп насекомых в зонах сильной и средней загазованности. Относительно богатая энтомофауна сохранилась в зоне слабой загазованности, незначительно отличающейся от условно контрольной. Резкое сокращение числа видов и их обилия касается, в первую очередь, хищных наземных насекомых (жужелицы, стафилины и др.). При этом в непосредственной близости к заводу формируется упрощенный по систематической структуре энтомофаунистический комплекс, включающий в себя лишь несколько видов насекомых (пенницы, муравьи, кобылки), численность которых значительна по сравнению с другими видами. Устойчивыми к токсическому действию фтора оказались муравьи, которые обитают на всех пробных площадях. Так, в зоне сильной и средней загазованности муравьи устраивают свои гнезда в почве и под камнями. В зоне слабой загазованности и на условном контроле отмечено 4 вида муравьев, численность которых обычна для ненарушенных биоценозов. На удалении 3...7 км в массе появляются насекомые травянистого яруса: восковики, бронзовки, хлебные пилильщики, странгалии, лептуры, различные чешуекрылые. На удалении 7...15 км от источника загрязнения энтомофауна существенно не отличалась по составу и численности от фауны на условно контрольной ППП.

В качестве биоиндикатора фтористого загрязнения можно предложить разные фенологические группы хвое- и листогрызущих насекомых. Согласно проведенным исследованиям, по мере удаления от источника загрязнения возрастает число видов хвоегрызущих насекомых. В районе ПКЗ они представлены двумя отрядами: чешуекрылых (Lepidoptera) и перепончатокрылых (Hymenoptera). Наиболее часто на всех ППП встречаются сосновая пяденица (*Bupalis piniarius* L.) и сосновый бражник (*Sphinx pinastri* L.), относящиеся к летне-осенней фенологической группе по времени питания личинок. Сосновая совка (*Panolis flammea* Den. et Schiff.) встречается на удалении 15 и 26 км, совка сосновых всходов (*Agrotis vestigialis* Rott.) обнаружена только на расстоянии 26 км, как и звездчатый ткач-пилильщик (*Lyda memoralis* Thom.), бледноногий сосновый пилильщик (*Microdiprion pallipes* Fall.) – на 7,0...7,5 и 26 км, сосновый зеленоватый пилильщик (*Gilpinia frutetorum* F.) и изменчивый сосновый пилильщик (*G. variegata* Htg.) – только в 26 км от источника загрязнения. Эти виды относятся к весенне-летней фенологической группе. При этом полученные различия не связаны с фазами динамики плотности этих групп в фоновых насаждениях. В Свердловской области в период исследований (1987–1988 гг.) отмечалось увеличение плотности весенне-летних и снижение – летне-осенних видов лесных насекомых-филлофагов [4]. На это указывает и низкая плотность их зимующей фазы (см. таблицу) даже в контрольной зоне.

Видовой состав и количественные характеристики хвоегрызущих насекомых на разной удаленности от источника эмиссии

Удаление от ПКЗ, км	Вид	Средняя масса, мг	Соотношение полов самец/самка	Число куколок на 100 м ²
3,0...3,5	Сосновая пяденица	24,1	1:3	4,0
	Сосновый бражник	2186,5	–	1,0
7,0...7,5	Сосновая пяденица	74,6	1:2	3,8
	Сосновый бражник	1055,4	–	1,3
14...15	Сосновая пяденица	82,2	2:1	14,0
	Сосновый бражник	2415,9	1:1	4,0
	Сосновая совка	233,6	1:1	2,0
26	Бледноногий сосновый пилильщик	–	–	1,0
	Сосновая пяденица	79,6	1:1	8,5
	Сосновый бражник	2174,3	1:2	1,5
	Сосновая совка	219,0	–	1,5
	Совка сосновых всходов	134,3	1:1	1,0
	Звездчатый ткач-пилильщик	–	–	1,0
	Сосновый зеленоватый пилильщик	–	–	1,0
	Бледноногий сосновый пилильщик	–	–	1,0
	Изменчивый сосновый пилильщик	–	–	1,0

Как видим, наиболее устойчивы к воздействию фтористых выбросов виды, которых можно отнести к группе летне-осеннего комплекса. По мере удаления от источника эмиссии среди филофагов появляются насекомые с весенне-летним периодом развития, что связано с изменением качества кормового субстрата. Виды весенне-летней группы предпочитают молодую хвою [8], содержащую простые питательные вещества и по механическим качествам более пригодную для потребления молодыми гусеницами. В зоне сильного загрязнения фтористыми соединениями качество хвои падает. Визуальные признаки поражения, такие как побурение кончиков, наблюдаются у трех- и четырехлетней хвои на расстоянии 15 км и более. У более молодой хвои эти признаки проявляются на расстоянии до 7...8 км для двухлетней и 4...5 км для однолетней. На удалении 1,5...2,0 км поражена практически вся хвоя 2 лет и старше.

Весенне-летние виды развиваются и набирают массу быстрее, чем летне-осенние. Высокая скорость роста – признак более интенсивных обменных процессов у весенне-летних видов. Фтор, в свою очередь, как один из активаторов свободнорадикальных процессов [9] способствует усилению перекисного окисления липидов мембран (ПОЛ). При высоком уровне фтора снижается также интенсивность синтеза каротиноидов – экзогенных антиоксидантов, уровень которых особенно низок весной, возрастает летом и резко уменьшается к осени. Но в зонах умеренной и низкой степени загрязнения уровень каротиноидов выше контрольного весной и летом, а к осени также снижается [17]. Наиболее су-

щественно от усиления ПОЛ страдают виды с повышенной скоростью метаболизма вследствие развития неуправляемых свободнорадикальных процессов и невозможности компенсировать их достаточным уровнем антиоксидантов [1]. Это влечет за собой большой процент гибели особей и замедление развития выживших гусениц. Возможно также влияние качества корма. В зоне сильного загрязнения фторидами хвоя значительно грубее и побурение наступает уже у второгодних хвоинок [17]. Этим определяется активность потребления корма гусеницами различных фенологических групп, особенно весенне-летней.

Таким образом, результаты нашего исследования подтвердили ранее показанное другими авторами значительное снижение видового состава энтомофауны по мере приближения к источнику эмиссии.

На основании полученных данных можно предположить, что некоторые виды хвое- и листогрызущих насекомых могут служить индикаторами фтористого загрязнения. В особенности это относится к соотношению фенологических групп, выделенных по срокам питания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреева Е.М., Пономарев В.И., Шаталин А.В. Морфофизиологические и трофические характеристики гусениц непарного шелкопряда *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera, Lymantriidae) в зависимости от гидротермических условий и плотности популяции // Энтомологич. обозрение. – 2008. – Т. 87, № 3. – С. 503–513.
2. Анисимова О.А. Особенности формирования экологических комплексов ксилофагов в лесах, ослабленных токсичными выбросами алюминиевых заводов // Роль дендрофильных насекомых в таежных экосистемах: материалы конф. – Дивногорск, 1980. – С. 5–6.
3. Анисимова О.А., Соков М.К. Роль насекомых в древостоях, ослабленных токсичными выбросами алюминиевых заводов // Влияние антропогенных факторов на хвойные леса: материалы конф. – Иркутск, 1975. – С. 64–84.
4. Белоглазов В.А. Организация лесозащиты в Свердловской области // Лесопатологическая обстановка в лесном фонде Уральского региона. – Екатеринбург, 2001. – С. 34–40.
5. Волкова Л.М., Васильева Г.Т. Особенности биохимического состава листьев березы и ее энтомофауны в насаждениях, загазованных выбросами алюминиевых заводов // Роль дендрофильных насекомых в таежных экосистемах: материалы конф. – Дивногорск, 1980. – С. 22–24.
6. Воронцов А.И., Блудов А.В. Наставления по надзору, учету и прогнозу хвое- и листогрызущих насекомых в европейской части РСФСР. – М., 1988. – 86 с.
7. Катаев О.А., Голутвин Г.И., Кондратьев В.П. Развитие стволовых насекомых в загазованных сосняках // Роль дендрофильных насекомых в таежных экосистемах: материалы конф. – Дивногорск, 1980. – С. 60–62.
8. Мешкова В.Л. Сезонное развитие хвоелистогрызущих вредителей леса. – Харьков, 2009. – 49 с.
9. Михайлова Т.А. Физиолого-биохимические изменения у хвойных растений, вызываемые действием фтористого водорода // Изв. СО АН СССР. Сер. Биол. науки. – 1984. – № 18/3. – С. 74–80.
10. Надзор, учет и прогноз массовых размножений хвое- и листогрызущих насекомых / А.И. Ильинский [и др.]. – М., 1965. – 87 с.

11. Некоторые экологические последствия техногенных выбросов фтора / О.Ф. Садыков [и др.] // Проблемы антропогенного воздействия на окружающую среду: материалы конф. – Свердловск, 1985. – С. 43–53.
12. Селиховкин А.В. Динамика накопления фтора насекомыми-филлофагами в условиях эксперимента // Лесоведение. – 1993. – № 6. – С. 51–56.
13. Соков М.К. Влияние фтористых выбросов алюминиевых заводов на состояние хвойных лесов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Красноярск, 1979. – 24 с.
14. Техногенный фтор в лесных экосистемах Урала / Н.М. Любашевский [и др.] // Биохимическая экология и медицина: информац. материалы. – Свердловск, 1985. – Вып. 2. – С. 234–272.
15. Тихомирова А.Л. Учет напочвенных беспозвоночных. Методы почвенно-зоологических исследований. – М., 1975. – С. 73–81.
16. Фасулати К.К. Полевые изучения наземных беспозвоночных. – М., 1971. – 424 с.
17. Экологическое состояние лесных насаждений в зоне фторсодержащих промышленных выбросов / Л.Г. Бабушкина [и др.] // Экология. – 1993. – № 1. – С. 26–35.
18. Carlson C.-E., Bousfield W.E., McGregor M.D. The relationship of insect infestation of lodgepole pine to fluorides emitted from a nearly aluminum plant in Montana // Fluoride. – 1977. – Vol. 10, N 1. – P. 14–21.

L.G. Babushkina, V.I. Ponomarev, G.I. Klobukov

Formation Principles of Insects Species Composition in Different Zones of Industrial Pollution by Fluoride-containing Pollutants

The species composition change of entomofauna in the area effected by Polevsky Cryolite Mill emissions is analyzed as well as species composition of needle-eating insects depending on the distance to the emission source. It is offered to use phenological groups of phyllofags as bioindicators of fluoride pollution.

Keywords: fluoride emissions, fauna of invertebrates, biological indication.

УДК 630*18

Н.В. Шубина, Ю.Л. Юрьев, М.В. Винокуров

Шубина Наталья Валерьевна родилась в 1974 г., окончила в 1997 г. Уральскую государственную лесотехническую академию, старший преподаватель кафедры теории и методики технологического образования Нижнетагильской государственной социально-педагогической академии. Имеет 8 печатных работ в области лесохимии, химической переработки древесной зелени, экологии.

E-mail: nata-shubina@yandex.ru



Юрьев Юрий Леонидович родился в 1950 г., окончил в 1972 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой химической технологии древесины Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 130 печатных работ в области термохимической переработки древесины.

E-mail: bluestones@mail.ru



Винокуров Михаил Владимирович родился в 1962 г., окончил в 1984 г. Уральский государственный лесотехнический институт, кандидат химических наук, руководитель Учебно-консультационного центра «Экологическая безопасность» в сфере природопользования и охраны окружающей среды Главного управления Росприроднадзора по УРФО. Имеет около 65 печатных работ в области промышленной экологии.

Тел.: 8(343) 262-96-76

**ВЛИЯНИЕ ВЫБРОСОВ
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА
НА МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ И ПИГМЕНТНЫЙ СОСТАВ
ХВОИ СОСНЫ**

Исследовано содержание в хвое пигментов и некоторых тяжелых металлов в зависимости от расстояния до источника загрязнения.

Ключевые слова: тяжелые металлы, загрязнение, выбросы, хвоя, металлургия.

Сосна обыкновенная весьма чувствительна к загрязнению воздушной среды [6], которое может влиять на безопасность производимых из древесной зелени продуктов – хлорофилло-каротиновой пасты, эфирного масла, хвойного воска.

Объектом нашего исследования служила древесная зелень сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.). В тканях хвои раньше всего проявляются изменения, вызванные промышленными эмиссиями [7].

Исследования проводили на территории, прилегающей к Нижнетагильскому металлургическому комбинату (ОАО НТМК) в Свердловской области. Источник выбросов действует с 1940 г. Вокруг него сконцентрированы зоны поражения, обусловленные воздействием оксидов железа, соединений марганца, меди, никеля, свинца, хрома, цинка, а также диоксидов серы и углерода. Роза ветров асимметрична, преобладают ветры, дующие в западном и юго-западном направлениях (рис. 1). Пробные участки расположены

к югу и юго-востоку от комбината, т. е. перпендикулярно господствующим ветрам. Это определяет небольшую протяженность градиента загрязнения, который выходит на региональный фон и не пересекается с зонами загрязнения от других источников. По объему выбросов токсичных веществ НТМК является единственным крупным источником в исследуемом районе, т. е. моноисточником.

Специфика токсического эффекта выбросов металлургического комбината заключается в совместном действии тяжелых металлов и диоксида серы. Последний, подкисляя среду, увеличивает подвижность, следовательно, и биологическую активность ионов металлов, что приводит к резкому усилению их токсического влияния. Объем и структура основных выбросов исследуемого источника эмиссии в течение периода наблюдений (июнь 2004 г. – май 2005 г.) были постоянными [2, 3]: оксиды железа – 4801; марганец и его соединения – 182; оксид меди – 1,68; оксид никеля – 3,52; свинец и его соединения – 6,03; общий хром – 39,58; оксид цинка – 2,94; диоксид серы – 6373; диоксид углерода – 66 161 т.

Пробные участки расположены на территории Нижнетагильского лесхоза. Описания участков, представленные в табл. 1, показывают их сходство по основному растительному составу и дают возможность сравнивать состояние хвои. На участках ежемесячно отбирали хвою первого года жизни с 10 модельных деревьев, готовили смешанную аналитическую пробу. Содержание тяжелых металлов (Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Cr, Pb) определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии [6, 8], серы – гравитометрическим [5], фотосинтезирующих пигментов – спектрофотометрическим [1, 7].

Таблица 1

Характеристика экспериментальных участков

№ участка	Удаленность от факела выбросов, км	Происхождение	Ярус	Класс бонитета	Тип лесорастительных условий*
1	5	Лесные культуры, 10С	1	II	СЯГ
2	15	То же	1	II	»
3	25	« 8С2Л+Б	1	III	»
4	65	5С1Л1Е2Б1Ос	1	III	ЕСЯГ

*СЯГ – сосняк ягодниковый; ЕСЯГ – ельник-сосняк ягодниковый.

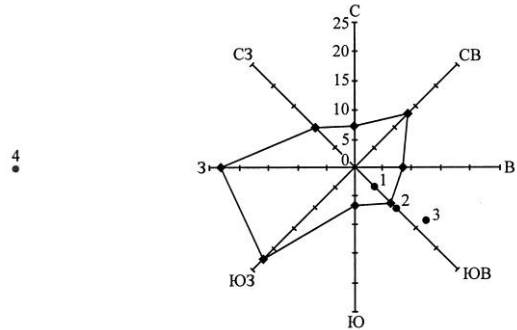


Рис. 1. Роза ветров в июне 2004 г. – мае 2005 г. и расположение пробных участков 1 – 4 (точка 0 – источник выбросов)

Таблица 2

Выбросы	Участок			
	1	2	3	4
Mn	0,04729	0,01596	0,01028	0,00314
Fe	0,02558	0,00950	0,00675	0,00220
Zn	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001
Ni	0,00042	0,00010	0,00006	0,00002
Cu	0,00096	0,00025	0,00015	0,00006
Pb	0,00380	0,00082	0,00049	0,00017
Cd	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001
Cr	0,00142	0,00026	0,00013	0,00004
S	0,03496	0,01726	0,01264	0,00511
CO ₂	0,00564	0,00231	0,00166	0,00059

Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в воздухе рассчитаны по программе, разработанной фирмой ООО «Интеграл» на основе модели, подготовленной ГГО им. А.И. Воейкова под руководством проф. Е.Л. Генеховича. Расчеты выполнены для всех пробных участков, использованы данные обо всех источниках выбросов НТМК за исследуемый период.

Сравнивали среднегодовое содержание загрязняющих веществ в воздухе (доли ПДК) (табл. 2) с содержанием в хвое тяжелых металлов и фотосинтезирующих зеленых и желтых пигментов (табл. 3).

Как видим, содержание загрязняющих веществ в воздухе пробных участков увеличивается с приближением к источнику загрязнения. Марганец и железо ведут себя противоположным образом: с удалением от источника содержание в хвое марганца увеличивается, а железа – снижается. Отмечена также положительная корреляция с расстоянием для меди и отрицательная для свинца, кадмия, хрома, серы и пигментов. В содержании цинка и никеля достоверных изменений не обнаружено.

Таблица 3

Тяжелые металлы и пигменты	Участок				Коэффициент корреляции*
	1	2	3	4	
Mn	219,2	278,7	295,5	449,2	0,93
Fe	87,2	49,6	35,0	29,8	-0,93
Zn	45,6	44,7	30,0	47,0	-0,17
Ni	4,40	5,13	4,03	4,02	-0,55
Cu	3,15	3,33	3,40	3,72	0,97
Pb	2,35	1,91	1,04	0,95	-0,96
Cd	0,197	0,244	0,146	0,025	-0,84
Cr	1,70	1,46	1,38	1,37	-0,90
S	0,096	0,056	0,051	0,044	-0,88
Сумма хлорофиллов	207,9	217,9	174,1	188,1	-0,68
Каротиноиды	72,2	71,1	64,1	66,7	-0,81

* Жирным шрифтом выделены достоверные зависимости от расстояния до источника загрязнений.

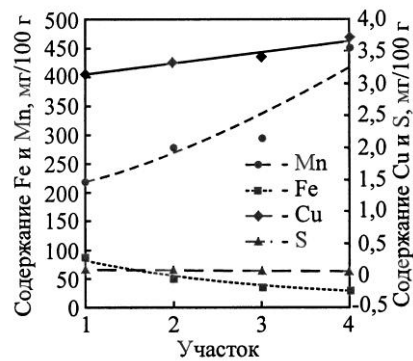


Рис. 2. Содержание в хвое первого года биофильных элементов

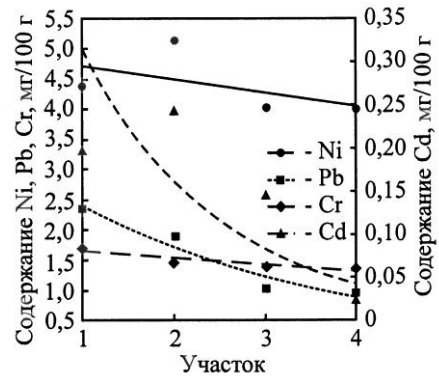


Рис. 3. Содержание в хвое токсичных элементов

Соединения железа являются основным составляющим твердых выбросов металлургического производства. В растениях в естественных условиях железо входит в состав многих биологически активных соединений. При увеличении концентрации в воздухе возрастает его количество в клетках растений. Железо вытесняет другие биофильные микроэлементы, заменяя их в процессе жизнедеятельности клетки [4]. Наши исследования показали, что даже сравнительно невысокая концентрация соединений железа в воздухе (ниже ПДК) существенно влияет на его содержание в хвое (рис. 2).

Железосеросодержащие белки необходимы для жизни клетки. С удалением от источника загрязнения уменьшается концентрация серы как в воздухе, так и в хвое. Содержание биофильных марганца и меди в хвое возрастает с удалением от источника выбросов и снижением их количества в воздухе. По-видимому, это связано с уменьшением доли железа в хвое.

Никель и хром также являются микроэлементами клетки. Хотя их содержание в тканях и невелико, их повышенная концентрация отрицательно влияет на состояние хвои. Вблизи загрязнителя (участки 1, 2) хвоя активно накапливает эти элементы, с удалением от источника их количество снижается (рис. 3). Содержание никеля на участках 1, 2 приближается к ПДК для пищевого сырья.

Цинк – один из важнейших микроэлементов живых организмов. Его содержание в воздухе незначительно, и концентрация в хвое первого года жизни не зависит от расстояния до источника выбросов.

Свинец и кадмий являются наиболее токсичными элементами. Их содержание в воздухе незначительно, в хвое же вблизи источника загрязнений довольно велико и приближается к ПДК [9]. С удалением от загрязнителя концентрация этих элементов в воздухе и хвое снижается (рис. 3). С возрастом хвоя может аккумулировать их значительное количество. При переработке древесной зелени они могут перейти в продукты в количествах, превышающих ПДК.

Вследствие увеличения содержания в воздухе углекислого газа с приближением к источнику загрязнения в результате адаптации возрастает и содержание фотосинтезирующих пигментов (рис. 4).

Таким образом, металлургическое производство как основной источник техногенного загрязнения в районе Нижнего Тагила оказывает существенное влияние на микроэлементный состав хвои сосны обыкновенной первого года жизни, что сказывается на качестве продуктов переработки древесной зелени.



Рис. 4. Содержание в хвое фотосинтезирующих пигментов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гавриленко В.Ф., Ладыгина М.Е., Хандобина Л.М. Большой практикум по физиологии растений. Фотосинтез. Дыхание: учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 1975. – 392 с.
2. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2004 году» / Мин-во природных ресурсов Российской Федерации. – М.: АНО «Центр международных проектов», 2005. – 494 с.
3. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2005 году» / Мин-во природных ресурсов Российской Федерации. – Там же, 2006. – 500 с.
4. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – 498 с.
5. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. – М.: Химия, 1989. – 448 с.
6. Методические указания по атомно-абсорбционным методам определения токсичных элементов в пищевых продуктах и пищевом сырье. Утв. ГКСЭН 25.12.1992 г. № 01–19/47–11.
7. Методы биохимического анализа растений / под ред. В.В. Полевого, Г.Б. Максимова. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1978. – 192 с.
8. Прокаев В.И. Физико-географическое районирование Свердловской области. – Свердловск: Свердл. пед. ин-т, 1976. – 144 с.
9. СанПиН 42-123-4089–86. Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов и мышьяка в продовольственном сырье и пищевых продуктах. – М.: Мин-во здравоохранения, 1986. – 56 с.
10. Хавезов И., Цалев Д. Атомно-абсорбционный анализ. – Л.: Химия, 1983. – 144 с.

N.V. Shubina, Yu.L. Yurjev, M.V. Vinokurov

Influence of Emissions of Metallurgical Manufacture on Microelement and Pigmentary Structure of Pine Needles

The content of pigments and some heavy metals in needles is investigated depending on the distance from the pollution source.

Keywords: heavy metals, pollution, emissions, needles, metallurgy.

УДК 630*46:630*5

**И.В. Шевелина, И.Ф. Коростелев, О.А. Плотникова,
А.Н. Росляков, В.В. Григорьев**

Шевелина Ирина Владимировна родилась в 1968 г., окончила в 1990 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесной таксации и лесоустройства Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 40 научных работ по лесной таксации и лесоустройству.
E-mail: ishevelina@gmail.com



Коростелев Иван Федорович родился в 1940 г., окончил в 1963 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесной таксации и лесоустройства Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 70 работ по лесной таксации, лесоустройству и лесному дешифрированию.
Тел.: 8(343) 245-39-15



Плотникова Ольга Андреевна родилась в 1987 г., окончила в 2009 г. Уральский государственный лесотехнический университет, методист Малой лесной академии УГЛТУ. Имеет 1 печатную работу по лесной таксации.
E-mail: olyanzp@mail.ru



Росляков Алексей Николаевич родился в 1984 г., окончил в 2007 г. Уральский государственный лесотехнический университет, аспирант кафедры лесной таксации и лесоустройства УГЛТУ. Имеет 2 печатные работы по лесной таксации и лесоустройству.
E-mail: lexis45@mail.ru



Григорьев Владимир Викторович родился в 1977 г., окончил в 2002 г. Уральский государственный лесотехнический университет, кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры лесной таксации и лесоустройства УГЛТУ. Имеет 9 научных работ по лесному дешифрированию.
E-mail: bravoliga@r66.ru



ТАКСАЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ РАЗЛИЧНЫХ СТАДИЙ РЕКРЕАЦИОННОЙ ДИГРЕССИИ

В 120-летних сосновых насаждениях 1–5-й стадий рекреационной дигрессии проанализировано изменение таксационных показателей по их санитарному состоянию. Вычислены видовые числа, коэффициенты формы, относительные высоты и параметры крон. При установлении стадии дигрессии дополнительно предложено использовать распределение числа деревьев по категориям состояния, а при определении последних – показатели крон деревьев.

Ключевые слова: стадия рекреационной дигрессии, категория состояния, сосновые насаждения.

С урбанизацией общества усиливается антропогенная нагрузка на пригородные леса. Поэтому возрастает интерес к исследованиям рекреационных лесов. Однако, несмотря на многочисленные работы в этом направлении [1, 2, 4, 7, 8, 10, 15, 16, 18], вопросы определения стадий рекреационной дигрессии насаждений требуют дальнейшего изучения. В практическом плане они важны при проведении ландшафтной таксации насаждений.

В разные годы исследователи предлагали шкалы рекреационной дигрессии с выделением от трех до семи стадий. Например, Э.А. Репшас [11, 12], А.Ф. Поляков и др. [10], А.С. Козобродов [6] выделяли три стадии, С.А. Дыренок [2], А.И. Тарасов [17] – четыре, Н.С. Казанская и др. [4], И.В. Таран [15, 16] – пять. А.Ф. Хайретдинов и С. И. Конашова [18] для Предуралья разработали 5-балльную шкалу, но при проведении лесоустроительных работ рекомендуют разделять насаждения на три стадии рекреационной дигрессии. Наибольшее применение, в том числе в лесохозяйственной практике, находит шкала с делением насаждений на пять стадий [1, 9], в основу которой положены предложения Н.С. Казанской и др. [4]. Основными критериями определения стадии дигрессии являются процент тропинок и вытопанных участков, количественные и качественные показатели подроста и подлеска, наличие луговых видов в живом напочвенном покрове, степень разрушения подстилки. Для древостоя отмечаются только изреженность с выделением био групп, механические повреждения стволов и степень обнажения корней деревьев. Ряд авторов учитывают уменьшение прироста по высоте, диаметру и запасу, сухoverшинность деревьев и снижение класса бонитета [3].

Большинство указанных показателей не обеспечивают однозначного (объективного) результата при установлении стадии рекреационной дигрессии, поэтому поиск дополнительных количественных таксационных показателей древостоя является весьма актуальной задачей. Объектами при ее решении могут послужить сосновые древостои парков и лесопарков г. Екатеринбурга, испытывающие различную антропогенную нагрузку.

Для решения поставленных задач заложены пять пробных площадей в чистых сосновых древостоях 120–125-летнего возраста в типе леса сосняк разнотравный. Четыре пробные площади расположены в парке «Зеленая роща» и охватывают насаждения 2–5-й стадий дигрессии, одна находится в Юго-Западном лесопарке в насаждении 1-й стадии. На каждой пробной площади производили пересчет деревьев по ступеням толщины, категориям технической годности и состояния. Шкала оценки состояния деревьев [13] имеет шесть категорий: 1 – здоровые, 2 – ослабленные, 3 – очень ослабленные, 4 – усыхающие. Деревьев категорий 5 (свежий сухостой) и 6 (старый сухостой) в исследуемых древостоях не оказалось. На каждой пробной площади отбирали 28...34 учетных деревьев, измеряли их высоту (H), диаметр ствола на 1,3 м (D), диаметр кроны ($D_{кр}$) и ее длину ($L_{кр}$). Дополнительно с использованием телереласкопа Биттерлиха и фотоизображений с цифрового

Таблица 1

Таксационные показатели древостоев пробных площадей

Стадия дигрессии	Высота, м	Диаметр, см	Полнота		Класс бонитета	Запас на 1 га, м ³	Распределение числа деревьев, %, по категориям состояния			
			абсолютная, м ²	относительная			1	2	3	4
1	25,0	37,2	33,0	0,76	III	354	98	2	–	–
2	22,8	37,1	30,0	0,72	III	304	86	14	–	–
3	21,9	35,4	27,7	0,68	III	279	28	64	8	–
4	20,3	35,4	25,4	0,65	IV	235	–	55	43	2
5	17,2	31,5	24,2	0,68	V	202	–	49	51	–

фотоаппарата по разработанной нами методике [19] определяли диаметры на 1/2 высоты, что позволило вычислить коэффициенты формы (q_2) и старое видовое число ($F_{ст}$). Запас на пробных площадях находили с помощью таблиц объемов стволов [14]. Таксационные показатели древостоев пробных площадей приведены в табл. 1.

Результаты исследований свидетельствуют о закономерной связи между стадией рекреационной дигрессии и средней высотой насаждений: с изменением стадии от 1-й к 5-й наблюдается закономерное уменьшение высот. Так, древостои 2-й стадии дигрессии по сравнению с 1-й ниже на 2,2 м, или на 8,8 %, 3-й от 2-й – на 0,9 м (3,9 %), 4-й от 3-й – на 1,6 м (7,3 %) и 5-й от 4-й на 3,1 м (15,3 %). Общее уменьшение средних высот от древостоев 1-й стадии рекреационной дигрессии к древостоям 5-й составило 7,8 м, или 31,3 %. Различие в средних высотах древостоев 4-й и 5-й стадий хорошо заметно визуально. Эти изменения приводят к смене класса бонитета. Так, если древостои первых трех стадий дигрессии характеризуются III классом бонитета, то в 4-й он оказался IV, в 5-й – V. Таким образом, в одном типе леса класс бонитета в древостое 5-й стадии на два пункта ниже, чем в 1-й.

Уменьшение среднего диаметра древостоев с увеличением рекреационных нагрузок выражено в меньшей степени, чем у средней высоты. Так, различие между древостоями 1-й и 4-й стадий составляет всего 1,8 см. Более заметно снижение среднего диаметра при переходе от 4-й стадии к 5-й. Коэффициент варьирования диаметров оказался наибольшим в древостое 5-й стадии (34,5 %), наименьшим – 1-й (17,0 %). В древостоях 2–4-й стадий он равен 19,4...20,9 %.

С возрастанием рекреационных нагрузок закономерно уменьшаются абсолютная полнота и запас древостоев. Так, с изменением стадии дигрессии на одну ступень запас снижается на 25...50 м³ (8...15 %).

Наиболее существенные различия наблюдаются в распределении числа деревьев по санитарному состоянию. В древостоях 1-й стадии практически все деревья по внешнему виду здоровые и только 2 % их попало в категорию ослабленных. С усилением рекреационных нагрузок доля здоровых деревьев закономерно уменьшается, ослабленных и очень ослабленных – увеличивается. В древостоях 4-й и 5-й стадий здоровых деревьев нет,

преобладают ослабленные и очень ослабленные. Полученные материалы отличаются от данных Н.В. Буровой и П.А. Феклистова [1], согласно которым здоровых деревьев в древостоях 4-й стадии дигрессии более 40 % (примерно равно числу ослабленных), 5-й – около 28 %.

На наш взгляд, при глазомерной таксации процентное распределение деревьев по категориям состояния может служить объективной придержкой для установления стадии рекреационной дигрессии [5]. Так, ко 2-й стадии следует относить древостои, в которых из 10 попавших в поле зрения таксатора деревьев 1-2 являются ослабленными, к 3-й – с преобладанием ослабленных (6 из 10), к 4-й – без здоровых деревьев с большой долей ослабленных и очень ослабленных, к 5-й – очень ослабленных.

Выделение здоровых деревьев, а также свежего и старого сухостоя, как правило, не вызывает затруднений. Сложности могут возникнуть при определении других категорий состояния. Для решения этой проблемы целесообразно использовать характеристики крон деревьев. Но здесь также возникают сложности: усохшая часть кроны (хвоя, ветви и верхушка), как правило, опадает достаточно быстро, в момент таксации можно ориентироваться только на параметры живой ее части, а также на верхушечный сухой побег, который иногда держится достаточно долго. Характеристики крон (густая, ажурная и сильно ажурная) и хвои (зеленая, бледно-зеленая, желтоватая, желто-зеленая, желтая) могут трактоваться разными людьми неоднозначно.

Изложенное свидетельствует о том, что для объективной оценки категории состояния деревьев целесообразно иметь дополнительные количественные показатели. Они должны быть технологичными (легко и точно измеряемыми), а значения обуславливаться категорией состояния. Для обоснования показателей, объективно характеризующих стадии рекреационной дигрессии насаждений, нами проведены специальные исследования. Вычислены средние параметры стволов и крон деревьев по категориям состояния: коэффициент формы (q_2), видовое число стволов ($F_{ст}$), отношение высоты стволов к диаметру (H/D), диаметр кроны ($D_{кр}$) и ее длина ($L_{кр}$), произведение и отношение длины кроны к ее диаметру ($L_{кр}D_{кр}$, $L_{кр}/D_{кр}$), объем кроны ($V_{кр}$). Результаты расчетов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Таксационные показатели стволов и крон деревьев по категориям состояния

Категория состояния	N , шт.	$F_{ст}$	q_2	H/D	$D_{кр}$, м	$L_{кр}$, м	$L_{кр} \times D_{кр}$	$L_{кр}/D_{кр}$	$V_{кр}$, м ³
Здоровые	22	0,449	0,670±0,011	57	5,8	7,1	41,2	1,22	102
Ослабленные	22	0,449	0,670±0,018	57	5,6	5,8	32,5	1,04	97
Очень ослабленные	38	0,490	0,700±0,010	50	5,0	4,6	23,0	0,92	58
Усыхающие	20	0,533	0,730±0,016	48	4,8	3,9	18,7	0,81	43

Эти данные свидетельствуют о наличии четких зависимостей таксационных показателей стволов и крон от категории состояния деревьев. С ухудшением состояния закономерно увеличиваются видовые числа и коэффициенты формы. Различия коэффициентов формы стволов усыхающих и очень ослабленных, а также усыхающих и ослабленных деревьев статистически не доказываются ($t_{\text{факт}} < t_{0,05}$). Они достоверны только при сравнении усыхающих деревьев со здоровыми ($t_{\text{факт}} = 3,19 > t_{0,05}$).

По простоте и надежности определения в полевых условиях и степени корреляции с категорией состояния значительный интерес представляет относительная высота деревьев H/D . Как видно из данных табл. 2, она закономерно уменьшается с ухудшением состояния деревьев. Коэффициент варьирования в исследуемых древостоях составляет в среднем 25 %.

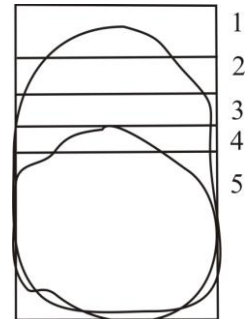
От категорий состояния существенно зависят параметры крон (длина, диаметр, объем). Так, у усыхающих деревьев по сравнению со здоровыми длина крон меньше на 45, диаметр на 17, объем на 58 %.

Результаты наших исследований свидетельствуют, что для характеристики истинного состояния деревьев целесообразно использовать комбинацию линейных параметров кроны в виде $L_{\text{кр}}/D_{\text{кр}}$ (относительная длина кроны). Различия по этому показателю носят стабильный и закономерный характер. На наш взгляд, это объясняется тем, что при вычислении $L_{\text{кр}}/D_{\text{кр}}$ используют два показателя, которые оказывают друг на друга взаимовлияние, в значительной степени обусловленное рекреационными нагрузками.

При ландшафтной таксации А.Ф. Хайретдинов и С.И. Конашова [18] также рекомендуют определять длину и ширину кроны как средние арифметические не менее чем для 5 средних деревьев.

Соотношение этих показателей у деревьев разной категории состояния позволяет вывести средние значения, на основе которых можно изготовить палетку на прозрачной основе для установления категории состояния деревьев и использовать ее при перечеке на пробных площадях (см. рисунок). Отойдя от дерева на расстояние 10...15 м (примерно половина высоты дерева), держа палетку вертикально на вытянутой руке на уровне глаз, следует «вписать» крону дерева в рамку палетки по ширине. Длина кроны в рамке покажет соответствующую категорию состояния дерева.

Таким образом, для определения стадии рекреационной дигрессии при глазомерной таксации следует использовать данные процентного распределения деревьев по категориям состояния; при перечислительной таксации деревьев необходимо правильно привлекать дополнительные показатели. В частности, надежные результаты следует ожидать при использовании относительной высоты (H/D) деревьев и относительной длины крон ($L_{\text{кр}}/D_{\text{кр}}$). Последний показатель позволяет объективно установить категорию состояния с помощью разработанной нами палетки.



Палетка для определения состояния деревьев по кроне: 1 – здоровое; 2 – ослабленное; 3 – очень ослабленное; 4 – усыхающее; 5 – свежий сухостой

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурова Н.В., Феклистов П.А. Антропогенная трансформация пригородных лесов. – Архангельск: АГТУ, 2007. – 264 с.
2. Дыренков С.А. Изменение лесных биогеоценозов под влиянием рекреационных нагрузок и возможности их регулирования // Рекреационное лесопользование в СССР. – М.: Наука, 1983. – С. 20–35.
3. Зеленский Н.Н., Жижин Н.П. Влияние рекреации на сосняки свежей грабовой судубравы Росточья // Лесоводство и агролесомелиорация. – М., 1974. – Вып. 36.
4. Казанская Н.С., Ланина В.В., Марфенин Н.Н. Рекреационные леса. – М.: Лесн. пром-сть, 1977. – 96 с.
5. Ковалев Б.И. Оценка степени изменения состояния лесов // Лесн. хоз-во. – 1999. – № 2. – С. 45–46.
6. Козобродов А.С. Влияние рекреационных нагрузок на сосновые биогеоценозы зеленой зоны г. Мурманска // Проблемы экологии на Европейском Севере. – Архангельск: АЛТИ, 1992. – С. 27–30.
7. Полякова Г.А. Рекреация и деградация лесных биогеоценозов // Лесоведение. – 1979. – № 3. – С. 70–80.
8. Полякова Г.А., Малышева Т.В., Флеров А.А. Антропогенное изменение широколиственных лесов Подмоскovie. – М.: Наука, 1983. – 120 с.
9. Рабочие правила по проведению полевых лесоустроительных работ. – Н. Новгород: Поволж. лесоустроит. предприятие, 1995. – 89 с.
10. Рекреационное лесопользование в Горном Крыму / А.Ф. Поляков [и др.] // Рекреационное лесопользование в СССР. – М.: Наука, 1983. – С. 75–89.
11. Репшиас Э.А. Оптимизация рекреационного лесопользования (на примере Литвы). – М.: Наука, 1994. – 240 с.
12. Репшиас Э.А., Палишикис Е.Е. Дигрессия и экологическая емкость лесов рекреационного назначения // Лесоведение. – 1983. – № 1. – С. 3–10.
13. Санитарные правила в лесах Российской Федерации. – М.: Экология, 1992. – 17 с.
14. Соколов С.В. Высоты и объемы стволов в коре для древостоев сосны Свердловской области // Нормативно-справочные материалы по таксации лесов Урала. Ч. 1. – Екатеринбург, 2002. – С. 35–36.
15. Таран И.В. Рекреационные леса Западной Сибири. – Новосибирск: Наука, 1985. – 230 с.
16. Таран И.В., Спиридонов В.Н. Устойчивость рекреационных лесов. – Новосибирск: Наука, 1977. – 179 с.
17. Тарасов А.И. Рекреационное лесопользование. – М.: Агропромиздат, 1986. – 175 с.
18. Хайретдинов А.Ф., Конашова С.И. Рекреационное лесоводство. – М.: МГУЛ, 2002. – 308 с.
19. Шевелина И.В., Коростелев И.Ф. Использование цифровых фотоаппаратов для таксации растущих деревьев // Леса Урала и хозяйство в них: сб. науч. тр. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2006. – Вып. 27. – С. 277–281.

I.V. Shevelina, I.F. Korostelev, O.A. Plotnikova A.N. Roslyakov, V.V. Grigorjev

Inventory Peculiarities of Pine Stands of Different Recreational Digression Stages

Change of inventory indicators according to sanitary state is analyzed in 120-year old pine stands of 1-5 stages of recreational digression. The species factors, form factors, relative heights and tree crowns parameters are estimated. When stating the digression stage it is suggested to additionally use the distribution of trees' number according to the state category, when determining the number – to use the tree crown parameters.

Keywords: recreational digression stage, state category, pine stands.

УДК 630*424.5

А.Е. Морозов, С.В. Залесов, Р.В. Морозова

Морозов Андрей Евгеньевич родился в 1973 г., окончил в 1996 г. Уральскую государственную лесотехническую академию, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 60 печатных работ в области лесного хозяйства, промышленной экологии и рационального природопользования.
E-mail: morozovAE1@yandex.ru



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 300 научных работ по вопросам повышения продуктивности лесов Урала и Запада Сибири лесоводственными методами.
E-mail: zalesov@usfu.ru



Морозова Раиса Васильевна родилась в 1973 г., окончила в 1996 г. Уральскую государственную лесотехническую академию, старший преподаватель кафедры лесоводства Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет 7 печатных работ в области лесного хозяйства и рационального природопользования.
Моб. тел.: 89221480026



**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ
РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ РЕКУЛЬТИВАЦИИ
НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ТЕРРИТОРИИ ХМАО-ЮГРЫ**

На основе достаточно полного полевого материала выполнен анализ экологической эффективности различных способов рекультивации загрязненных нефтью земель на примере месторождений Нефтеюганского района ХМАО-Югры.

Ключевые слова: нефтезагрязненные земли, рекультивация, землевание, выжигание нефти, взрывной способ, микробиологический способ, комплексный способ.

Интенсивная добыча нефти на территории Нефтеюганского административного района – одного из крупнейших нефтедобывающих районов ХМАО-Югры, объединяющего свыше 25 месторождений нефти, ведется с 60-х годов XX в. В настоящее время по комплексу негативного воздействия на все компоненты окружающей природной среды эта территория может быть отнесена к числу районов экологического бедствия. Наиболее значительными и распространенными нарушениями природной среды являются загрязнения земель нефтепродуктами. Основная причина загрязнений – аварии на изношенных трубопроводах, протяженность которых по территории района превышает 1,5 тыс. км.

Учет замазученных земель и количества депонированных загрязнителей ведется отделами охраны окружающей среды нефтедобывающих ком-

паний, при этом нередко официальные сведения о масштабах загрязнения существенно занижаются [2]. Так, согласно официальным отчетам, по состоянию на январь 2000 г. содержание нефтепродуктов в загрязненных почвах в среднем по району составляет 1,6 кг/м². Это соответствует уровню, при котором по Регламенту [4] земли могут быть возвращены их владельцам без проведения работ по рекультивации. Как показывают результаты независимой экспертизы, на большинстве нефтеразливов реальная концентрация загрязнителя превышает отчетные данные в 25 раз. Повышенное содержание нефти в почвах во многом обусловлено высоким уровнем аварийности и неудовлетворительным сбором нефти в местах ее аварийных разливов. Необходимость экстренного проведения работ по локализации разлившейся нефти и ее сбору с поверхности почв, во-первых, определяется опасностью поступления загрязнителя в сопредельные среды, во-вторых – необходимостью снижения количества нефтепродуктов до определенных пороговых значений, после достижения которых начинается процесс ее биодegradации.

Известно, что на восстановление нефтезагрязненных земель до условно исходного состояния требуется несколько десятков лет. Ускорить процессы демутиации нарушенных экосистем можно с помощью традиционных рекультивационных мероприятий. Однако далеко не все из известных и доступных приемов эффективны. Многие не только малоэффективны, но и могут дать обратный эффект, когда продукционные свойства земель еще более ухудшаются.

В настоящее время на месторождениях Нефтеюганского района используется несколько способов рекультивации: землевание грунтом (песок, торф или их смесь), микробиологический и комплексный. В качестве эксперимента на некоторых участках применялся взрывной способ. До недавнего времени было широко распространено выжигание пролитой нефти. В ряде случаев, особенно в последнее время, проводят рекультивацию комплексным способом.

Для оценки экологической эффективности рекультивации были обследованы участки нефтяного загрязнения на Мамонтовском, Тепловском, Кудринском и Южно-Балыкском месторождениях, где применялись различные способы восстановления земель. Все обследованные участки в исходном состоянии (до загрязнения) представляли собой низкобонитетные кедровники зеленомошной группы, приуроченные к типичным подзолистым почвам. В результате загрязнения древостой погибли, были вырублены.

Один из самых распространенных способов ликвидации замазученных земель на нефтяных месторождениях – землевание проливов песком (пескование). Способ преследует цель покрытия верхних загрязненных органических горизонтов почв свободным от загрязнителя минеральным субстратом на всю глубину корнеобитаемого слоя растений. Исследования показали, что засыпка нефтезагрязненных слоев почвы песком резко затормаживает в них физико-химические процессы разложения нефти, а также пре-

пятствует доступу кислорода, необходимого для активной жизнедеятельности углеводородокисляющей бактериальной микрофлоры. Как показали результаты химического анализа [3], через 4 года после проведения пескования на одном из типичных участков содержание нефтепродуктов в горизонтах почвы на глубине до 70 см отвечает требованиям Регламента [4]. Однако на глубине более 70 см содержание загрязнителя превышает допустимый уровень в 4,5 раза. Примечательно, что если в 70-сантиметровом слое песка превышение ПДК тяжелых металлов наблюдается только по никелю и свинцу, то на глубине не более 70 см отмечено превышение ПДК по меди, цинку, никелю, хромю и мышьяку. Содержание серы превышает ПДК во всех горизонтах почвы, но наиболее значительно (более чем в 15 раз) оно в нижнем слое (см. таблицу).

Освоение песчаных пустошей в местах отсыпки нефтеразливов естественной растительностью идет очень медленно. Причина – токсичность и бедность элементами-биофилами. В ряде случаев ухудшению почвенно-грунтовых условий способствует излишняя мощность отсыпки и возникающий в связи с этим дефицит влаги в верхнем слое почвогрунтов. Кроме того, к ухудшению почвенно-грунтовых условий приводит недостаточная мощность насыпного слоя песка. При мощности слоя менее 50 см проявляется капиллярный эффект: нефть способна подняться к самой поверхности песчаных субстратов, и они становятся непригодными для растительности. В данном случае появлению растений препятствует не только замазученность всего профиля насыпного песка, но и появление на его поверхности плотной песчано-асфальтовой корки толщиной 1...2 см.

Таким образом, для выращивания леса искусственно создаваемые песчаные пустоши непригодны. Этот наиболее распространенный способ рекультивации загрязненных нефтью земель должен быть запрещен повсеместно, поскольку не только не способствует ускорению процессов распада загрязнителя, но и практически полностью его тормозит.

Большие надежды возлагались на микробиологический способ рекультивации, который заключается во внесении в загрязненные субстраты культуры нефтеокисляющих микроорганизмов. Опыт показывает: данный способ оправдан, если естественная нефтеокисляющая микрофлора бедна по видовому составу и ее активность не может быть существенно повышена. Из промышленных культур нефтеокисляющих микроорганизмов в разные годы наибольшей популярностью пользовались следующие специальные препараты: Путидойл, Деваройл, Биоприн, Дизойл, Деградойл, Биоойл-Югра, Нефтедеструктор и др. [1]. К недостаткам промышленных нефтеокисляющих препаратов следует отнести их дороговизну и малую продолжительность эффективного воздействия на субстраты. Препятствием для их эффективного применения являются также суровые климатические условия региона. Для первоначального формирования необходимой питательной среды вслед за микробиологическим препаратом часто вносят растворы минеральных удобрений. Важным фактором при обработке загрязненных нефтью участков микробиологическими препаратами является обеспечение

достаточной аэрации почвы. На практике часто ограничиваются перемешиванием загрязненного грунта струей из брандспойта, вместе с которой в субстраты вносят минеральные удобрения в виде растворов.

К сожалению, рекультивированные микробиологическим способом участки в большинстве своем никогда не доводятся до требуемых кондиций. Как показывают наши исследования [3], на одном из участков через год после рекультивации содержание нефтепродуктов в верхнем (0...10 см) слое превышает 20 %, что в 2,5 раза выше ПДК, допустимой Регламентом [4]. Кроме того, в загрязненном слое почвы содержание меди и серы превышает ПДК (см. таблицу). Таким образом, эффективность рекламируемого микробиологического способа рекультивации весьма сомнительна.

Отжиг разлившейся нефти как способ рекультивации относится к числу экологически опасных и должен быть запрещен повсеместно. Это такой же варварский способ, как сам факт загрязнения нефтью и ее продуктами. Как показали наши исследования, снижения загрязнителя в почвах не происходит даже через 6 лет после выжигания. Концентрация нефтепродуктов в верхнем (0...10 см) слое почвы составляет более 40 %, что превышает допустимую Регламентом [4] концентрацию более чем в 5 раз. Также в верхнем слое отмечается превышение ПДК меди, цинка, никеля и серы, кроме того, в слое глубже 10 см – кадмия и мышьяка [3]. Через 6 лет после отжига нефти на участке практически отсутствует даже травянистая растительность.

Среди применяемых на практике заслуживает внимания комплексный способ рекультивации, который состоит из двух этапов: технического и биологического. Технический этап предусматривает сбор нефтепродуктов с поверхности загрязненного участка, его очистку от валежа и остатков древесостоев, планировку поверхности (при необходимости). При этом не допускается выжигание оставшейся на поверхности почвы нефти и засыпка ее песком. Биологический этап включает агротехнические мероприятия, внесение удобрений (при необходимости) и извести (на кислых почвах), применение микробиологических препаратов (при необходимости), посев трав мелиорантов либо посадку древесно-кустарниковых растений. Основной целью агротехнических мероприятий является создание рекультивационного слоя почвы со свойствами, благоприятными для биологической рекультивации. Переходить к следующим мероприятиям нельзя до тех пор, пока не произойдет снижение концентрации остаточных нефтепродуктов в рекультивационном слое до безопасных для растительности значений. Содержание загрязняющих веществ во вновь созданных субстратах не должно превышать показатели ПДК по всему списку компонентов. Для достижения этого даже при самых изощренных приемах мелиорации и технической рекультивации потребуются многие годы. Предлагается в порядке совершенствования комбинированного способа проводить следующие агротехнические мероприятия:

рыхление нефтезагрязненного почвенного слоя для ускорения физико-химических и биологических процессов деградации нефти с использованием мульчирующих грунтов (на сильно загрязненных лесных почвах);

создание искусственного микрорельефа из чередующихся продольных микроповышений (валов) и микропонижений (канавок) на болотных почвах с избыточным увлажнением.

Опыт показывает, что эти приемы способствуют интенсификации физико-химических процессов испарения, вымывания, ультрафиолетового разложения компонентов нефти и созданию условий для ускорения микробиологического окисления за счет почвенной микрофлоры или внесения бактериальных препаратов.

К биологическому этапу, согласно требованиям [4], можно приступать после снижения концентрации остаточных нефтепродуктов в среднем по всему участку до контрольных значений (15,0 % – в органомных, 8,0 % – в минеральных и смешанных грунтах). Основной целью биологического этапа является восстановление плодородия нарушенных земель – превращение рекультивационного слоя почвы в плодородный слой, обладающий благоприятными для роста растений физическими и химическими свойствами. Эффективность проведенных работ на биологическом этапе оценивается по состоянию живого напочвенного покрова и концентрации остаточных нефтепродуктов. Рекультивация считается завершенной после формирования густого и устойчивого травостоя (не покрытые растительностью участки не должны превышать 0,01 га, их суммарная площадь должна быть не более 3 % от общей площади рекультивированной территории). Концентрация остаточных нефтепродуктов в верхнем (20 см) слое не должна превышать в среднем 8,0 % в органомных и 1,5 % в минеральных и смешанных грунтах. Как показывают обследования, рекультивированные данным способом территории по большинству оценочных показателей соответствуют требованиям Регламента [4]. Не вписывается в установленные рамки лишь высокая концентрация остаточных нефтепродуктов в почве. На участке, рекультивированном комплексным способом, концентрация нефти составляет более 1,5 % в слое песка на глубине 40...50 см. В верхней части рекультивационного слоя содержание нефтепродуктов соответствует требованиям Регламента [4], однако содержание в почве некоторых тяжелых металлов и серы все же выше ПДК. Например, в слое 0...10 см наблюдается превышение ПДК никеля, мышьяка и серы, в слое 20...30 см – меди, мышьяка и серы, в слое 40...50 см – меди, цинка, свинца, никеля, хрома, мышьяка и серы. Причем самые высокие концентрации указанных элементов отмечены в нижней части рекультивационного слоя [3]. Снижение эффективности в таких случаях происходит в результате некачественного сбора нефти с поверхности почвы, которую часто хоронят под слоем насыпного грунта. Таким образом, даже если рекультивированный участок характеризуется густым травостоем и допустимой концентрацией остаточных нефтепродуктов в верхнем слое почвы, нижние слои могут оставаться весьма токсичными для корневых систем древесных растений.

Обобщая вышеизложенное, можно заключить, что наибольшей экологической эффективностью характеризуется комплексный способ рекультивации нефтезагрязненных земель. Причем ожидаемый эффект может быть

достигнут только при неукоснительном соблюдении технологии работ на всех этапах рекультивации, что потребует много времени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мониторинг лесных экосистем Ханты-Мансийского автономного округа: Отчет о научно-исследовательской работе. – Екатеринбург: УГЛТА, 2000.
2. Морозов А.Е. Состояние кедровых лесов под воздействием интенсивной нефтегазодобычи в Ханты-Мансийском автономном округе: дисс. ... канд. с.-х. наук. – Екатеринбург, 1999. – 379 с.
3. Морозов А.Е., Шаталин Н.В. Экологическая эффективность различных способов рекультивации нефтезагрязненных земель в ХМАО// Леса Урала и хозяйство в них. – Вып. 25. – Екатеринбург, 2004. – С. 63–67.
4. Регламент на приемку земель, временно использованных при разведке, обустройстве и эксплуатации месторождений нефти и газа в Ханты-Мансийском автономном округе. – Ханты-Мансийск, 1994. – 37 с.

A.E. Morozov, S.V. Zalesov, R.V. Morozova

Efficiency of Applying Different Methods of Oily Soils Reclamation on HMAO-Ugra Territory

The ecological efficiency analysis of different methods of oil-polluted soils reclamation is carried out based on the sufficiently complete field material taking oil fields of Neftuyugansk region of HMAO-Ugra as an example.

Keywords: oil-polluted soils, reclamation, oil burning, explosive method, microbiological method, complex method.

Химический состав почв на участках нефтяного загрязнения, рекультивированных различными способами

Способ рекультивации (давность)	Глубина отбора проб, см	Содержание нефти, %	Сера	Медь	Цинк	Свинец	Никель	Хром	Кадмий	Мышьяк	рН водной вытяжки
Выжигание нефти (6 лет)	0...10	40,75±8,97	$\frac{935,0}{5,8}$	$\frac{3,2 \pm 0,6}{1,1}$	$\frac{27,8 \pm 5,6}{1,2}$	$\frac{4,8 \pm 1,2}{0,8}$	$\frac{5,3 \pm 1,9}{1,3}$	$\frac{6,0 \pm 1,2}{1,0}$	$\frac{0,06 \pm 0,03}{0,30}$	$\frac{1,60 \pm 0,80}{0,80}$	5,9±0,1
	10...20	3,86±0,85	$\frac{2765,0}{17,3}$	$\frac{10,8 \pm 2,2}{3,6}$	$\frac{15,2 \pm 3,0}{0,7}$	$\frac{3,2 \pm 0,6}{0,5}$	$\frac{5,6 \pm 2,0}{1,4}$	$\frac{5,0 \pm 1,0}{0,8}$	$\frac{0,55 \pm 0,27}{5,50}$	$\frac{2,25 \pm 1,10}{1,10}$	5,2±0,1
Микробиологическая рекультивация (1 год)	0...10	20,16±4,44	$\frac{3435,0}{21,5}$	$\frac{10,9 \pm 2,2}{3,6}$	$\frac{27,5 \pm 5,5}{1,2}$	$\frac{6,0 \pm 1,5}{1,0}$	$\frac{14,2 \pm 5,0}{3,6}$	$\frac{16,7 \pm 3,3}{2,8}$	$\frac{0,10 \pm 0,05}{0,50}$	$\frac{2,30 \pm 1,20}{1,20}$	6,4±0,1
	10...20	0,26±0,05	$\frac{830,0}{5,2}$	$\frac{10,6 \pm 2,1}{3,5}$	$\frac{20,8 \pm 4,2}{0,9}$	$\frac{4,1 \pm 1,0}{0,7}$	$\frac{11,7 \pm 4,1}{2,9}$	$\frac{17,2 \pm 0,6}{2,9}$	$\frac{0,36 \pm 0,18}{1,80}$	$\frac{3,20 \pm 1,60}{1,60}$	6,2±0,1
Землевание песком (4 года)	0...70	0,018±0,00	$\frac{273,0}{1,7}$	$\frac{2,6 \pm 0,5}{0,9}$	$\frac{9,5 \pm 1,9}{0,4}$	$\frac{6,3 \pm 1,6}{1,1}$	$\frac{3,8 \pm 1,3}{0,9}$	$\frac{3,4 \pm 0,7}{0,6}$	< 0,05 0,10	$\frac{1,30 \pm 0,70}{0,65}$	6,8±0,1
	> 70	4,54±1,00	$\frac{2426,5}{15,1}$	$\frac{12,6 \pm 2,5}{4,2}$	$\frac{34,6 \pm 6,9}{1,5}$	$\frac{8,6 \pm 2,2}{1,4}$	$\frac{17,8 \pm 6,0}{4,5}$	$\frac{21,9 \pm 4,4}{3,7}$	$\frac{0,08 \pm 0,04}{0,40}$	$\frac{4,20 \pm 2,10}{2,10}$	6,2±0,1
Комплексный способ (6 лет)	0...10	6,03±1,33	$\frac{1350,0}{8,4}$	$\frac{1,8 \pm 0,4}{0,6}$	$\frac{10,2 \pm 2,0}{0,4}$	$\frac{4,3 \pm 1,1}{0,7}$	$\frac{3,2 \pm 1,1}{0,8}$	$\frac{3,5 \pm 0,9}{0,6}$	< 0,05 0,25	$\frac{1,70 \pm 0,90}{0,85}$	6,0±0,1
	40...50	2,18±0,48	$\frac{1566,0}{9,8}$	$\frac{10,4 \pm 2,0}{1,0}$	$\frac{28,1 \pm 5,6}{1,2}$	$\frac{5,4 \pm 1,4}{0,9}$	$\frac{15,1 \pm 5,3}{3,8}$	$\frac{25,7 \pm 5,1}{4,3}$	< 0,05 0,25	$\frac{3,80 \pm 1,90}{1,90}$	5,8±0,1
	130	1,29±0,29	$\frac{692,0}{4,3}$	$\frac{9,7 \pm 1,9}{3,2}$	$\frac{18,8 \pm 3,8}{0,8}$	$\frac{2,8 \pm 0,3}{0,5}$	$\frac{13,2 \pm 4,6}{3,3}$	$\frac{13,0 \pm 2,6}{2,2}$	$\frac{0,20 \pm 0,04}{1,00}$	$\frac{1,30 \pm 0,70}{0,70}$	6,0±30,1

Примечание. В числителе приведено содержание подвижных форм элементов, мг/кг, в знаменателе – их доля от ПДК (ОДК).

УДК 630*241

Г.Г. Терехов, Н.А. Луганский

Терехов Геннадий Григорьевич родился в 1948 г., окончил в 1972 г. Уральский лесотехнический институт, докторант кафедры лесоводства Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 110 научных работ в области лесных культур, лесной таксации, лесоведения и лесоводства.
Тел.: 8(343) 322-56-31



Луганский Николай Алексеевич родился в 1931 г., окончил в 1956 г. Уральский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесоводства Уральского государственного лесотехнического университета, заслуженный деятель науки РФ. Имеет более 250 научных работ по вопросам лесоведения, лесоводства и таксации.
Тел.: 8(343) 261-52-88

**ВЛИЯНИЕ ПРОЧИСТКИ НА ДИНАМИКУ И СТРУКТУРУ НИЖНИХ ЯРУСОВ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ЕЛОВЫХ КУЛЬТУРЦЕНОЗАХ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ**

Приведены результаты трехлетних исследований динамики и структуры травяного покрова, кустарников и кустарничков под влиянием второго приема рубок ухода в еловых культурценозах на Среднем Урале. Установлено, что два приема рубок ухода (осветление и прочистка) в еловых культурценозах первого класса возраста увеличивают численность кустарников и кустарничков в 2,5–3 раза.

Ключевые слова: прочистка, освещенность, травостой, обилие видов, фитомасса, кустарники, кустарнички, опад.

Любая рубка древостоя изменяет экологические условия (освещенность, световой поток, температура и влажность воздуха и почвы), в той или иной мере влияющие на появление и развитие нижних ярусов растительности.

Цель исследований – изучение динамики и структуры нижних ярусов растительности после прочистки в еловых культурценозах, а также фитомассы травостоя, участвующей в опаде.

Исследования выполняли в подзоне южно-таежных лесов Свердловской области (Билимбаевский лесхоз) на опытно-производственном участке (ОПУ) 20–22-летних культур ели в ельнике разнотравно-зеленомошниковом в течении трех лет. ОПУ площадью 6,4 га заложен в 1985 г. на вырубке 6-летней давности. Осветление культур проводили через 9 лет после посадки, прочистку – через 10 лет после осветления. Перед осветлением территория ОПУ была поделена на три равные секции: первая – контроль (без рубок ухода), вторая – коридорное осветление вдоль рядов еловых культур (ширина коридоров – 1–1,5-кратная высота близлежащих стволиков ели в обе стороны от ряда культур), третья – сплошное удаление лиственных пород. Перед прочисткой каждая секция дополнительно была разделена на две равные части: на одной части деревья ели в рядах оставляли без рубки (секции 1–3), на другой – изреживали в рядах (секции 1а–3а).

Секция 1 – контроль; на секции 1а с изреживанием в рядах ели вырубали деревья лиственных пород, возобновившиеся под кроной вырубавшей ели. Прочистку на секции 2 и 2а выполняли комбинированным методом.

На секции 3 и 3а вторичное возобновление лиственных пород высотой более 0,3 м вырубали полностью. Полнота древостоя на ОПУ после второго приема рубок ухода – прочистки на секциях 1, 1а, 2, 2а, 3 и 3а составляла соответственно 1,1; 0,9; 0,8; 0,7; 0,6 и 0,5.

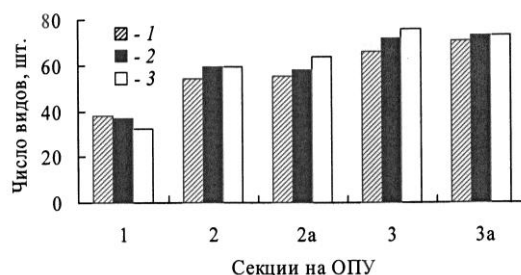
На каждой секции заложено по три постоянных пробных площади (ППП) размером 20 × 30 м. Динамика видовой принадлежности,* обилия их по шкале Друде, высоты, проективного покрытия надземных органов травостоя внутри каждой ППП изучалась на временных учетных площадках размером 1 м² в 30-кратной повторности ежегодно в первой декаде июля. Для определения фитомассы отбирали образцы сырой массы травостоя с учетных площадок в 15-кратной повторности, разделяя по видам на злаковые и двудольные, затем высушивали в лабораторных условиях до абсолютно сухого состояния. Видовое разнообразие и высоту кустарников определяли через 1 и 3 года после рубки на каждой ППП сплошным пересчетом. Освещенность поверхности почвы приведена средняя за 7-часовой период (с 10 до 17).

Изучение видového разнообразия травянистой растительности показывает, что под пологом еловых культурценозов первого класса возраста на секции 1 (вырубка 25-летней давности) с полнотой древостоя 1,1 площадь мертвопокровных пятен не превышает 15 % подпологового пространства, на остальной территории имеется, хотя и в угнетенном виде, живой напочвенный покров. Динамика и структура формирования его, во-первых, отличается активным увеличением численности светолюбивых видов, их обилием, высотой и фитомассой на большом открытом пространстве вырубки, а затем на лесокультурном участке до образования лиственного молодняка; во вторых – более замедленным уменьшением высоты подъярусов, сомкнутостью надземной части, численностью видов и фитомассы травостоя, определяемых естественным процессом формирования смешанного древостоя. В конце второго десятилетия на секции 1 начали появляться виды, характерные для темнохвойных лесов (табл. 1): *Stellaria media* (L.) Cyr., *Oxalis acetosella* L., *Asarum europaeum* L., *Majanthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt, *Equisetum sylvaticum* L. Однако в этих условиях (полнота 1,1) с постоянно уменьшающейся освещенностью поверхности почвы (до 19 % и менее от полной) видовое разнообразие всего травяного покрова сократилось за 3 года от 38 до 32 видов (см. рисунок), а проективное покрытие – от 10,5 до 8,5 % площади (табл. 2). Состояние многих видов, находящихся под пологом древостоя, крайне угнетенное: отсутствует цветение, семеношение, заметно снижена высота и обилие, а в ближайшее время возможно выпадение части их (*Aconitum excelsum* Rchb., *Adenophora lilifolia* (L.) A. DC., *Betonica officinalis* L., *Thalictrum aquilegifolium* L., *Geranium sylvaticum* L., *Geum urbanum* L., *Geum rivale* L., *Angelica sylvestris* L., *Hypericum perforatum* L., *Solidago virga aurea* L., *Chamerion angustifolium* (L.) Holub, *Rubus saxatilis* L., *Alchimilla* sp., *Galium boreale* L., *Lathyrus gmelinii* Fritsch.) из состава травостоя, что ведет впоследствии к их гибели.

* Определитель сосудистых растений Среднего Урала / П.Л. Горчаковский [и др.]. – М.: Наука, 1994. – 525 с.

Изреживание деревьев ели в рядах на секции 1а увеличивает освещенность поверхности почвы в первые два года до 29 %, но из-за разрастания кроны лиственных пород она уменьшается до 24 % и менее, однако даже за такой небольшой промежуток времени при незначительном увеличении численности видов повышается обилие некоторых из них (*Aconitum excelsum* Rchb., *Thalictrum aquilegifolium* L., *Geranium pratense* L., *Stellaria holostea* L. и *S. media* (L.) Суг., *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim., *Aegopodium podagraria* L., *Deschampsia caespitosa* (L.) Beauv.), а также высота и проективное покрытие надземных органов травостоя.

Динамика, структура и видовое разнообразие травянистой растительности на опытных секциях, где первичный этап определяется антропогенным воздействием на процесс формирования естественных дендроценозов, существенно отличаются от контроля. На секции 2 в травостое до прочистки отмечено 46...48 видов против 38...40 видов на контроле, через 3 года после прочистки (освещенность 40...60 %) количество их увеличилось до 59 (см. рисунок). С увеличением численности и обилия видов возрастает проективное покрытие надземных органов (табл. 2), но при этом на 54...60 % территории секции 2 отсутствует сомкнутость травостоя, яркость его слабо выражена.



Динамика численности видов травянистой растительности на ОПУ 1-85 после рубок: 1 – 1 год; 2 – 2 года; 3 – 3 года

Таблица 2

**Характеристика травянистой растительности
в словом культуценозе после второго приема рубок ухода**

Номер секции	Освещенность поверхности почвы, %	Средняя высота, см			Общее проективное покрытие, %	Густота стеблей на 1 м ² , шт.
		первого яруса	второго яруса	всего травостоя		
Через 1 год после прочистки						
1	11...19	–	–	19,4±1,86	7...14	11,8±0,67
1а	19...29	–	–	30,8±2,16	8...17	6,9±0,52
2	40...70	–	–	48,7±3,68	29...37	31,4±2,81
2а	60...80	–	–	56,9±4,59	43...61	56,8±4,57
3	80...90	–	–	68,4±5,18	52...71	91,4±6,18
3а	90...100	–	–	77,8±6,09	60...83	103,4±8,26
Через 3 года после прочистки						
1	11...17	–	–	22,3±1,26	7...10	9,9±0,58
1а	20...24	–	–	38,9±2,41	14...29	32,3±0,98
2	40...60	–	–	49,4±4,07	42...58	64,8±4,11
2а	50...70	101,4±8,63	37,6±3,12	65,6±5,01	75...80	104,4±9,17
3	70...80	104,8±9,03	44,5±4,38	78,8±7,14	85...95	149,5±13,11
3а	80...95	118,3±9,88	51,1±6,45	88,6±6,21	95...100	183,7±14,67

Изреживание деревьев ели на секции 2а (освещенность до 70 %) незначительно повышает количество видов, однако средняя высота травостоя, проективное покрытие, число стеблей на 1 м² заметно увеличиваются. Травостой сомкнут, в нем прослеживается ярусность, в первом подъярусе (высотой более 80 см) наибольшее обилие у *Calamagrostis langsdorfii* (Link.) Trin. и *C. arundinaceae* (L.) Roth., *Aconitum excelsum* Rchb., *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim., *Aegopodium podagraria* L., *Angelica sylvestris* L., *Chamerion angustifolium* (L.) Holub; во втором подъярусе (менее 80 см) – у *Betonica officinalis* L., *Veronica chamaedrys* L., *Geranium sylvaticum* L. и *G. pratense* L., *Stellaria media* (L.) Суг., *Rubus saxatilis* L., *Potentilla erecta* L., *Alchimilla* sp., *Pulmonaria dactylota* Simonk, *Crepis tectorum* L., *Lathyrus sylvestris* L. и *L. pratensis* L.

Максимальное развитие травяного покрова отмечено на секции 3 (освещенность 80...90 %) и 3а (90...100 %), где после осветления сплошным методом большая часть видов, хотя и в угнетенном виде, сохранилась. Их численность в момент рубки выше контроля в 1,8 раза, а через 3 года – в 2,3 раза (см. рисунок). К этому времени, несмотря на уменьшающуюся освещенность, травостой имеет сложную двухъярусную структуру, проективное покрытие 95...100 %, густота стеблей сохраняет высокую степень (149 и 184 шт./м²), с взаимным перекрытием надземных органов. В первом подъярусе, на секции 3 и 3а, наибольшее обилие имели следующие виды (см. табл. 1): *Calamagrostis arundinaceae* (L.) Roth., *Phalaroides arundinaceae* (L.) Rausch., *Cirsium setosum* (Willd.) Bess., *Angelica sylvestris* L., *Chamerion angustifolium* (L.) Holub, *Sanguisorba officinalis* L., *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim., *Sonchus palustris* L., *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Crepis tectorum* L., *Aegopodium podagraria* L., *Deschampsia caespitosa* (L.) Beauv.; во втором подъярусе – *Geranium pratense* L., *G. sylvaticum* L., *Stellaria media* (L.) Суг., *Poa nemoralis* L., *P. pratensis* L., *Galium boreale* L., *Lathyrus pratensis* L., *Ranunculus acris* L., *Veronica chamaedrys* L., *Alchimilla* sp., *Viola canina* L. На секции 3а (полнота 0,5) до 5 лет после прочистки у большинства видов травянистой растительности как первого, так и второго подъяруса сохраняется на одном уровне средняя высота, но обилие и число стеблей увеличивается у злаковых видов.

Активизирование под воздействием рубок ухода развития травостоя по высоте и обилию увеличивает его массу. На секции 2 и 2а это происходит в основном в первые три года, до интенсивного развития оставшихся и вторично возобновившихся лиственных деревьев. При полном отсутствии лиственных пород на секции 3 и 3а кульминационный период развития травостоя достигает на 3-й год и продолжается 2...5 лет до образования куртин лиственных пород. К этому времени существенно меняется структура травостоя, где в первую очередь возрастает доля злаковых видов. В табл. 3 представлено изменение количества фитомассы травостоя, участвующей в ежегодном опаде в первые три года после прочистки, в табл. 4 – достоверность различий между секциями. Из табл. 3, 4 видно, что на секции 1 (под пологом 20–22-летнего елового культурценоза) оно мало изменилось и составляет 2,2...2,3 ц/га в год. На секции 1а (с изреживанием деревьев ели в рядах)

Таблица 3

Динамика количества (ц/га) фитомассы травостоя после прочистки

Номер секции	Давность прочистки					
	1 год			3 года		
	Злаки	Двудольные	Всего	Злаки	Двудольные	Всего
1	1,6±0,12	0,6±0,05	2,2±0,18	1,3±0,12	1,0±0,08	2,3±0,19
1а	2,1±0,57	1,4±0,14	3,5±0,26	5,0±0,44	2,6±0,18	7,6±0,54
2	4,1±0,36	1,6±0,13	5,7±0,34	7,6±0,57	3,2±0,16	10,8±1,01
2а	3,9±0,28	4,1±0,40	8,0±0,56	9,5±0,69	6,1±0,47	15,6±1,28
3	12,1±1,20	4,0±0,36	16,1±1,32	13,4±1,18	5,3 ±0,36	18,7±1,71
3а	15,9±1,40	9,1±0,81	25,0±1,91	23,6±2,08	16,3 ±1,12	39,9±3,04

Таблица 4

Достоверность различий показателя на статистическом уровне ($t_{0,01} = 2,95$)
между секциями

Номер секции	Давность прочистки					
	1 год			3 года		
	Злаки	Двудольные	Всего	Злаки	Двудольные	Всего
1 и 1а	0,86	5,15	4,43	8,49	8,01	9,53
1 и 2	6,58	7,28	9,60	11,45	12,24	9,28
1 и 2а	6,75	8,75	9,83	11,71	10,85	11,61
1 и 3	8,75	9,81	11,79	11,35	11,98	9,48
1 и 3а	10,20	11,31	13,37	12,81	13,66	12,23

количество фитомассы увеличилось в 1,5 раза, на секции 2 (с изреживанием лиственных пород) – в 2,5–4 раза и больше, на секции 2а (с дополнительным изреживанием деревьев ели в рядах) – в 4–5,5 раза. Максимальная фитомасса травостоя (39,9 ц/га) отмечена на секции 3а, при этом доля двудольных видов не превышает 1/3 от общей массы, а остальное приходится на злаковые.

Различия по фитомассе травостоя между контролем и опытными секциями рубок ухода во всех случаях достоверны на статистическом уровне.

Материалы исследований показывают, что численность видов, обилие и фитомасса их определяются экологическими условиями, сложившимися после прочистки елово-лиственного древостоя.

В еловых культурах первого класса возраста (вырубка 25-летней давности) по междурядьям отмечается до 7 видов кустарников и 1 кустарничек (табл. 5). Многие из них появились с начала образования вырубки (малина, шиповник, смородина), другие (волчегондик, калина, ракитник) – в период ее развития. На контрольной секции 1 большинство видов угнетено, у них отсутствует цветение, а высота ниже, чем на опытных секциях. Преобладают растения вегетативного происхождения. Основную долю (41 % от общего количества) занимает малина. Под пологом древостоя отсутствуют жимолость и ракитник.

Таблица 5

**Развитие кустарников и кустарничков через 3 года
после второго приема рубок ухода**

Видовое название	Секция 1 (контроль)		Секция 2а		Секция 3а	
	Количе- ство, <u>тыс. шт.</u> %	Сред- няя высо- та, м	Количе- ство, <u>тыс. шт.</u> %	Сред- няя высо- та, м	Количе- ство, <u>тыс. шт.</u> %	Сред- няя высо- та, м
Волчегодник обыкновенный	<u>0,41</u> 7	0,3	<u>0,13</u> 1	0,5	<u>0,33</u> 2	0,7
Жимолость обыкновенная	–	–	<u>0,32</u> 2	0,9	<u>0,51</u> 3	1,3
Смородина черная	<u>0,26</u> 4	1,2	<u>0,24</u> 2	1,0	–	–
Калина обыкновенная	<u>0,72</u> 12	1,3	<u>0,62</u> 4	1,4	–	–
Малина обыкновенная	<u>2,59</u> 41	0,9	<u>6,81</u> 44	1,2	<u>8,93</u> 50	1,5
Ракитник русский	–	–	–	–	<u>0,20</u> 11	0,8
Шиповник иглистый	<u>1,07</u> 17	1,1	<u>4,36</u> 28	1,3	<u>4,83</u> 27	1,6
Черника	<u>1,20</u> 19	0,15	<u>2,84</u> 19	0,2	<u>3,10</u> 17	0,2
Всего	<u>6,25</u> 100	–	<u>15,32</u> 100	–	<u>17,90</u> 100	–

На опытных секциях 2а и 3а численность малины, шиповника в 2,5 – 3 раза больше, чем на контроле, значительно увеличилась высота всех растений, развитие их ветвей. Малина в первые же годы формирует различной величины ассоциации, вытесняя травостой. Доля ее составляет 44...50 % от общего количества кустарниковых видов. Осенью под пологом ее образуется большое количество листового опада. Шиповник формирует кусты из нескольких стволиков. Черника (кустарничек) везде вегетативного происхождения, на всех секциях имеет примерно одинаковую долю в составе подпологовых видов, повсеместно расположена в основном возле разложившихся пней хвойных пород.

Выводы

1. Динамика и структура формирования нижних ярусов растительности определяется экологическими условиями, которые зависят от степени воздействия на древесный полог при рубках ухода в еловых культурценозах.
2. Интенсивный метод прочистки стимулирует развитие травостоя, дающего ежегодный опад 2...4 т/га для формирования лесной подстилки.
3. На ОПУ 1-85 в ельнике разнотравно-зеленомошниковом в фитомассе травостоя доминируют злаковые виды.
4. Два приема рубок ухода (осветление и прочистка) увеличивают численность кустарников и кустарничков в 2,5 – 3 раза.

G.G. Terekhov, N.A. Lugansky

Influence of Thinning on Lower Storeys' Dynamics and Structure in Spruce Cenoses of Central Ural

The results of three-year research are provided on dynamics and structure of grass canopy, shrubbery and undershrubs under the influence of secondary thinning in the spruce cenoses of the Central Ural. It is established that two thinning operations (clarification and cleaning) in spruce cenoses of the first age class increase the number of shrubs and undershrubs in 2.5–3 times.

Keywords: cleaning, illumination, grass canopy, plenty of species, phytomass, shrubs, undershrubs, tree waste.

Таблица 1

Динамика видового разнообразия и обилия травянистой растительности после рубок ухода на ОПУ 1-85

Видовое название	Номер секции					
	1	1а	2	2а	3	3а
<i>Aconitum excelsum</i> Rchb.	Sol/ Un	Sol /Sol	Sp/ Sol	Sp /Sp	Sp /Sol	Sol /Sp
<i>Adenophora lilifolia</i> (L.) A. DC.	-/-	-/-	-/-	Sol /Sol	Sp/ Sol	-/-
<i>Aegopodium podagraria</i> L.	Sp/ Sp	Sp/ Cop ¹	Sp/ Cop ¹	Cop ¹ /Cop ²	Cop ¹ /Cop ²	Cop ¹ /Cop ³
<i>Agrostis gigantea</i> Roth.	-/-	-/-	-/-	-/-	Sol/Sol	Sol/ Sp
<i>Alchimilla</i> sp.	-/-	-/-	Sol/Sp	-/Sp	Sp/Sp	Sp/ Cop ¹
<i>Angelica sylvestris</i> L.	Sol/Un	Sol/Sol	Sol/Sp	Sp/Sp	Sp/Sp	Sol/Sp
<i>Asarum europaeum</i> L.	Cop ² /Cop ²	Sp/Sol	Sol/Sol	Un/-	Sol/Sol	Sp/Sp
<i>Athyrium filix femina</i> (L.) Roth.	Sol/Un	-/-	Sp/Sp	-/-	Sol/Sol	Un/Sp
<i>Betonica officinalis</i> L.	Sol/Un	Sol/Sp	Sol/-	Sol/Sol	Sol/Sp	Sol/Sol
<i>Brachypodium sylvaticum</i> (Huds.) Beauv.	-/-	-/-	-/-	-/-	Sol/Sol	Sol/Sp
<i>Cacalia hastata</i> L.	-/-	-/-	-/-	-/-	Un/Sol	-/-
<i>Calamagrostis arundinaceae</i> (L.) Roth.	Cop ¹ /Sp	Cop ¹ /Cop ²	Cop ¹ /Cop ¹	Cop ¹ /Sp	Cop ¹ /Cop ¹	Sp/ Cop ²
<i>C. langsdorfii</i> (Link.) Trin.	-/-	Sol/Sol	Sp/Sp	Sp/Sp	Sp/Cop ¹	-/Cop ¹
<i>Campanula glomerata</i> L.	-/-	-/-	-/-	Sol/Sol	Sol/Sol	Sp/Sp
<i>Carex caespitosa</i> L.	-/-	-/-	Sp/Sp	Sp/Sp	Sp/Cop ¹	Sp/Cop ¹
<i>C. pallescens</i> L.	Sol/Sol	-/-	Sol/Sol	-/-	Sol/Sp	Sol/Sp
<i>Carum carvi</i> L.	-/-	-/-	-/-	Sol/Sol	Sol/-	Sol/Sp
<i>Cerastium holosteoides</i> Fries.	-/-	-/-	Sol/Sol	-/Sol	-/-	-/-
<i>Chamerion angustifolium</i> (L.) Holub	Sol/-	-/-	Sp/Sp	Cop ¹ /Cop ²	Cop ¹ /Cop ²	Sp/Cop ¹
<i>Cirsium heterophyllum</i> (L.) Hill.	Sol/-	Sol/Sol	Sol/Sol	-/-	Sp/Sol	Sol/Sp
<i>C. setosum</i> (Willd.) Bess.	-/-	-/-	-/-	Sol/Sol	Sol/Sp	Sp/Sp
<i>Crepis sibirica</i> L.	-/-	-/-	Sol/Sp	Sol/Sol	-/-	-/-
<i>C. tectorum</i> L.	Sol/Sol	-/-	Sp/Sp	-/Sol	Sol/Sol	Sol/Sp
<i>Conium maculatum</i> L.	-/-	-/-	-/-	-/-	-/Sol	Sol/Sol
<i>Dactylis glomerata</i> L.	-/-	-/Sol	-/Sol	Sol/Sol	Sol/Sp	Sp/Sp
<i>Daucus carota</i> L.	-/-	-/-	-/-	Sol/Sol	-/Sol	Sol/Sol
<i>Deschampsia caespitosa</i> (L.) Beauv.	Sp/Sp	Sol/Cop ¹	Cop ¹ /Cop ¹	Cop ¹ /Cop ¹	Cop ¹ /Cop ²	Sp/Cop ²
<i>Digitalis grandiflora</i> Mill.	Sol/Un	Sol/Sol	-/-	-/-	Sol/Sol	Sol/Sol
<i>Dryopteris filix mas</i> (L.) Schott	Sol/Sol	-/-	Sp/Sol	Sol/Sol	Sol/Sp	Sol/Sol

Продолжение табл. 1

Видовое название	Номер секции					
	1	1a	2	2a	3	3a
<i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski	–/–	–/–	Sp/Cop ¹	Cop ¹ /Cop ²	Sp/Cop ²	Cop ¹ /Cop ²
<i>Equisetum pratense</i> L.	Sol/Sol	–/–	–/–	Sol/Sol	–/–	–/–
<i>E. sylvaticum</i> L.	Sp/Sp	Sol/Sol	Sp/Sp	Sol/Sp	–/–	Sol/Sp
<i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim.	Sp/Sol	Sp/Sp	Sol/Sp	Sp/Sp	Sol/Sp	Sol/Cop ¹
<i>Fragaria vesca</i> L.	Sol/Sol	Sol/Sp	Sol/Sol	Sp/Sp	Sp/Sp	Sol/Sp
<i>Galeopsis speciosa</i> Mill.	–/–	–/–	–/–	–/Sol	Sol/Sp	Sol/Sp
<i>G. tetrahit</i> L.	–/–	–/–	–/–	–/–	Sol/Sol	Sol/Sp
<i>Galium aparine</i> L.	–/–	Sol/Sol	Sol/Sol	Sol/Sol	–/Sol	Sol/Sp
<i>G. boreale</i> L.	–/–	–/–	Sp/Sp	Sol/Sp	Sp/Sp	Sp/Sp
<i>Geranium pratense</i> L.	Sol/Sol	Sp/Sp	Sol/Sol	–/Sol	Sol/Sp	Sol/Sp
<i>G. sylvaticum</i> L.	Sp/Sol	–/–	–/Sol	Sol/Sp	Sp/Sol	Sol/Sol
<i>Geum rivale</i> L.	–/–	Sol/Sol	–/Sol	–/–	–/Sol	Sol/Sol
<i>G. urbanum</i> L.	Sol/ Un	Sol/Sol	Sol/Sol	–/–	Sp/Sol	Un/–
<i>Hieracium umbellatum</i> L.	Sol/Sol	–/–	Sol/Sol	–/–	Sp/Sp	–/–
<i>Hypericum perforatum</i> L.	Sol/–	Sol/Sol	Sol/Sp	Sp/ Sp	Sp/Sp	Sol/Sp
<i>Lamium purpureum</i> L.	–/–	–/–	–/–	–/–	Sol/Sol	Sol/Sp
<i>Lathyrus gmelinii</i> Fritsch.	–/–	–/–	Sol/Sol	Sol/Sol	Sol/Sol	–/Sol
<i>L. pratensis</i> L.	Sol/–	Sol/Sol	Sol/Sol	Sp/Sp	Sp/Sp	Sp/Sp
<i>L. sylvestris</i> L.	–/–	–/–	Sol/Sol	Sol/Sol	–/–	–/–
<i>L. vernus</i> (L.) Bernh.	–/–	Sol/Sol	Sol/Sol	–/Sol	–/–	Sol/Sp
<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.	–/Sol	Sol/Sol	–/–	–/–	–/Sol	Sol/Sol
<i>Lupinaster pentaphyllus</i> Moench.	–/–	–/–	–/–	–/–	Sol/Sol	Sol/Sol
<i>Luzula pilosa</i> (L.) Willd.	Sol/Sol	–/–	–/Sol	Sol/Sol	–/–	–/–
<i>Majanthemum bifolium</i> (L.) F.W. Schmidt	Sp/Sp	Sp/Sol	Sol/Sp	Sol/Sp	Sol/Sol	–/–
<i>Melandrium album</i> (Mill.) Garcke	–/–	–/–	Sol/Sol	–/–	–/–	–/–
<i>Mentha arvensis</i> L.	–/–	–/–	Sol/Sp	–/–	–/Sol	Sol/Sol
<i>Oxalis acetosella</i> L.	Sp/Sp	–/–	Sol/–	Sp/Sp	–/Sol	–/–
<i>Paris quadrifolia</i> L.	Sol/–	–/–	Sol/Sol	–/–	Sol/ Sol	–/–
<i>Phalaroides arundinaceae</i> (L.) Rausch.	–/–	–/–	Un/Sol	Sol/Sp	Sp/Cop ¹	Sp/Cop ¹
<i>Poa nemoralis</i> L.	–/–	–/Sol	–/–	Sol/Sol	Sp/Sp	Sp/Cop ¹
<i>P. pratensis</i> L.	–/–	–/–	–/–	Sol/Sp	Sol/Sp	Sp/Cop ¹

Окончание табл. 1

Видовое название	Номер секции					
	1	1a	2	2a	3	3a
<i>Polygonum bistorta</i> L.	-/-	Sol/Sol	-/-	Sol/Sol	Sol/Sol	Sol/Sp
<i>P. persicaria</i> L.	-/-	Sol/Sol	-/-	-/-	Un/ Sol	Sol/Sol
<i>Potentilla erecta</i> L.	-/-	-/-	Sol/Sp	Sp/Sp	Sol/Sol	Sol/Sol
<i>Prunella vulgaris</i> L.	Sp/Sp	-/-	Sp/Sp	-/-	-/-	-/-
<i>Pulmonaria dacica</i> Simonk.	Sp/Sol	Sol/Sol	Sp/Sol	Sol/Sol	Sol/Sol	Sol/Sol
<i>Ranunculus acris</i> L.	-/-	-/-	Sol/Sol	Sol/Sol	Sol/Sol	Sol/Sp
<i>R. repens</i> L.	-/-	-/-	Sol/Sol	Sol/Sol	Sol/Sp	Sol/Sp
<i>Rubus saxatilis</i> L.	-/-	-/-	-/Sol	Sol/Sp	-/Sol	Sol/Sol
<i>Rumex acetosa</i> L.	-/-	-/-	-/-	Sol/Sol	Sol/Sol	Sol/Sol
<i>Sanguisorba officinalis</i> L.	Un/-	Sol/ Sol	Sol/Sp	Sp/Sp	Sol/Sol	Sp/Sp
<i>Scrophularia nodosa</i> L.	-/-	-/-	-/-	Sol/-	Sol/Sol	-/Sol
<i>Sonchus palustris</i> L.	-/-	-/-	-/Sol	Sol/Sp	Sol/Sol	Sol/Sp
<i>Stellaria Bungeana</i> Fenzl.	-/-	-/-	-/-	-/-	Sol/Sol	Sol/Sp
<i>S. graminea</i> L.	-/-	-/-	-/-	-/Sol	Sol/Sp	Sp/Sp
<i>S. holostea</i> L.	Sp/Sol	Sp/Cop ¹	Sol/Cop ¹	Sol/Sol	Sol/Sol	Sol/Sp
<i>S. media</i> (L.) Cyr.	Cop ¹ /Sp	Cop ¹ /Cop ¹	Sp/Sp	Sol/Sp	Sp/Sp	Sp/ Sp
<i>S. nedia</i> (L.) Cyr.	Sol/-	Sol/Sp	Sol/Sp	-/Sol	Sol/Sp	Sol/Sp
<i>Succisa pratensis</i> Moench.	-/-	-/-	-/-	-/Sol	Sol/Sol	Sol/Sp
<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.	-/-	-/-	Sol/Sol	-/Sol	-/Sol	-/Sol
<i>Thalictrum aquilegifolium</i> L.	Sol/Un	Sol/Sp	Sp/Sol	Sol/Sol	Sp/Sol	Sol/Sp
<i>Trientalis europaea</i> L.	Sol/Sol	-/-	Sol/Sp	Sp/Cop ¹	-/-	-/-
<i>Tripleurospermum inodorum</i> (L.) Sch. Bip.	-/-	-/-	-/-	Sol/Sol	Sol/Sol	Sol/Sp
<i>Trollius europeus</i> L.	-/-	-/-	-/-	Sol/Sol	Sol/Sp	Sol/Sp
<i>Tussilago farfara</i> L.	-/-	Sol/Sol	Sol/Sp	Sol/Sol	-/-	-/-
<i>Valeriana officinalis</i> L.	-/-	-/-	-/-	-/-	Sol/Sol	Sol/Sp
<i>Veratrum lobelianum</i> Bernh.	Sol/Sol	Sol/Sp	Sol/Sol	Sol/Sol	-/Sol	Sol/Sp
<i>Veronica chamaedrys</i> L.	Sp/Sol	-/-	Sol/Sp	-/Sp	-/-	Sp/Sp
<i>Vicia cracca</i> L.	-/-	-/-	-/Sol	Sol/Sp	-/-	Sol/Sp
<i>V. sepium</i> L.	-/-	-/-	-/-	-/-	Sol/Sol	Sol/Sol
<i>Viola canina</i> L.	-/-	Sp/Sp	Sol/Sol	-/-	-/Sol	Sp/Sol

Примечание. В числителе приведены данные для первого года после рубок ухода, в знаменателе – для третьего.

УДК 630*92

А.Г. Магасумова, Н.Н. Новоселова, Е.С. Залесова

Магасумова Альфия Гаптрауфовна родилась в 1978 г., окончила в 2000 г. лесохозяйственный факультет Уральской государственной лесотехнической академии, в 2003 г. экономический факультет Уральского государственного лесотехнического университета, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом аспирантуры и докторантуры УГЛТУ. Имеет 21 печатную работу в области лесоведения и лесоводства.
E-mail: aspir_USFEU@rambler.ru



Новоселова Надежда Николаевна родилась в 1960 г., окончила в 2003 г. Уральский государственный лесотехнический университет, кандидат сельскохозяйственных наук, директор Ильинского лесничества, пос. Ильинский Пермского края. Имеет 14 печатных работ по формированию лесных насаждений на землях, вышедших из-под сельскохозяйственного использования.
Моб. тел.: 8-902-79-37-750



Залесова Евгения Сергеевна родилась в 1988 г., студентка лесохозяйственного факультета Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет 15 печатных работ по проблеме оптимизации рубок ухода.
Тел.: 8(343) 261-97-08



РУБКИ УХОДА В НАСАЖДЕНИЯХ, ФОРМИРУЮЩИХСЯ НА БЫВШИХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДЬЯХ

Рассмотрены вопросы совершенствования рубок ухода в насаждениях, сформированных на бывших сельскохозяйственных угодьях. Экспериментально установлена оптимальная интенсивность изреживания и даны рекомендации по повышению лесоводственной эффективности рубок ухода.

Ключевые слова: рубки ухода, интенсивность изреживания, уход за составом, прирост, состав.

В XX столетии в России неоднократно возникали периоды, сопровождавшиеся изменениями в структуре землепользования. Последние были связаны с первой мировой и гражданскими войнами, коллективизацией, Великой Отечественной войной, послевоенным оттоком населения в города, ликвидацией «неперспективных» деревень и т. д. Однако наиболее существенные изменения произошли в начале 1990-х гг. в связи с новыми экономическими условиями. На 1 июля 2006 г. в Российской Федерации заброшено 54,4 млн га земель, или 33 % от общей площади сельскохозяйственных угодий [1].

Эти земли интенсивно зарастают древесно-кустарниковой растительностью [2, 3]. В частности, только с 1992 г. по 2004 г. ФГУ «Пермсельлес» по заявлениям сельскохозяйственных предприятий было переведено около 300 тыс. га бывших сельскохозяйственных угодий в категорию земель, покрытых древесно-кустарниковой растительностью (табл. 1).

Основу переданных земель составляют пашни (82,1 %). Относительно невелика доля пастбищ (5,9 %). Они расположены, как правило, ближе к населенным пунктам, частично используются по прямому назначению, а частично перешли в категорию сенокосов, и их зарастание замедляется в связи с использованием. Доля сенокосов составляет 12 %, что объясняется другими причинами. Прежде всего, они находятся на полях, а мелкие пойменные, даже заросшие, просто не передавались. Максимальная доля сенокосов (12,5 %) передана в подзоне южной тайги, с продвижением на юг и север она уменьшается. По нашим данным, 22,2 % переданных площадей нуждается в рубках ухода, особенно в подзоне южной тайги.

Молодняки, формирующиеся на бывших сельскохозяйственных угодьях, отличаются рядом особенностей, которые необходимо учитывать как при разработке системы ведения лесного хозяйства в целом, так и при рубках ухода, в частности. Так, участки, возобновившиеся березой, не всегда целесообразно реконструировать в хвойные насаждения. На этих землях формируются семенные древостои березы, что позволяет улучшить генофонд березняков на территории средней и южной подзон таежной зоны Пермского края и получить через 45...50 лет высококачественную березовую древесину.

Объектами рубок ухода на землях, исключенных из сельскохозяйственного оборота, будут, прежде всего, смешанные елово-березовые и сосново-березовые насаждения с высокой долей хвойных пород. Целью рубок является дальнейшее ее увеличение в составе формируемых древостоев.

В процессе исследований нами заложены опытные объекты по рубкам ухода в березняках с примесью ели, существенно уступающей березе по высоте (0,25 против 1,8...2,4 м). Рубки ухода проводили коридорным способом. Ширина вырубаемых коридоров составляла 3 м, а интенсивность рубки регулировалась шириной пасек от 2 до 10 м (табл. 2). В коридорах мягколиственные породы вырубались полностью, в пасеках рубка не велась. Помимо этого была оставлена контрольная и выполнена рабочая секция, на которой удалены все лиственные породы.

Рубки ухода не повлияли на состав древостоя вследствие малой средней высоты ели. Снизилась сомкнутость древесного полога, в целом не изменились средняя высота и диаметр. Сплошная вырубка лиственных пород привела к тому, что на участке насаждение как таковое перестало существовать. Другими словами, сомкнутый молодняк превратился по сути в вырубку с сохранным подростом ели.

Без ухода насаждение развивается как мягколиственное, при этом доля ели даже несколько снижается (табл. 2, секция А). На участках с рубками ухода картина несколько иная. Получая дополнительное освещение в разрубленных коридорах, ель увеличивает прирост, однако продолжает существенно отставать по высоте от березы, сохранный на пасеках. Особенно четко проявляется положительная роль рубок ухода на участках с интенсивностью изреживания 50 и 60 %.

По мере уменьшения интенсивности ухода пропорционально снижается его лесоводственная эффективность, так как после изреживания береза дает интенсивную поросль от пня и коридоры очень быстро зарастают мягколиственными породами. При этом потенциальные возможности выхода

Таблица 2

Таксационная характеристика древостоев

Индекс секции	Ширина пасаеки, м	Интенсивность рубки по густоте, %	Состав древостоя	Густота, тыс. шт./га	Средние		Сомкнутость полога
					высота, м	диаметр, см	
До рубки							
А	–	–	10Б+Е, ед.С	30,6	2,1	1,8	1,00
Б	–	–	10Б+Е, ед.С	28,7	2,0	1,8	1,00
В	–	–	10Б+Е, ед.С	31,5	1,8	1,6	1,00
Г	–	–	10Б+Е, ед.С	33,4	2,2	1,9	1,00
Д	–	–	10Б+Е, ед.С	30,4	2,3	2,0	1,00
Е	–	–	10Б+Е, ед.С	29,9	2,4	2,2	1,00
После рубки							
А	–	–	10Б+Е, ед.С	30,6	2,1	1,8	1,00
Б	2	60,0	10Б+Е, ед.С	11,5	2,0	1,8	0,45
В	3	50,0	10Б+Е, ед.С	16,0	1,8	1,6	0,55
Г	5	37,5	10Б+Е, ед.С	21,1	2,2	1,9	0,65
Д	10	23,0	10Б+Е, ед.С	24,4	2,3	2,0	0,80
Е	–	98,0	Подрост ели высотой 0,25 м	0,7	–	–	–
Спустя 3 года после рубки							
А	–	–	10Б+С, ед.Е	30,5	2,9	2,5	1,00
Б	2	60,0	10Б, ед.С,Е	17,7	3,2	2,5	0,55
В	3	50,0	10Б, ед.С,Е	21,3	3,0	2,3	0,60
Г	5	37,5	10Б, ед.С,Е	22,5	2,8	2,3	0,70
Д	10	23,0	10Б, ед.С,Е	26,9	2,9	2,3	0,90
Е	–	98,0	8Б1С1Е	2,1	1,3	–	0,90

ели в верхний ярус определяются не столько шириной разрубленных коридоров, сколько начальной густотой березового древостоя. На участке, где деревья мягколиственных пород были вырублены полностью, сформировалось смешанное насаждение, однако доминирует по-прежнему береза, но не семенного, а порослевого происхождения.

Особо следует отметить, что прирост по высоте у ели на секции Д значительно ниже, чем на секциях Б и В (табл. 3), что, на наш взгляд, объясняется резким изменением условий произрастания. Другими словами, при проектировании выращивания ели на землях, исключенных из сельскохозяйственного оборота, требуется проведение рубок ухода интенсивностью 50...60 %. Меньшее изреживание не приводит к повышению прироста в высоту, а при полном удалении листового полога создается опасность повреждения елового подроста заморозками.

Таблица 3

Показатели роста ели

Индекс секции	Интенсивность рубки, %	Встречаемость подраста ели, %	Диаметр, см	Высота, см	Прирост по высоте за 3 года, см
А	0	92	1,20 ± 0,15	29,0 ± 2,3	4,30±0,20
Б	60,0	96	2,00 ± 0,20	55,0 ± 3,5	14,70±2,55
В	50,0	100	1,80 ± 0,18	55,0 ± 3,0	14,00±2,05
Г	37,5	96	1,70 ± 0,16	32,0 ± 3,4	5,70±1,25
Д	23,0	92	1,30 ± 0,15	29,0 ± 2,5	4,50±1,05
Е	98,0	92	1,90 ± 0,16	35,0 ± 3,0	6,20± 1,40

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Рубки ухода в молодняках, сформировавшихся на пашнях, сенокосах и пастбищах, следует проводить при встречаемости хвойного подроста не ниже 60 %. Чистые березняки необходимо оставлять на выращивание, поскольку они представлены семенными экземплярами.

2. Рубки ухода рекомендуется проводить коридорным способом при ширине коридоров 3 м и интенсивности изреживания 50...60 %.

3. Полное удаление лиственных пород создает угрозу гибели ели от заморозков и замены семенных березняков порослевыми.

4. Пройденные рубками участки целесообразно разделять полосами без ухода, что впоследствии будет способствовать снижению опасности распространения пожаров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гульбе А.Я. Процесс формирования молодняков древесных пород на залежи в южной тайге (на примере Ярославской области): автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 2009. – 23 с.

2. Залесов С.В., Новоселова Н.Н., Абрамова Л.П. Формирование насаждений на землях, вышедших из-под сельскохозяйственного использования в условиях средней подзоны тайги Пермской области // Леса Урала и хозяйство в них: сб. науч. тр. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2004. – Вып. 25. – С. 30–41.

3. Залесов С.В., Новоселова Н.Н., Абрамова Л.П. Формирование насаждений на землях, вышедших из-под сельскохозяйственного использования в подзонах средней и южной тайги Пермской области // Сельские леса России: прошлое, настоящее, будущее: материалы междунар. симпозиума. – СПб.: СПбНИИЛХ, 2004. – С. 136–155.

A.G. Magusomova, N.N. Novoselova, E.S. Zalesova

Thinning in Stands Formed on Former Agricultural Lands

The thinning methods of secondary felling improvement are considered for the stands formed on former agricultural lands. The optimal intensity of thinning is established experimentally, recommendations for increasing the silvicultural efficiency of thinning are provided.

Keywords: thinning, thinning intensity, composition care, increment, composition.

Таблица 1

**Площадь заросших сельскохозяйственных угодий,
переданных ФГУ «Пермсельлес» (в числителе – га, в знаменателе – %)**

Подзона	Площадь заросших сельскохозяйственных угодий	В том числе			Требуют проведения лесоводственных мероприятий	
		пашни	сенокосы	пастбища	Рубки ухода	Комбинированное лесо- восстановление
Северная тайга	<u>1200,0</u>	<u>1071,6</u>	<u>90,0</u>	<u>38,4</u>	<u>85,2</u>	<u>48,0</u>
	100	89,3	7,5	3,2	7,1	4,0
Средняя тайга	<u>55 457,7</u>	<u>45 586,3</u>	<u>6654,9</u>	<u>3216,5</u>	<u>6211,3</u>	<u>2828,3</u>
	100	82,2	12,0	5,8	11,2	5,1
Южная тайга	<u>182 580,5</u>	<u>146 393,2</u>	<u>22 837,3</u>	<u>13 350,0</u>	<u>51 806,0</u>	<u>17 121,5</u>
	100	80,2	12,5	7,3	28,4	9,4
Смешанные хвойно- широколиственные леса	<u>53 103,6</u>	<u>46 041,9</u>	<u>5966,7</u>	<u>1095,0</u>	<u>8453,5</u>	<u>7598,7</u>
	100	86,7	11,2	2,1	15,9	14,3
Лесостепь	<u>7617,0</u>	<u>7305,0</u>	<u>305,0</u>	<u>7,0</u>	<u>168,0</u>	–
	100	95,9	4,0	0,1	2,2	
Итого	<u>299 958,8</u>	<u>246 398,0</u>	<u>35 853,9</u>	<u>17 706,9</u>	<u>66 724,0</u>	<u>27 596,5</u>
	100	82,1	12,0	5,9	22,2	9,2

УДК 630*2(574.51)

Д.Н. Сарсекова

Сарсекова Дани Нургисаевна родилась в 1961 г., окончила в 1984 г. Казахский сельскохозяйственный институт, кандидат сельскохозяйственных наук, докторант Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет 57 работ по проблеме плантационного лесовыращивания.
E-mail: Dani61@yandex.ru



СПОСОБНОСТЬ К ЕСТЕСТВЕННОМУ ВОЗОБНОВЛЕНИЮ ХВОЙНЫХ ИНТРОДУЦЕНТОВ НА ЮГО-ВОСТОКЕ КАЗАХСТАНА

Установлено, что в арборетуме лесного питомника хвойные интродуценты успешно плодоносят и дают урожай не меньше, чем в пределах естественных ареалов.

Ключевые слова: семеношение, возобновление, подрост, интродукция, устойчивость, всходы.

Состояние естественного возобновления в биогруппах хвойных интродуцентов в предгорно-степной зоне республики исследовали путем пересчета самосева (всходов) и подроста на заложенных осенью 2007 г., равномерно расположенных учетных площадках в арборетуме лесного питомника. Подробное описание видового состава, возраста и хода роста хвойных интродуцентов приведено нами ранее [6]. В ходе исследований учитывались число всходов, а также подроста высотой до 1 м и выше. В биогруппах, где естественного возобновления не было, закладывали по четыре учетные площадки размером 1×1 м с минерализацией верхнего слоя почвы в целях создания оптимальных условий для прорастания семян. На этих площадках вели наблюдения за количеством всходов и их сохранностью в течение лета.

Таблица 1

Урожай семян хвойных пород в пределах естественных ареалов

Биологический вид	Место наблюдения	Авторы	Зафиксированный урожай семян на 1 га	
			тыс. шт.	кг
Сосна обыкновенная	Бузулукский бор	А.П. Тольский [7]	160 ... 2840	1 ... 19
	Брянское опытное лесничество	А.В. Тюрин [8], И.Д. Юркевич и др. [9]	0 ... 1232	0,5 ... 7,0
Ель обыкновенная	Сиверский лесхоз Ленинградской области	О.Г. Каппер [2]	10 ... 2000	0,05 ... 10,00

Интродуцированные виды образуют, как правило, недостаточное количество семян. Наши исследования показали, что урожайность большинства из них не хуже, чем в насаждениях естественного ареала. Правда, мы не смогли точно подсчитать фактическое количество опадающих на землю се-

мян, однако при сплошном сборе шишек урожая 2007 г. для производственных целей было заготовлено 124, 64 г семян ели сибирской (25 832 шт.), или 1987 тыс. шт. на 1 га.

Сравнивая результаты наших исследований с имеющимися в научной литературе (табл. 1), убеждаемся, что интродуцированные в арборетуме хвойные породы образуют достаточное для естественного возобновления количество семян. В то же время их лабораторная всхожесть (табл. 2) не превысила 40 %, что затрудняет формирование подроста в хвойных биогруппах.

Лабораторная всхожесть семян тесно связана с грунтовой, от которой непосредственно зависит количество появившегося самосева. Известно, что грунтовая всхожесть – показатель весьма неустойчивый, сильно варьирует в зависимости от условий произрастания, погоды, агротехники и др.

Многолетние данные ВНИИЛХ [3] и ВНИАЛМИ [4] по изучению соотношения лабораторной и грунтовой всхожести семян сосны и ели приведены в табл. 2. Они свидетельствуют, что, используя метод интерполяции и аналогии

Таблица 2

Всхожесть семян, %

Лабораторная всхожесть	Грунтовая всхожесть		Лабораторная всхожесть	Грунтовая всхожесть	
	Сосна	Ель		Сосна	Ель
Данные ВНИИЛХ			Данные ВНИАЛМИ		
95	70	51	95	59	50
90	69	50	85	51	42
85	68	48	75	40	36
80	66	46	65	32	28
75	63	43	55	–	20
70	60	40	45	–	18
65	55	37	Данные Д.Е. Гурикова*		
60	50	33	72	–	30
55	44	28	68	–	23
50	37	24	32	–	5
			20	–	1

* Для ели Шренка.

градиентов, можно с определенной долей вероятности рассчитать грунтовую всхожесть семян изучаемых нами видов. Семена ели, имеющие лабораторную всхожесть около 30 % и меньше, характеризуются крайне низкой грунтовой всхожестью. Последнее является серьезной причиной слабого естественного лесовосстановления.

Появлению и накоплению подроста хвойных пород в биогруппах препятствует также конкуренция со стороны живого напочвенного покрова. Семена хвойных застревают в травостое, лесном опаде и верхнем слое лесной подстилки, не достигая минерального слоя почвы. Исследования Л.Н. Грибанова [1] показали, что в ленточных борах Прииртышья лишь около 35 % сосновых семян попадают на почву, где складываются благоприятные условия для их прорастания, другие остаются на поверхности лесного опада (17 %) и застревают в лесной подстилке (48 %). В арборетуме на межлесных полянах из-за густого травянистого покрова и развитой дернины семена не достигают поверхности почвы, поэтому ни самосев, ни подрост здесь не встречаются.

В насаждениях сосны обыкновенной травянистый покров также имеет место. Здесь преобладают двудольные виды с проективным покрытием почвы около 90 %. В биогруппах под густыми кронами ели травяного покрова нет, имеется лишь редкий подлесок и мертвый покров из лесного опада, в основном хвои и листьев винограда. Лесная подстилка в биогруппах еще полностью не сформирована, ее толщина не превышает 1...2 см. Кроме того, в арборетуме есть одно существенное преимущество для переноса и прорастания семян по сравнению с естественными лесами – это искусственное орошение. Вода способствует вымыванию семян в минеральный слой почвы и периодически увлажняет их. В общей сложности, учитывая условия, складывающиеся под пологом биогрупп хвойных интродуцентов, можно допустить, что здесь, как и в ленточных борах, минерализованной поверхности почвы достигает около 35 % опавших семян, и мы вправе ожидать появления всходов.

Наши исследования показали, что в 2007 г. в биогруппе ели обыкновенной заготовлено 4476 семян, или 666,2 тыс. шт на 1 га. Полагаем, что минерального слоя почвы из них достигло около 35 %, т. е. 232,85 тыс. семян. При их лабораторной всхожести 63 % (см. табл. 2) грунтовую всхожесть можно принять за 30 %, т. е. ожидать появления около 69,8 тыс. всходов на 1 га, или около 7 всходов на 1 м². Аналогичным подсчетом получим вероятное количество самосева ели обыкновенной 11, сосны обыкновенной 2 шт./м².

Основываясь на теоретическом расчете, осенью 2007 г. мы заложили специальный опыт в биогруппах сосны обыкновенной и ели обыкновенной. Его цель – убедиться в возможности появления самосева в биогруппах; проверить реальность использования метода учетных площадок для количественного учета самосева хвойных пород; установить необходимое число площадок для обеспечения заданной точности учета; определить степень сохранности всходов самосева в первый год их жизни и далее.

Для этого 20 октября 2007 г. под пологом биогрупп были подготовлены 5 учетных площадок размером 1 × 1 м. Их размещение произвольно-равномерное. С поверхности площадок убрали лесной опад и подстилку, а почву рыхлили граблями.

На следующий год, 29 апреля, 5 июня, 3 июля и 25 августа, подсчитывали число появившихся и сохранившихся всходов (табл. 3). Материалы таблицы свидетельствуют, что количество самосева хвойных интродуцентов под пологом биогрупп колеблется от $1,60 \pm 0,78$ до $74,20 \pm 14,64$ шт./м² в зависимости от биологических особенностей видов. Наибольшее число всходов дала ель обыкновенная ($31,7$ шт./м²).

Значительно меньшее количество самосева сосны, на наш взгляд, объясняется влиянием погодных условий разных лет на цветение и формирование урожая семян. У сосны урожая 2007 г. семена закладывались в 2006 г. Ель образует зрелые семена в год цветения, т. е. в 2007 г. Таким образом, оказалось, что 2007 г. был урожайным для ели и неурожайным для сосны.

Другой вывод из данного эксперимента заключается в том, что метод учетных площадок для изучения самосева хвойных пород вполне оправ-

дан. Однако принятое нами количество учетных площадок оказалось недостаточным. Точность подсчета появившихся всходов превышает 13 при норме 5 %. Для повышения точности опыта до 5 % необходимо увеличить число учетных площадок в урожайный год до 25...30, в неурожайный до 50. Для расчета используем формулу из математической статистики:

$$P = Cv \sqrt{n},$$

где P – принятая точность опыта, равная 10 %;

Cv – коэффициент вариации, в урожайный для ели год колеблется от 43 до 65 % (в среднем 52 %), в неурожайный для сосны год – от 39 до 109 % (в среднем 72 %);

n – число учетных площадок размером 1 м², шт.

Поскольку площадь биогрупп не превышает 300 м², целесообразно, увеличивая число учетных площадок, сокращать их размер до 0,50...0,25 м². Тем не менее, несмотря на невысокую точность учета самосева, мы можем сделать вполне обоснованный вывод о достаточном его количестве в урожайные годы. При этом следует опираться не на среднестатистические данные (M), а на вероятное минимальное значение, т. е. среднее минус его ошибка при 5 %-м уровне значимости. В этом случае число всходов варьирует от 9 до 20 шт./м² у ели (см. табл. 3), что вполне достаточно, если будет обеспечена их сохранность.

Таблица 3

Результаты учета самосева интродуцентов на учетных площадках в 2008 г. (урожай 2007 г.)

Биологический вид	Число всходов						Сохранность, %	
	появившихся		3 июля		25 августа		3 июля	25 августа
	$M \pm m$, шт./м ²	Cv , %	$M \pm m$, шт./м ²	Cv , %	$M \pm m$, шт./м ²	Cv , %		
Сосна обыкновенная	1,6±0,8	109	0	0	0	0	0	0
Ель обыкновенная	31,7±27,4	43	20,3±5,0	13	8,5±3,8	89	64,2	26,8

Из материалов табл. 2 следует, что при хорошем урожае семян и достаточном количестве всходов (25 шт./м²) сохранность самосева до середины лета довольно высокая. К 3 июля в основном она колебалась от 0 до 64 %. Правда, следует учесть особо благоприятные условия весны и начала лета 2008 г., в частности невысокие температуры воздуха. Однако во второй половине лета, когда установилась жаркая сухая погода, обычная для этого периода года, отпад всходов резко увеличился. К 25 августа число сохранившихся растений сократилось в 2–8 раз по сравнению с 3 июля и составило у елей 8,5 шт./м² (см. табл. 3). Всходов сосны практически не было. Таким образом, отсутствие подроста в биогруппах хвойных объясняется не недостатком семян и их низкой всхожестью, а, главным образом, очень большим отпадом всходов в период длительных засух и особо высоких температур воздуха, обычных для района исследований.

Полученные данные позволили рассчитать ориентировочный урожай семян изучаемых интродуцентов. В основу положен принцип учета опадающих семян с помощью семеномеров. Однако если этот метод позво-

ляет установить урожай по количеству опавших семян на определенную улавливающую площадь, то мы стремились определить его по числу появившихся всходов. Теоретическая предпосылка выглядит так: если известна лабораторная всхожесть опавших семян и корреляционная зависимость ее от грунтовой, то, зная число опавших семян, можно с определенной вероятностью предвидеть, какое количество всходов появится из них.

Очевидно, можно решить и обратную задачу: по числу всходов подсчитать, из какого количества опавших семян они образовались (табл. 4). Конечно, следует иметь в виду, что не все семена опадают на землю, часть их остается в шишках (около 2 %), часть склевывают птицы и уничтожают грызуны, поэтому результат будет занижен.

В 2007 г. в биогруппах хвойных пород также проводилась хозяйственная заготовка семян в небольшом количестве, что в определенной степени отразилось на результатах расчетов, занизив их. Кроме того, подсчет появившихся всходов неминуемо будет производиться с какой-то ошибкой, а в нашем опыте было всего по 5 учетных площадок на биогруппу, что также может вызвать занижение расчетного урожая по сравнению с фактическим.

Таблица 4

Ориентировочное количество опавших семян интродуцентов из урожая 2007 г.

Биологический вид	Среднее число всходов, шт./м ²		Всхожесть опавших семян, %		Ориентировочное число опавших семян, тыс.шт./га
	среднестатистическое $M \pm m$	минимальное среднее $M - mt_{05}$	лабораторная	расчетная грунтовая	
Сосна обыкновенная	1,60±0,78	0	60	39,5	0
Ель обыкновенная	31,70±4,25	19,9	24	10,0	1990

Эти замечания следует учитывать, оценивая результаты нашего эксперимента. Они показывают минимально возможное количество опавших семян в конкретных условиях данного года. Зато этот вывод будет сделан с большей уверенностью, чем при использовании среднестатистического показателя.

Даже с учетом отмеченных выше потерь фактического урожая число опавших на 1 га семян ели было не меньше, чем наблюдается в естественных насаждениях. Для сосны, как отмечалось ранее, 2007 г. оказался неурожайным, что подтверждается малым количеством семян (до 160 тыс.шт./га).

Подводя итоги обсуждения результатов исследований, можно с уверенностью констатировать:

все изучаемые виды успешно плодоносят и дают урожай, близкий к таковому в пределах естественных ареалов;

лабораторная всхожесть семян колеблется в широких пределах и зачастую бывает очень низкой (менее 40 %) в основном из-за большой примеси пустых семян;

несмотря на низкую всхожесть семян, в урожайные годы их количество вполне достаточно для появления обильного самосева (5 шт./м² и более);

сохранность всходов в урожайные годы до середины лета (3 июля) высокая (64,2 %), при неурожае низкая (0...22 %), к концу лета отпад резко возрастает из-за жаркой сухой погоды;

основными причинами отсутствия подрост хвойных в биогруппах являются наличие под пологом густого травостоя, лесного опада и лесной подстилки, задерживающих до 65 % опадающих семян, гибель всходов при длительных засухах и конкуренция со стороны материнского древостоя за влагу и свет.

Данные наших исследований согласуются с выводами Е.А. Романовской, И.Т. Попова и В.К. Кириенко [5], обследовавших состояние интродуцентов арборетума в 1972–1976 гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грибанов Л.Н. Сосновые леса Казахстана и биологические основы хозяйства в них: доклад по совокупности опубликованных работ, представленных на соискание учен. степени д-ра биол. наук. – Свердловск, 1965. – 54 с.
2. Каппер О.Г. Хвойные породы. – М.; Л., 1954.
3. Нарышкин М.А., Вакуров А.Д., Петерсон Ю.В. Географические культуры сосны обыкновенной под Москвой // Лесоведение. – 1983. – № 2. – С. 50–57.
4. Правдин Л.Ф. Научные основы селекции хвойных древесных пород. – М., 1978. – 190 с.
5. Романовская Е.А., Попов И.Т., Кириенко В.К. Интродукция хвойных пород в пустынно-степной зоне южного Казахстана // Лесн. хоз-во и агролесомелиорация в Казахстане. – Алма-Ата, 1976. – С. 176–183.
6. Сарсекова Д.Н. Анализ хода роста хвойных пород в арборетуме акционерного общества «Лесной питомник» Алмаатинской области // Аграрн. вестн. Урала. – 2008. – № 11 (53). – С. 91–92.
7. Тольский А.П. Лесное семеноводство. – Изд. 9-е. – М.; Л.: Гослесбумиздат, 1950.
8. Тюрин А.В., Науменко И.М., Воропанов П.В. Лесная вспомогательная книжка. – М.; Л.: Гослесбумиздат, 1956. – 532 с.
9. Юркевич И.Д., Голод Д.С., Парфенов В.И. Высокопродуктивные формы ели, их использование в селекции и практике лесного хозяйства // Состояние и перспективы развития лесной генетики, селекции, семеноводства и интродукции. Методы селекции древесных пород. – Рига, 1974. – С. 113–115.

D.N. Sarsekova

Natural Reforestation Ability of Coniferous Introducements in the Southeast of Kazakhstan

It is found out that coniferous introduced species in the forest nursery arboretum bear fruit successfully and produce crops not less than within the limits of natural habitats.

Keywords: seed bearing, reproduction, undergrowth, introduction, sustainability, sprouts.



ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 630*03

Э.Ф. Герц, С.В. Залесов, В.А. Копнов

Герц Эдуард Федорович родился в 1953 г., окончил в 1981 г. Уральский лесотехнический институт, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии и оборудования лесопромышленного производства Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет около 100 печатных работ в области организации и оптимального управления технологическими процессами лесопромышленного производства.

E-mail: gerz.e@mail.ru



Копнов Виталий Анатольевич родился в 1959 г., окончил в 1981 г. Уральский государственный университет, доктор технических наук, директор Института качества жизни, заведующий кафедрой управления качеством Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет около 100 печатных работ в области управления качеством и надежностью лесных машин и производств.

Моб. тел.: 8(922) 145-55-01

**ВЫБОР МАРШРУТА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ УЗКОЗАХВАТНЫХ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ МАШИН В РЕДИНАХ**

Разработана математическая модель выбора маршрута перемещения узкозахватных лесозаготовительных машин по взаимоспряженным кривым; приведены результаты имитационного моделирования непрямолинейного перемещения в процессе заготовки древесины в редилах.

Ключевые слова: вырубка редин, узкозахватная лесозаготовительная машина, выбор маршрута, крутизна маневрирования, движение по взаимоспряженным кривым.

Совершенствование технологических процессов и оборудования для выполнения лесосечных работ, непрерывный поиск новых совершенных решений, отбор наиболее жизнестойких из них привел к ситуации, в которой на рынке лесозаготовительных машин (ЛЗМ) преобладают манипуляторные с гусеничным или колесным двигателем.

Манипуляторы устанавливаются с возможностью поворота на 360° (полноповоротные) или на несколько меньший угол, но с возможностью работы с обеих сторон машины (широкозахватные). Максимальные вылеты манипуляторов ЛЗМ обусловлены, в основном, массой базового шасси и перемещаемого груза (дерева). Наиболее эффективно машина работает с деревьями, масса которых близка к расчетной грузоподъемности манипулятора, что позволяет при нормативных затратах времени на выполнение цикла достигать максимальной производительности.

Поэтому крупные производители предлагают технологические машины для рубок в молодняках, средневозрастных и спелых древостоях с учетом максимального диаметра дерева в месте спиливания. Однако при проведении

рубок главного пользования в высокобонитетных насаждениях диапазон варьирования деревьев по крупности может превышать предельные для машины значения. В результате проведения условно сплошной рубки на лесосеке остается некоторое количество крупномерных деревьев. Их число зависит от условий места произрастания и варьируется от нескольких штук до нескольких сотен деревьев, которые остаются после вырубki доступных для широкозахватных ЛЗМ деревьев и представляют собой редины. Завершать вырубку крупномерных деревьев можно с помощью моторных пил, а в условиях возрастания дефицита трудовых ресурсов и повышения их стоимости – узкозахватных ЛЗМ.

Очевидно, что узкозахватные ЛЗМ, в отличие от широкозахватных и полноповоротных, на каждой рабочей позиции срезают только одно дерево, поэтому стратегия выбора маршрута их перемещения по лесосеке должна отличаться. При заготовке леса ЛЗМ, вообще, и узкозахватной в редирах, в частности, необходимо выбирать такой маршрут перемещения по пасеке или ленте, разрабатываемой за один проход, при котором путь, проходимый ЛЗМ при разработке лесосеки, был бы минимальным, а ширина ленты – максимальной. Непрямолинейный маршрут перемещения ЛЗМ в процессе прохождения ленты леса с поворотами позволяет оператору в качестве очередного выбирать ближайшее дерево, находящееся в стороне от продольной оси ленты, увеличивая тем самым ее ширину, разрабатываемую за один проход, и соответственно уменьшая путь перемещения ЛЗМ, отнесенный к одному заготовленному дереву.

Цель нашего исследования – разработать математическую модель выбора маршрута перемещения узкозахватных лесозаготовительных машин по взаимосопряженным кривым.

В основу математической модели выбора маршрута узкозахватной ЛЗМ положено движение по взаимосопряженным кривым. Поворот на месте гусеничных ЛЗМ связан со значительными потерями энергии и времени на буксование, а для колесных он вообще не возможен.

Узкозахватная ЛЗМ с рабочей позиции заготавливает в редирах, как правило, только одно дерево. В качестве очередного дерева всегда рассматривается ближайшее по оси абсцисс. В предлагаемой нами модели выбора маршрута приняты следующие допущения и ограничения:

на стоянке в рабочей позиции машина располагается вдоль ленты, причем абсцисса стоянки машины и абсцисса заготавливаемого дерева равны: $x_{mi} = x_j$;

взаимное положение машины и дерева, для заготовки которого осуществляется переезд, определяется минимальным и максимальным вылетом

рабочего органа: $r + \frac{d_j}{2} \leq x_{mi} - x_j \leq R - d_j$;

радиус поворота ЛЗМ при переезде ограничивается минимально допустимым радиусом: $R_{nj} \geq R_{nm}$;

необходимость заготовки всех деревьев, расположенных на разрубаемой ленте со стороны вырубki: $y_j^{\text{дост}} \leq y_{j+1}^{\text{недост}}$.

Необходимый радиус поворота для переезда к очередной рабочей позиции определяется следующим образом:

$$R_{nj} = \frac{\Delta y^2 + \Delta x^2}{4\Delta y}.$$

Расстояние между двумя рабочими позициями зависит от их взаимного расположения:

при $\Delta x \geq \Delta y$ расстояние переезда складывается из двух взаимосопряженных дуг радиусом R_{nj} и составляет

$$l_k = R_{nj} \alpha,$$

где α – угол между продольной осью ленты и направлением переезда между двумя смежными рабочими позициями,

$$\alpha = 2\pi - 4\arctg \frac{\Delta x}{\Delta y};$$

при $\Delta x < \Delta y$ маршрут состоит из двух взаимосопряженных дуг радиусом R_{nj} и отрезка прямой l_n :

$$R_{nj} = \frac{\Delta x}{2}; \quad l_n = \Delta x - \Delta y - z,$$

где z – величина, характеризующая взаимное положение дерева и машины на двух смежных стоянках,

$$z = (y_{j+1} - y_{m+1}) - (y_j - y_{mi}).$$

Средняя ширина ленты, пройденная ЛЗМ за один проход,

$$b = \frac{n_3 \cdot 10^4}{L_n N_n},$$

где n_3 – число деревьев, заготовленное на ленте, шт.;

L_n – длина ленты, м;

N_n – число деревьев на гектаре, шт.

В соответствии с математической моделью перемещения ЛЗМ был разработан и моделирующий алгоритм.

Для имитационного эксперимента на основании анализа работы узкозахватной ЛЗМ в качестве варьируемых факторов, определяющих расстояние переезда между деревьями при случайном их распределении на площади, были приняты:

число деревьев на 1 га;

крутизна маневрирования, определяемая радиусом поворота.

Уровень варьирования факторов выбирали на основании целесообразности маневрирования ЛЗМ при переезде, которая, в свою очередь, определяется уменьшением расстояния переезда, отнесенного к одному заготовленному дереву, и увеличением ширины разрубаемой ленты леса. Для густоты насаждения минимальный и максимальный уровни варьирования

приняты соответственно 2 и 6 (100 шт./га). Для колесных тракторов минимальный радиус поворота ограничен конструктивно, для гусеничных тракторов он может равняться нулю. Однако поворот на месте связан со значительными потерями времени и энергии при буксовании. В практике работы гусеничных машин минимальный радиус поворота ограничен 2...4 м. На этом основании нижний и верхний уровни варьирования минимального радиуса поворота были приняты соответственно 4 и 8 м.

Эксперимент на имитационной модели проводили по полному факторному плану 2^2 . Для определения числа дублированных опытов и нормальности распределения выходной величины в центре плана был поставлен эксперимент с 190-кратным повторением.

Окончательный вид регрессионных моделей, отражающих зависимости расстояния переезда между стоянками и средней ширины ленты, имеют следующий вид:

$$L_g = 10,32 - 1,05N + 0,49R_{nm};$$

$$B = 8,07 - 0,79N - 0,36R_{nm} + 0,04NR_{nm}.$$

Значения отклика, предсказанные полученными уравнениями регрессии, приведены в таблице.

При проверке адекватности регрессионных моделей с использованием коэффициента детерминации было показано, что рассматриваемые уравнения регрессии достаточно определены включенными переменными. Этот вывод обеспечивается с доверительной вероятностью 0,95.

Проверка адекватности имитационной модели работе реальной ЛЗМ проведена сравнением выходных параметров модели и данных, полученных в натуральных экспериментах. Для оценки адекватности модели принято сравнение средних значений ширины ленты, разрабатываемой ВМ-4 за один проход. В работе Г.К. Виногорова* приведена средняя ширина ленты, разрабатываемая за один проход в зависимости от числа деревьев на 1 га и полученная в результате длительных наблюдений за работой ВМ-4.

Для оценки адекватности имитационной модели реальному процессу использовали результаты прогонов модели на суммарную длину ленты 4000 м в каждой точке плана. В таблице представлены данные натуральных измерений и экспериментов на имитационной модели.

Значение ширины (м) ленты, разрабатываемой узкозахватной ВМ-4

Число стволов, шт./га	Натурные измерения	Модель с минимальным радиусом поворота, м		
		4	6	8
200	4,2	5,4	4,8	4,3
400	3,0	4,1	3,7	3,3
600	2,5	2,8	2,6	2,4

* Виногоров Г.К. Лесосечные работы. – М.: Лесн. пром-сть, 1981. – 272 с.

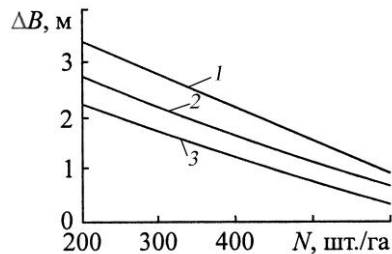


Рис. 1. Зависимость уширения ленты, разрушаемой узкозахватной ЛЗМ, от густоты насаждения при маневрировании с минимальным радиусом поворота: 1 – 4 м; 2 – 6; 3 – 8 м

Из таблицы видно, что результаты натуральных измерений лежат в диапазоне изменения результатов моделирования при различных минимальных радиусах поворота, причем эффективность крутизны маневрирования при переезде определяется густотой насаждения. По мере увеличения густоты насаждения ширина ленты, разрушаемая за один проход по данным натурального эксперимента, соответствует увеличению крутизны маневрирования ЛЗМ.

Увеличение ширины ленты, разрабатываемой узкозахватной ЛЗМ за счет маневрирования, в эксперименте варьируется от 0,4 до 3,4 м в зависимости от густоты насаждения и крутизны маневрирования. Графическая интерпретация уширения ленты, разрабатываемой за один проход, в зависимости от густоты насаждения с ограничением крутизны маневрирования приведена на рис. 1.

В общем случае ширина ленты, разрабатываемой за один проход для узкозахватной ЛЗМ, определяется как сумма вылета технологического оборудования и уширения ленты ΔB за счет маневрирования:

$$B = R + \Delta B.$$

На рис. 2 приведена зависимость расстояния переезда фланговой ЛЗМ с шириной рабочей зоны технологического оборудования 2 и 6 м, отнесенного к одному заготовленному дереву, в зависимости от густоты насаждения при прямолинейном перемещении по ленте и маневрировании.

Из рис. 2 следует, что изменение крутизны маневрирования в анализируемом диапазоне густоты древостоев оказывает незначительное влияние на среднее расстояние переезда ЛЗМ на одно заготовленное дерево (0,9...2,3 и 0,1...0,7 м для ЛЗМ с шириной рабочей зоны соответственно 2 и 6 м в зависимости от минимального радиуса поворота). Вместе с тем маневрирование позволяет уменьшить путь перемещения ЛЗМ, отнесенный к одному

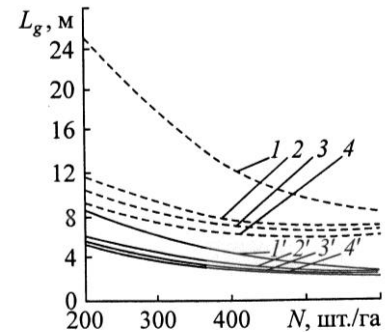


Рис. 2. Зависимость расстояния переезда, отнесенного к одному заготовленному дереву, от густоты насаждения при прямолинейном перемещении (1, 1') и маневрировании с минимальным радиусом поворота 8 (2, 2'), 6 (3, 3') и 4 м (4, 4') для ЛЗМ с шириной рабочей зоны 2 (2–4) и 6 м (2'–4')

заготовленному дереву, на 2,3...15,7 и 0,3...3,0 м для тех же условий при прямолинейном перемещении. Это для ЛЗМ с шириной рабочей зоны технологического оборудования 2 и 6 м составляет соответственно 28...63 и 11...36 %.

Таким образом, при вырубке низкополнотных древостоев и редины по мере снижения густоты древостоя возрастает предпочтительность перемещения ЛЗМ по непрямолинейному маршруту, а эффективность маневрирования убывает с увеличением ширины рабочей зоны технологического оборудования.

E.F. Gerts, S.V. Zalesov, V.A. Kopnov

Choosing Movement Route of Narrow-cut Forest Harvesters in Open Tree Stand

The mathematical model is developed for selecting the movement route of narrow-cut forest harvesters along the entangled curves. The results of simulation modeling of non the lineal movement in the harvesting timber process in the open stands are provided.

Keywords: open stands clear cutting, narrow-cut forest harvester, route selection, slope of maneuvering, movement along entangled curves.

УДК 630*371:621.865.8

А.А. Добрачев, А.В. Швец

Добрачев Андрей Андреевич родился в 1940 г., окончил в 1963 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор кафедры технологии и оборудования лесопромышленного производства Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 90 печатных работ в области технологии и оборудования лесопромышленного производства.

E-mail: a-dobr@mail.ru



Швец Алексей Васильевич родился в 1985 г., окончил в 2007 г. Уральский государственный лесотехнический университет, аспирант кафедры технологии и оборудования лесопромышленного производства УГЛТУ. Имеет более 10 печатных работ в области технологии и оборудования лесопромышленного производства.

E-mail: razurala@mail.ru



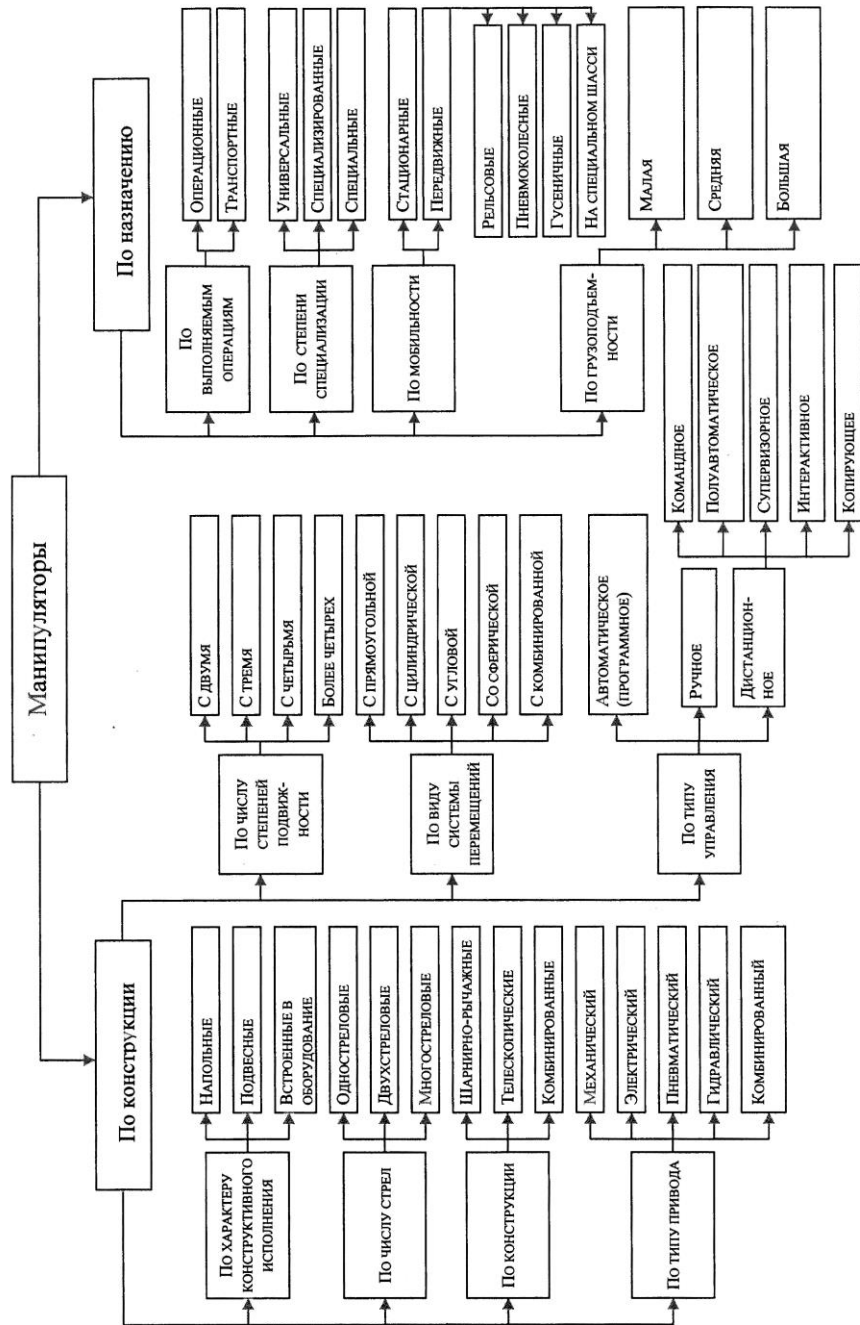
КЛАССИФИКАЦИЯ И СИСТЕМАТИКА ЛЕСНЫХ МАНИПУЛЯТОРОВ

Представлена классификация, позволяющая систематизировать манипуляторы по конструктивным признакам и функциональному назначению.

Ключевые слова: манипулятор, классификация, систематика.

В научной и технической литературе отсутствует классификация, позволяющая систематизировать манипуляторы по конструктивным признакам и функциональному назначению.

Цель наших исследований – разработать классификацию, необходимую при обосновании основных технических, технологических и силовых параметров манипуляторных механизмов.



Классификация манипуляторов

Машины, относящиеся к манипуляторным устройствам, можно классифицировать по конструкции и назначению (см. рисунок). К конструктивным признакам отнесены: характер конструктивного исполнения, число стрел, конструкция, тип привода, число степеней подвижности, вид системы координат, тип управления. При классификации манипуляторов по назначению применены следующие признаки: выполняемые операции, степень специализации, мобильность и грузоподъемность.

По характеру конструктивного исполнения манипуляторы разделены на напольные (размещены на полу производственного помещения), подвесные (установлены на стене или потолке, а также подвешены на специальной опоре порталного или консольного типа) и встроенные в технологическое оборудование [2, 6, 8, 10], по числу стрел – на одно-, двух- и многостреловые.

По конструкции манипуляторы подразделяют на шарнирно-рычажные, звенья которых образуют вращательные пары, телескопические (стреловые), звенья которых образуют поступательные пары, и комбинированные (шарнирно-стреловые) с вращательными и поступательными парами звеньев [1, 3].

По виду привода исполнительного органа манипуляторы относят к механическим, электрическим, пневматическим, гидравлическим и комбинированным [2, 6, 8, 10].

По числу степеней подвижности выделены манипуляторы с двумя, тремя, четырьмя и более степенями подвижности [2, 6, 8, 9], по виду системы координат – манипуляторы с прямоугольной, цилиндрической, угловой, сферической и комбинированной системой координат [2, 6, 8, 10].

По типу управления манипуляторы бывают с автоматическим (промышленные роботы), ручным и дистанционным управлением. Последнее можно поделить на пять типов:

1. Командное управление характеризуется тем, что человек-оператор путем нажатия различных кнопок или включения тумблеров запускает по очереди приводы манипулятора по различным степеням подвижности, добиваясь, таким образом, поочередным включением каждого привода требуемого конечного положения всего манипуляционного механизма.

2. Копирующее управление отличается тем, что человек-оператор работает с задающим механизмом, кинематически полностью подобным рабочему манипулятору.

3. Полуавтоматическое управление состоит в том, что задающий механизм имеет вид управляющей рукоятки со многими степенями свободы. Человек-оператор не производит своей рукой больших движений, как было в копирующем способе, а простыми нажатиями на рукоятку в ту или иную сторону управляет движением рабочего манипулятора.

4. Супервизорное управление – это одна из разновидностей полуавтоматического управления. При таком управлении человеку помогают мини- или микро-ЭВМ, в память которых занесены команды на выполнение некоторых стандартных режимов движения манипулятора.

5. Интерактивное управление (диалоговый режим). Здесь распознавание обстановки осуществляется с помощью сенсорных устройств, например систем технического зрения [4, 7].

По характеру выполняемых операций выделены операционные (непосредственно выполняющие операции технологического процесса) и транспортные, или обслуживающие манипуляторы (выполняющие вспомогательные переходы или операции перемещения, например подъемно-транспортного действия типа «взять – перенести – установить – вынуть – перекантовать или повернуть – положить» (при обслуживании технологического оборудования, конвейерных линий и складов)) [5].

По степени специализации функций манипуляторы можно разделить на универсальные, специализированные и специальные [6–8].

Универсальным считается манипулятор, рабочий орган которого имеет не менее семи рабочих движений: три линейных, три угловых и одно для удержания предмета. Универсальные манипуляторы могут обслуживать различное оборудование и выполнять самые разнообразные операции с широкой номенклатурой грузов.

Область применения специализированных манипуляторов – выполнение операций одного вида или обслуживание оборудования одного назначения. Применение таких манипуляторов всегда ограничено определенными условиями и пространством.

Специальные манипуляторы обладают, как правило, одной – тремя степенями свободы и работают по строго ограниченной программе, выполняя определенную, обычно простую, операцию или обслуживая оборудование конкретной модели.

По мобильности выделены стационарные (закрепленные на неподвижной опорной конструкции) и передвижные (которые могут быть смонтированы на рельсовом, пневмоколесном, гусеничном или специальном шасси) манипуляторы [2, 8].

По грузоподъемности они подразделяются на манипуляторы малой (с грузовым моментом до 70 кНм), средней (от 71 до 140 кНм) и большой (свыше 140 кНм) грузоподъемности [1].

Обзор применяемых в настоящее время манипуляторов показывает, что развитие манипуляторной техники для лесной промышленности шло по пути приспособления манипуляторов общего назначения к условиям этой отрасли. Именно с этим связана обширная номенклатура манипуляторов, применяемых в настоящее время на операциях с лесными грузами.

На предприятиях лесопромышленного комплекса при автоматизации погрузочно-разгрузочных операций, связанных с перемещением тяжелых грузов (хлысты, пачки сортиментов) на значительные расстояния, наиболее перспективными являются манипуляторы универсальной конструкции, работающие в комбинированной системе координат, средней и большой грузоподъемности, агрегатированные на пневмоколесной базе. Манипуляторы, обладающие такими характеристиками, наиболее эффективно решают проблему расширения рабочего пространства при ограниченных размерах стрелы, могут огибать преграды при проведении погрузочно-разгрузочных работ, а также производить укладку высоких штабелей.

Главное стратегическое направление модернизации манипуляторных погрузчиков – это переход от ручного управления к полуавтоматическому, а в перспективе – к супервизорному и интерактивному, замена гидравлического привода на электрический или комбинированный. Таким приводом можно будет управлять при помощи кнопок и джойстиков, а не силовых рычагов. На практике это требует разработки под новые технологии машин нового поколения.

Проектирование робототехнических комплексов для предприятий лесной промышленности, с одной стороны, должно учитывать перечисленные характеристики, с другой – стремиться максимально использовать существующие конструкции промышленных роботов и манипуляторов для создания единой высокоэффективной универсальной конструкции, способной заменить все применяемое сегодня грузоподъемное оборудование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андрианов Ю.С. Вывозка лесоматериалов самогружающимися автопоездами. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001. – 231 с.
2. ГОСТ 25685–83 Роботы промышленные. Классификация. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 116 с.
3. Манипуляторные системы лесных машин: Проектирование и расчет: учеб. пособие / Ю.Ю. Герасимов [и др.]. – Петрозаводск: ПетрГУ, 1994. – 95 с.
4. Мурашев В.П. Роботы и манипуляторы в лесном комплексе: учеб. для студентов специальности 170400. – М.: МГУЛ, 2002. – 240 с.
5. Основы робототехники / К.Д. Никитин [и др.]. – Томск: МГП «Раско», 1993. – 475 с.
6. Промышленные роботы: Конструирование, управление, эксплуатация / В.И. Костюк [и др.]. – К.: Вища шк., 1985. – 359 с.
7. Соболев Г.В., Жабков С.А. Роботы делают мебель. – М.: Лесн. пром-сть, 1988. – 95 с.
8. Стыцн Г.А. Промышленные роботы: Конструирование и применение: учеб. пособие – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Вища шк., 1991. – 311 с.
9. Таубер Б.А. Подъемно-транспортные машины: учеб. для вузов. – М.: Экология, 1991. – 528 с.
10. Юревич Е.И. Основы робототехники: учеб. для вузов. – Л.: Машиностроение, 1985. – 271 с.

A.A. Dobrachev, A.V. Shvets

Classification and Systematics of Forest Manipulators

Classification allowing to systematize manipulators according to design features and functions is provided.

Keywords: manipulator, classification, systematics.

УДК 630*377.49

И.Н. Кручинин

Кручинин Игорь Николаевич родился в 1962 г., окончил в 1984 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры транспорта и дорожного строительства Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 60 печатных работ по проблемам транспорта леса, строительства и эксплуатации автомобильных дорог.
E-mail: kinaa@e1.ru

**ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТА ЛЕСА**

Предложены методы и математическая модель оценки функционирования системы транспорта леса в системе устойчивого лесопользования. Проведен анализ на устойчивость системы с применением теории ориентированных графов.

Ключевые слова: система транспорта леса, лесопользование, ориентированный граф, лесные дороги.

Стратегия развития Российской Федерации и ее регионов вызвала изменение отношения к ведению лесного хозяйства и лесозаготовок. Возникла и совершенствуется система устойчивого лесопользования, имеющая сложную структуру связей между своими подсистемами. Одним из элементов лесопользования является система транспорта леса, в которую включены не только пути сообщения для перемещения древесины, но и сеть дорог, обеспечивающих лесовосстановительные мероприятия. Это нашло свое отражение в системе лесной FCS-сертификации при организации цепи поставок от производителя к потребителю.

Целью работы является анализ функционирования системы лесотранспорта как элемента устойчивого лесопользования. Отличительной чертой поставленной задачи является низкая точность исходных данных, а также качественный характер описания зависимостей ее функционирования, что делает проблематичным получение строгих количественных решений [1].

Для анализа и прогнозирования функционирования системы лесотранспорта воспользуемся аппаратом знаковых ориентированных графов (орграфов) [2]. Орграф $G(U, E)$ представим в виде набора вершин U и дуг E , соединяющих эти вершины в указанном направлении. Как сложная эколого-экономическая система лесотранспорта может быть описана следующими элементами: U_1, U_2, \dots, U_n . Каждой вершине U_i соответствует ее параметр $v_i \in V$. При этом множество параметров вершин имеет вид $V = \{v_i, i \leq n\}$, а множество его ребер $E = \{e_{ij} = (v_i, v_j)\}$.

Ориентированные дуги определяют причинно-следственные связи и степень влияния одних элементов лесотранспортной системы на другие. Большая структурная сложность системы лесотранспорта, особенность ее элементов и связей между ними позволяют на первом этапе исследования функции преобразования дуг $F(v_i, v_j, e_{ij})$ задавать только через фиксированные значения, равные +1, -1, 0.

На рисунке изображен ориентированный граф функционирования системы лесотранспорта, которая представлена следующими элементами:

[U_1] – подсистема «технические показатели сети», учитывает степень соответствия нормативным требованиям геометрических параметров, технических характеристик и инженерных сооружений, не меняющихся в процессе эксплуатации, уровень развития лесотранспортной сети, ее протяженность, густоту сети лесных дорог, тип лесовозных автомобильных дорог, использование дорог общего пользования;

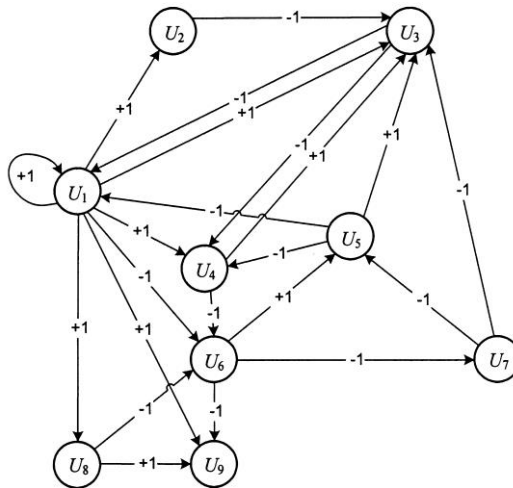
[U_2] – подсистема «транспортно-эксплуатационные показатели сети», характеризует эффективность и безопасность работы лесовозного автомобильного транспорта, отражает интересы пользователей и лесной среды. К этим показателям следует отнести скорость, безопасность движения, способность пропускать лесовозные автопоезда с разрешенными осевыми нагрузками, эксплуатационное состояние автомобильных дорог;

[U_3] – подсистема «экономические показатели сети», учитывает затраты на строительство и эксплуатацию лесовозных автомобильных дорог, стоимость машин, затраты на транспортировку древесины, среднее расстояние вывозки, транспортные затраты на проведение лесохозяйственных мероприятий;

[U_4] – подсистема «первичный лесотранспорт», рассматривает лесотранспортные операции в условиях лесосеки. К показателям подсистемы следует отнести протяженность первичных путей на лесосеке, технологии лесосечных работ, энергозатраты на перемещение единицы лесной продукции, эффективность использования и экологическую совместимость лесотранспортных машин;

[U_5] – подсистема «схемы транспортного освоения», учитывает сезонность использования лесотранспортной сети, долю временных дорог, автотимников и дорог круглогодичного использования, возможность транспортировки древесины по снежному покрову, ледяные переправы;

[U_6] – подсистема «показатели нанесенных ущербов лесной экосистеме», отражает сохранение средозащитных функций леса, вред, нанесенный лесной экосистеме (загрязнение воздуха, деградация лесных почвогрунтов, нарушение почвообразующей, средоформирующей и биотопреобразующей функции, т. е. косвенные ущербы), изъятие лесных земель под строительство лесотранспортных путей;



Ориентированный граф функционирования системы лесотранспорта

[U_7] – подсистема «природно-ресурсный потенциал лесов», учитывает лесные ресурсы; средоформирующие функции; биологическое разнообразие, почвенно-грунтовые условия; гидрологический режим территории; состояние ландшафтно-образующей среды;

[U_8] – подсистема «лесохозяйственная деятельность», рассматривает выполнение лесохозяйственных мероприятий в целях обеспечения неистощительного природопользования (борьба с лесными пожарами, улучшение водоохранной и воздухоочистительной функции леса);

[U_9] – подсистема «социальные функции леса», учитывает максимальное поддержание социальных функций леса на территории лесопользования, улучшение социально-экономического благополучия коренных народов и местного населения.

Анализ рассматриваемой системы проводится в дискретном временном пространстве с применением импульсных процессов. В этом случае импульсом $P_i(t)$ в вершине U_i в момент времени $t \in T$ назовем изменение параметра в этой вершине в момент времени t :

$$P_i(t) = v_i(t) - v_i(t-1).$$

Тогда значение параметра в вершине U_i будет меняться с каждым шагом итерации t и может быть определено по формуле

$$v_i(t) = v_i(t-1) + \sum_{i=1, j \neq i}^N F(v_i, v_j, e_{ij}) P_i(t-1) + P_i^0(t),$$

где $P_i^0(t)$ – внешний импульс, вносимый в вершину U_i в момент времени t .

Начальный единичный импульс, введенный в вершину U_i , распространяется за определенное время по всей системе.

С учетом сложности поставленной задачи в системе рассматривались только простые автономные импульсные процессы, в которых вектор импульсов имеет i -ю компоненту, равную 1, а все остальные компоненты равны нулю.

Рассматриваемый оргграф включает в себя девять вершин и двадцать три дуги. Петля при вершине U_1 представляет собой положительную обратную связь и отражает нелинейность степени развития лесотранспортной сети в зависимости от состояния сети автомобильных дорог общего пользования. В свою очередь, степень развития подсистемы U_1 приводит к увеличению эксплуатационных показателей сети U_2 . Появляется возможность увеличить скорости движения подвижного состава, повышается безопасность движения, в результате снижаются затраты на транспортировку древесины U_3 . В то же время увеличение протяженности лесовозных автомобильных дорог U_1 приводит к значительному росту затрат U_3 на их строительство и эксплуатацию. Развиваясь, лесотранспортная сеть U_1 требует все большего финансирования на содержание и ремонт, что не может не сказаться на экономических показателях U_3 . Рост сети вызывает увеличение протяженности дорог, а также изъятие лесных земель под полосу отвода и их загрязнение, в результате чего увеличивается вред, нанесенный лесной экосистеме U_6 . Хорошо развитая лесотранспортная сеть позволяет максимально использовать

лесные ресурсы и обеспечивать проведение лесохозяйственных мероприятий U_8 в системе неистощительного природопользования, по борьбе с пожарами и сохранению водоохранной и воздухоочистительной функции леса, что, в свою очередь, уменьшает ущербы лесам U_6 и увеличивает их социальную привлекательность U_9 . На подсистему «сохранения социальных функций леса» также положительно влияет увеличение транспортной доступности лесов населением, напрямую связанной с густотой сети лесных дорог U_1 . В то же время нанесенный лесной экосистеме вред U_6 приводит к уменьшению не только социальных функций U_9 , но и природно-ресурсного потенциала лесов U_7 .

Особенностями функционирования лесотранспортной сети являются сезонность переместительных операций древесины и изменение схем транспортного освоения в зависимости от природно-климатических условий. Это влияние учтено при рассмотрении полуконтура $U_1 - U_6 - U_5 - U_1$, где рост ущербов лесам U_6 вызывает пересмотр схем транспортного освоения в сторону увеличения доли зимних лесовозных дорог U_5 , что приводит в конечном итоге к снижению степени развития сети U_1 .

Схемы транспортного освоения оказывают влияние и на первичный транспорт древесины в условиях лесосеки. Увеличение эффективности функционирования подсистемы U_4 , оцениваемое энергозатратами на перемещение единицы лесной продукции, приводит к уменьшению ущербов лесной экосистеме U_6 , так как этот показатель напрямую характеризует экологическое совершенство лесотранспортных машин. В то же время и степень развития первичного транспорта приводит к росту транспортной доступности, т. е. уменьшению затрат U_3 на строительство автомобильных дорог.

Анализ устойчивости системы функционирования лесотранспортной сети на абсолютную (по значениям вершин орграфа) и импульсную устойчивость строится на основании матрицы смежности A :

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Проверяя исходную модель на устойчивость, вычисляем собственные значения матрицы A . Ими являются корни характеристического уравнения $C(\lambda) = \det(A - \lambda I) = 0$. Решив уравнение, найдем корни: $\lambda_1, \dots, \lambda_4 = 0$, $\lambda_5 = 1,991$, $\lambda_{6,7} = 0,184 \pm 1,919i$, $\lambda_{8,9} = -0,522 \pm 0,395i$.

Согласно теореме об устойчивости [2], ориентированный граф на рисунке импульсно абсолютно не устойчив, так как среди значений собственных чисел его матрицы есть числа больше единицы. Это означает, что при появлении импульса в какой-либо из вершин может происходить неограниченное нарастание или уменьшение весов $v_i(t)$ в вершинах.

На практике это означает, что лесотранспортная сеть в заданных условиях не в состоянии нормально функционировать. Дестабилизирующие факторы постепенно начинают влиять на устойчивость системы, что приводит к неконтролируемому увеличению ущерба лесам при одновременном росте суммарных затрат на лесотранспортные операции и уменьшению природно-ресурсного потенциала. При этом стремительно сокращается степень развитости сети, ослабляется лесохозяйственная деятельность, угрожающе снижается социальная значимость лесов. Принцип устойчивого лесоуправления при развитии представленного сценария нарушается, что негативно сказывается на всем лесопромышленном комплексе.

Одним из путей повышения устойчивости является изменение параметров (весов дуг) орграфов, ограничивающих степень влияния вершин друг на друга. Однако, как показали эксперименты, чрезвычайно затруднительно подобрать эти параметры так, чтобы орграф был импульсно устойчив и имел хорошую сходимость.

Таким образом, для обеспечения устойчивости процесса необходимо внешнее управляющее воздействие. Анализ на устойчивость орграфа показал, что перспективными узлами для создания управляющего воздействия служат подсистемы «технические показатели сети», «транспортно-эксплуатационные показатели сети», «первичный лесотранспорт» и «схемы транспортного освоения». Практически это означает пересмотр классификационных требований к лесным автомобильным дорогам с позиции устойчивого лесоуправления и арендных отношений, а также разработке конструкций лесотранспортных машин, работающих в сложных природных условиях.

Представленный подход к анализу лесотранспортных процессов позволяет реализовать систему управления лесотранспортом в рамках общей стратегии устойчивого лесоуправления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лебедев Ю.В.* Эколого-экономическая оценка лесов Урала. – Екатеринбург: УрО РАН, 1998. – 214 с.
2. *Робертс Ф.С.* Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 496 с.

I.N. Kruchinin

Assessment of Sustainable Functioning of Timber Transportation System

The methods and mathematical assessment model of timber transportation system are offered for a system of sustainable forest management. The analysis of the system stability is carried out with the use of the digraph theory.

Keywords: timber transportation system, forest management, digraph theory, forest roads.

УДК 630*323.4

Е.В. Воробьева

Воробьева Елена Викторовна родилась в 1979 г., окончила в 2001 г. Уральскую государственную лесотехническую академию, старший преподаватель кафедры технологии и оборудования лесопромышленного производства Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет 8 печатных работ в области оптимальной раскряжевки хлыстов, производства и переработки тонкомерно-короткомерного сырья.

E-mail: lenusya30@yandex.ru



ОПТИМИЗАЦИЯ РАСКРЯЖЕВКИ ХЛЫСТОВ ХВОЙНЫХ ПОРОД С ПОЛУЧЕНИЕМ ТОНКОМЕРНО-КОРОТКОМЕРНОГО СЫРЬЯ

Предложена технология раскряжевки вершинной части хлыстов хвойных пород с получением тонкомерно-короткомерного сырья. Разработана математическая модель оценки стоимости хлыста, позволяющая определять экономическую эффективность производства этого сырья.

Ключевые слова: раскряжевка хлыстов, оптимизация, круглые лесоматериалы, хвойное тонкомерно-короткомерное сырье.

В современных условиях развития отрасли для предприятий лесного комплекса одной из актуальных задач является рациональное и экономически эффективное использование всей заготавливаемой древесины. При существующей технологии раскряжевки хлыстов потери короткомерной вершинной части достигают 4 % всего объема. Одним из путей рационального использования древесного сырья является переход на технологию раскряжевки вершинной части хлыстов хвойных пород с получением тонкомерно-короткомерного сырья (ТКС) как при сортиментной, так и при хлыстовой технологии заготовки древесины.

ТКС – это круглые лесоматериалы, выпиленные из вершинной части хлыстов и включающие в себя гостированный сортимент фиксированной длины (ГС) и короткомерный вершинный отрезок (КВО). Такое сырье заготавливается по технологии раскряжки хлыстов без отпиливания КВО от последнего сортимента.

По общепринятой технологии раскряжевки вершинной части хлыстов хвойных пород производится гостированный сортимент фиксированной длины, отпиленный короткомерный вершинный отрезок длиной 0,1...1,9 м в лучшем случае используется на дрова при раскряжевке хлыстов в условиях нижних складов, а при сортиментной технологии остается на лесосеке. По технологии с получением ТКС не отпиливается вершинный отрезок, который может использоваться как дополнительное сырье для дальнейшей переработки на пилопродукцию или технологическую щепу.

Раскрой хлыста необходимо производить на основании выбранного метода оптимизационного раскря, соответствующего тому или иному критерию эффективности. Наибольший возможный выход круглых лесоматериалов в денежном выражении, т. е. максимизация выпуска товарной продукции, имеет

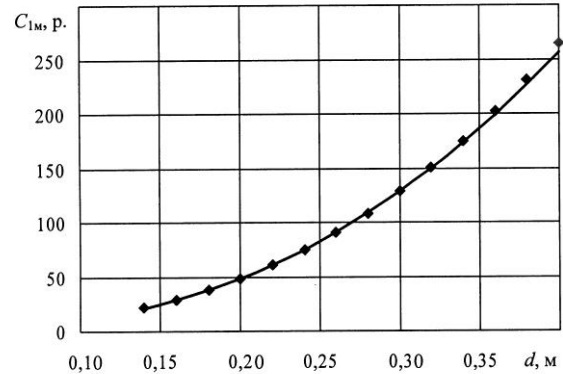


Рис. 1

большое значение для экономики лесозаготовительного предприятия. Этот критерий оптимальности является плановым показателем и выражается в оптовой цене обезличенного кубометра древесины [2].

Анализируя стоимость 1 м³ хвойных пиловочных бревен ($C_{1м^3}$), устанавливаемую лесозаготовительными предприятиями, находят стоимость 1 м хлыста ($C_{1м}$) заданного диаметра (d) по выражению

$$C_{1м} = \frac{C_{1м^3} \pi d^2}{4}.$$

На рис. 1 приведен график зависимости стоимости 1 м хлыста от диаметра, которая представлена уравнением

$$C_{1м} = 2307,53d^{2,4}.$$

По данным экспериментальных исследований получена зависимость длины хлыста (L) от его диаметра (рис. 2), описываемая уравнением

$$L = 9,04 + 21,29d.$$

Задача оптимального раскря хлыста решается методом линейного программирования на основе информации о породном составе насаждений, средней длине хлыста, его диаметре у комля и среднем объеме, стоимости сортиментов в зависимости от их длины и др., путем определения максимума линейной функции

$$\sum c_k x_k \rightarrow \max$$

при условиях

$$V \geq \sum v_k x_k ; L \geq \sum l_k x_k , \quad (1)$$

где c – стоимость сортимента, получаемого при раскряжке хлыстов;

$x_k \in N \geq 0$ (N – множество положительных целых чисел);

V, L – соответственно объем и длина хлыста;

v, l – объем и длина сортимента.

Ввиду того, что диаметр хлыста является переменной функцией его длины, зависимость (1) в общем случае нелинейная. Но в результате осреднения объема хлыста по диаметру она становится линейной функцией (постоянной по длине хлыста) [1].

При раскряжке хлыстов с заготовкой ТКС задачей линейного программирования является максимизация стоимости хлыста, в том числе КВО, который по общепринятой технологии отпиливается и в лучшем случае используется в качестве дров или направляется в отходы. Получив зависимости стоимости 1 м хлыста и его длины от диаметра, линейную целевую функцию можно представить в следующем виде:

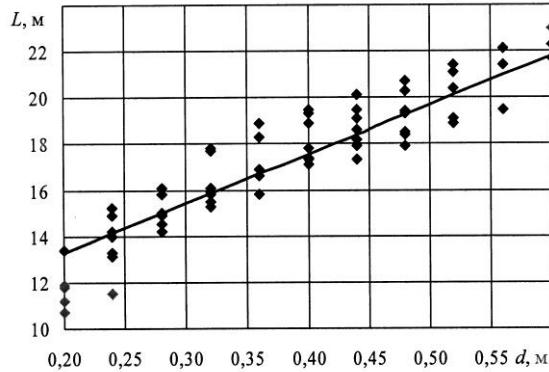


Рис. 2

где $C_{хл}$ – стоимость хлыста, р;
 $\sum C_{ГС}, C_{КВО}$ – соответственно стоимость всех гостированных сортиментов и короткомерного вершинного отрезка, р.

Решение этой функции позволило определить $C_{КВО}$ в зависимости от диаметров КВО и ГС ($d_{КВО}$ и $d_{ГС}$ соответственно), которая представлена уравнением

$$C_{КВО} = 6135,3[d_{ГС}^{3,4}(1+1,82 d_{ГС}) - d_{КВО}^{3,4}(1+1,82 d_{КВО})].$$

В графическом виде эта зависимость показана на рис. 3.

Таким образом, стоимость КВО находится в пределах от 0,93 до 33,61 р., что соответствует стоимости 1 м³ таких лесоматериалов от 330 до 1070 р.

Разработанная математическая модель оценки стоимости хлыста позволяет определять экономическую эффективность производства ТКС, направляя КВО для производства пилопродукции или технологической щепы.

В результате использования КВО в составе ТКС в условиях работы лесозаготовительных предприятий (от 4,9 до 24,0 м³ на каждую 1000 м³ хлыстов) стоимость лесоматериалов как сырья для последующей переработки увеличивается от 10 до 30 тыс. р. Безусловно, в других природно-производственных условиях экономическая эффективность производства ТКС будет иной,

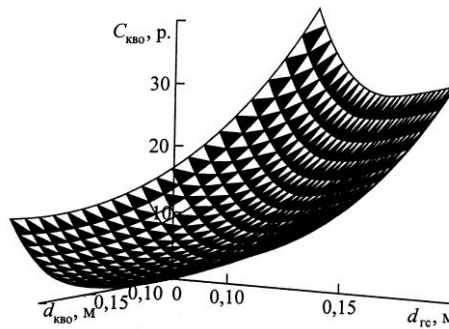


Рис. 3

однако переход на такую технологию позволит достигать более полного использования древесного сырья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ледяева А.С.* Обоснование оптимального раскроя хлыстов методом линейного программирования: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.21.01. – СПб., 2007. – 20 с.
2. *Петровский В.С.* Оптимальная раскряжевка лесоматериалов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Лесн. пром-сть, 1989. – 288 с.

E.V. Vorobieva

Optimization of Crosscutting of Coniferous Tree-lengths into Thin-short Raw Material

The technology of pulpwood crosscutting of coniferous tree-lengths into thin-short raw material is offered. The mathematical model for tree-length cost assessment is elaborated allowing to define the economic production efficiency of this raw material.

Keywords: tree-length crosscutting, optimization, round wood, thin-short raw material.

однако переход на такую технологию позволит достигать более полного использования древесного сырья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ледяева А.С.* Обоснование оптимального раскроя хлыстов методом линейного программирования: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.21.01. – СПб., 2007. – 20 с.
2. *Петровский В.С.* Оптимальная раскряжевка лесоматериалов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Лесн. пром-сть, 1989. – 288 с.

E.V. Vorobieva

Optimization of Crosscutting of Coniferous Tree-lengths into Thin-short Raw Material

The technology of pulpwood crosscutting of coniferous tree-lengths into thin-short raw material is offered. The mathematical model for tree-length cost assessment is elaborated allowing to define the economic production efficiency of this raw material.

Keywords: tree-length crosscutting, optimization, round wood, thin-short raw material.

УДК 624.138.232

С.А. Чудинов, С.И. Булдаков

Чудинов Сергей Александрович родился в 1986 г., окончил в 2008 г. Уральский государственный лесотехнический университет, аспирант кафедры транспорта и дорожного строительства. Имеет 9 печатных работ в области укрепления грунтов с использованием полимерных добавок.
E-mail: serg-chudinov@yandex.ru



Булдаков Сергей Иванович родился в 1951 г., окончил в 1973 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор кафедры транспорта и дорожного строительства, проректор по учебной работе Уральского государственного лесотехнического университета, почетный работник высшего профессионального образования РФ, почетный дорожник России. Имеет более 190 научных работ в области строительства дорог из укрепленных грунтов.
E-mail: ptec-uch@usfeu.ru



ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ, УКРЕПЛЕННЫХ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТОМ С ДОБАВКОЙ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТА

Изучено влияние полиэлектролита на физико-механические свойства цементогрунта; обоснована эффективность применения добавки полиэлектролита для укрепления глинистых грунтов портландцементом.

Ключевые слова: цементогрунт, укрепленный грунт, полиэлектролит, комплексное вяжущее, структурообразование.

Традиционным и одним из самых распространенных видов минеральных вяжущих, используемых при укреплении грунтов, является портландцемент. Однако активные сорбционные и ионообменные процессы на поверхности глинистых частиц существенно влияют на процессы кристаллообразования данного вяжущего, снижая его действенность и ограничивая области применения [2].

Анализируя особенности структурных связей и свойств глинистых грунтов, а также механизм их взаимодействия с цементом, можно отметить следующие факторы, влияющие на эффективность портландцемента:

кислотность глинистых грунтов, которые характеризуются неполным насыщением обменного комплекса ионами водорода и кальция, а, следовательно, тонкодисперсная часть грунта способна извлекать известь из гидратирующегося цемента вследствие физико-химического (обменного) поглощения катионов кальция или молекул $\text{Ca}(\text{OH})_2$;

дисперсность глинистых агрегатов, при увеличении которой в массе обрабатываемого грунта активизируется самопроизвольный процесс синтеза комплексного вяжущего, включающего гидратированные силикаты цемента, гидрат-извести и алюмосиликатные и кремнекислые соединения;

дисперсность структуры цементогрунта, так как более мелкозернистая структура способствует улучшению структурно-механических свойств укрепленного грунта;

гидрофильность глинистых частиц, так как мелкодисперсные грунты способны поглощать и удерживать воду, но при разбухании не могут обеспечивать должного сближения и максимального уплотнения частиц.

Таким образом, для эффективного применения портландцемента необходимо улучшение условий формирования и твердения кристаллизационной структуры укрепленного грунта. Учитывая природу и реакционную способность некоторых полимерных добавок, данную задачу можно решить путем их комплексного внесения в цементогрунтовую смесь.

При изучении состава и свойств различных веществ, как потенциальных добавок для укрепления грунтов портландцементом, мы остановились на полиэлектролите, который получают из отходов химической промышленности. Это высокомолекулярный сильноосновной катионный полимер линейно-циклической структуры. При введении в глинистый грунт раствора этого вещества происходит его диссоциация с образованием сложного полимерного органического катиона, который активно взаимодействует с ацидоидами глинистого грунта. Схема структурообразования цементогрунта с добавкой полиэлектролита представлена на рис. 1.

Прежде всего, действие полиэлектролита направлено на изменение электрических свойств глинистых коллоидов и обусловлено их нейтрализацией с уменьшением общего ζ -потенциала и одновременным сжатием двойного диффузного слоя.

Известно, что глинистые коллоиды окружены слоем сорбционной воды. Вследствие нейтрализации зарядов глинистых частиц в результате действия полиэлектролита происходит значительное сокращение или даже полное исчезновение слоя сорбционной воды вокруг глинистых коллоидов.

В связи с этим возникают благоприятные условия для сближения грунтовых частиц, что обеспечивает максимальное уплотнение цементогрунта при снижении оптимальной влажности. Поэтому становится возможным уплотнять глинистые грунты даже в условиях повышенной влажности, поскольку при этом освобожденная вода легко выжимается из цементогрунта.

Помимо гидрофобности, результатом нейтрализации заряда коллоидных мицелл является значительное снижение емкости обменного поглощения глинистых минералов. В итоге при укреплении портландцементом прекращается интенсивное поглощение ионов Ca^{2+} тонкодисперсной частью грунтов, что создает условие постоянного присутствия в жидкой фазе избытка свободной извести. Это является основной предпосылкой формирования прочного цементогрунтового каркаса с устойчивой формой гидросиликата ($\text{CaO}:\text{SiO}_2 \approx 2$), который образуется в большом количестве. Таким образом, использование добавки полиэлектrolита открывает возможность укрепления глинистых грунтов с $\text{pH} < 7$ портландцементом без предварительной нейтрализации щелочными соединениями, при этом формируется структура цементогрунта, обладающая более высокой механической прочностью, водо- и морозостойкостью.

Согласно представлениям Ла Мера, макромолекула полиэлектrolита сорбируется на поверхности двух или более коллоидных частиц с образованием между ними «мостиков», что приводит к возникновению в дисперсии крупных быстро седиментирующих агрегатов [1]. В результате флокуляции введенный раствор полиэлектrolита изменяет макроструктуру укрепляемого грунта. При такой структуре грунт имеет большую дисперсность, однородность и гомогенность.

Изменение структуры грунта имеет значение в процессах структурообразования цементогрунта. Во-первых, обработка полиэлектrolитом способствует

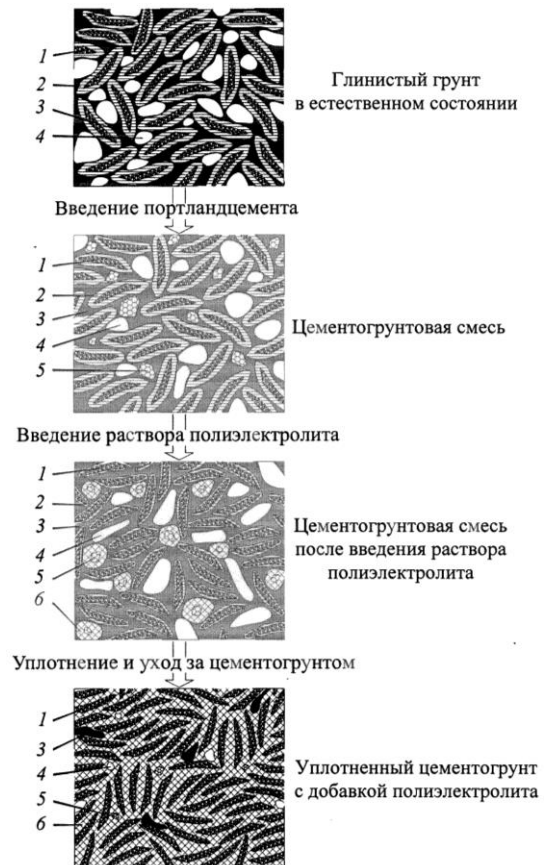


Рис. 1. Схема структурообразования цементогрунта с добавкой полиэлектrolита: 1 – частица глинистого грунта; 2 – слой сорбированной воды; 3 – вода капиллярной конденсации; 4 – воздушная пора; 5 – зерно портландцемента; 6 – гидратные новообразования

более равномерному распределению портландцемента в объеме грунта, что, несомненно, является необходимым условием формирования прочной кристаллической структуры. Во-вторых, диспергация грунта, более тесное сближение частиц между собой увеличивают количество точек контакта с цементирующим материалом. Это не только способствует процессам гидратации и гидролиза основных минералов и фаз портландцемента, но и увеличивает роль вторичных процессов образования дополнительного цементирующего материала.

Вторичные цементирующие вещества образуются благодаря изменению химического состава глинистых частиц [3], непосредственно прилегающих к зернам цемента, и связаны с растворением диоксида кремния и глинозема из частиц глины и аморфного компонента в среде с высоким значением рН. Растворившийся материал может соединяться с ионами кальция и образовывать дополнительные цементирующие соединения, которые скрепляют между собой частицы глины.

Стоит отметить, что указанное влияние добавки полиэлектролита на макроструктуру и электрические свойства глинистых грунтов позволяет использовать для укрепления портландцементом грунты с числом пластичности более 12 без улучшения зернового состава песком и доведением числа пластичности до 12.

Проведенные лабораторные исследования подтверждают изложенные выше процессы структурообразования при укреплении глинистых грунтов (тяжелый суглинок) портландцементом (марка 400) с добавкой полиэлектролита.

Характеристика укрепляемого грунта приведена ниже.

Содержание гумусовых веществ, % от массы сухого грунта.....	1,7
рН.....	6,1
Число пластичности.....	14
Влажность, % по массе:	
оптимальная.....	18
на границе раскатывания.....	15
« текучести.....	29
Плотность, т/м ³	2,74

Так, при укреплении тяжелого суглинка с портландцементом (соответственно 6,0 и 0,3 % от массы сухого грунта) предел прочности при сжатии водонасыщенных образцов за 7 сут твердения повышается на 40 % (рис. 2). При этом относительное изменение массы образцов после уплотнения, определяемое по ниже приведенной формуле, показывает, что данное содержание полимерной добавки является оптимальным для максимального отжима воды из грунта:

$$M_{\text{отн}} = \frac{M_1 - M_2}{M_1},$$

где $M_{\text{отн}}$ – относительное изменение массы образца после уплотнения, %;

M_1 – масса цементогрунтовой смеси перед уплотнением, %;

M_2 – масса образца после уплотнения, %.

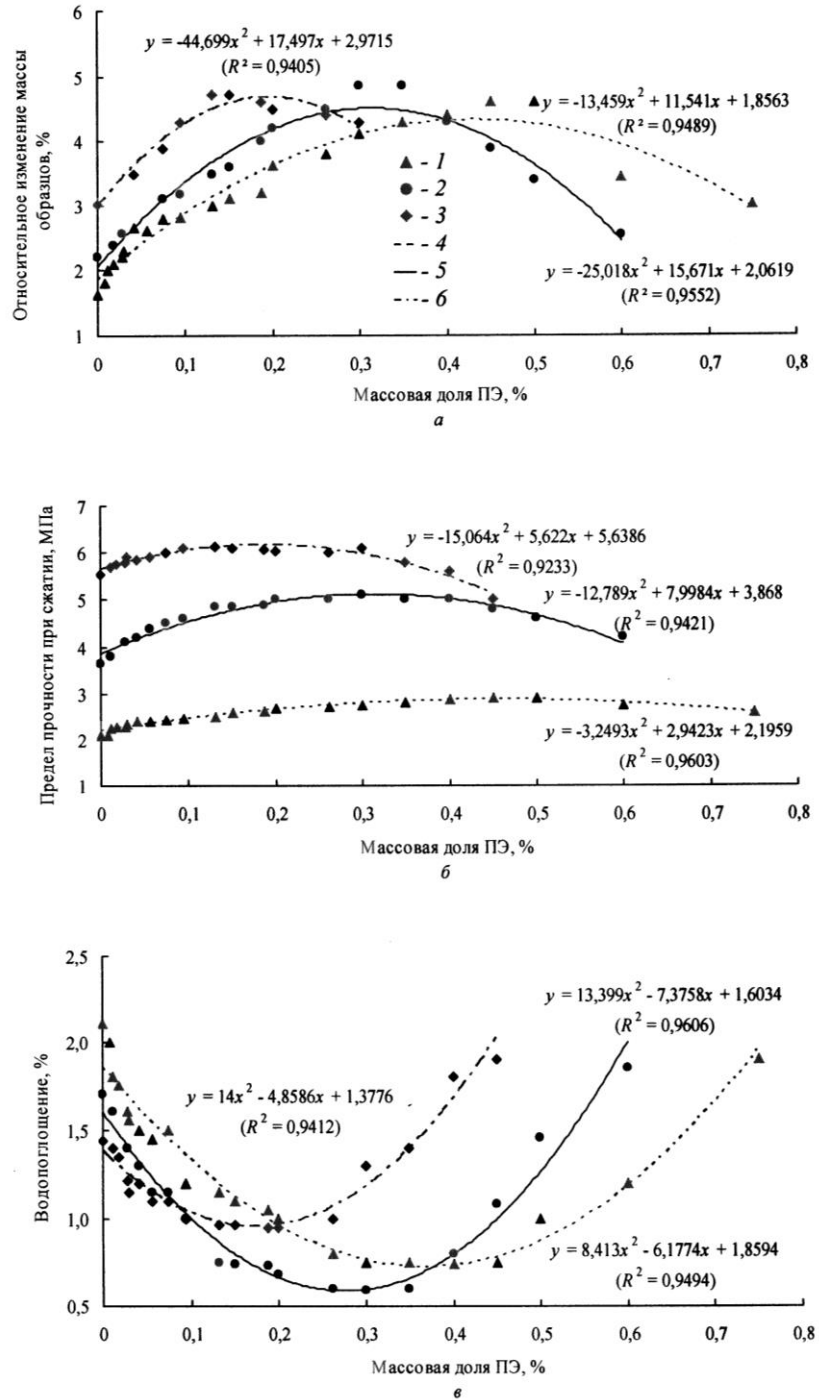


Рис. 2. Зависимость относительного изменения влажности образцов после уплотнения (а), предела прочности при сжатии водонасыщенных образцов (б) и водопоглощения (в) от количества добавки портландцемента: 1 – 4 %; 2 – 6; 3 – 8 %; 4–6 – полиномиальные графики (4 – 4 %, 5 – 6; 6 – 8 %)

Показатели морозостойкости укрепленных грунтов

Порядковый номер смеси	Массовая доля, % от массы сухого грунта		Марка смеси по морозостойкости
	портландцемента	полиэлектролита	
1	4,0	0,5	F 10
2	4,0	0,0	F 5
3	6,0	0,3	F 20
4	6,0	0,0	F 10
5	8,0	0,13	F 25
6	8,0	0,0	F 15

В условиях повышенной плотности укрепленный грунт имеет минимальное водопоглощение, о чем и свидетельствует соответствующий график.

Исследование морозостойкости цементогрунта было проведено при оптимальных дозировках портландцемента и полиэлектролита. В опытах было принято: температура замораживания – (-18 ± 2) °С; водонасыщение – полное. Предел прочности при сжатии образцов определяли после 5, 10, 15, 20, 25, 30 циклов замораживания – оттаивания. Результаты исследования приведены в таблице.

Из таблицы следует, что полученный цементогрунт с добавкой полиэлектролита обладает высокими показателями морозостойкости и является полноценным дорожно-строительным материалом.

Оптимальное содержание полиэлектролита изменяется в широких пределах (от 0,13 до 0,50 %) и зависит от количества портландцемента. Необходимо отметить, что рассматриваемые процессы взаимодействия грунтов и полимерной добавки происходят наиболее существенно в грунтах, имеющих значительную удельную поверхность и соответственно обладающих мощными оболочками связанной воды. Следовательно, эффективность применения полиэлектролита будет возрастать при переходе от супесей к суглинкам и глинам. Можно предположить, что в песчаных, гравийных и щебеночных грунтах эффект применения данной добавки практически будет минимален.

Таким образом, на основании теоретических исследований процессов структурообразования глинистых грунтов, укрепленных портландцементом с добавкой полиэлектролита, можно сделать следующие выводы.

1. Добавка полиэлектролита способна значительно повысить эффективность укрепления грунтов, что позволяет структурировать грунт в дисперсную смесь, снизить емкость обменного поглощения, а также значительно сократить слои сорбционной воды на поверхности глинистых частиц.

2. Добавка полиэлектролита активизирует в укрепляемом грунте реакции вторичных процессов образования цементирующих веществ.

3. Добавка полиэлектролита повышает эффективность укрепления кислых глинистых грунтов ($pH < 7$) лесной зоны с числом пластичности более 12 портландцементом в условиях повышенной исходной влажности и плохой проветриваемости.

4. Оптимальное содержание добавки полиэлектролита зависит от минералогического состава, количества глинистых частиц грунтов и доли вносимого портландцемента. Эффективность применения полиэлектролита возрастает с увеличением количества глинистых частиц в грунтах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вуюцкий С.С.* Курс коллоидной химии – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1976. – 512 с.
2. Почвоведение / И.С. Кауричев [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1982. – 496 с.
3. Укрепленные грунты (Свойства и применение в дорожном и аэродромном строительстве) / В.М. Безрук [и др.]. – М.: Транспорт, 1982. – 231 с.

S.A. Chudinov, S.I. Buldakov

Theoretical Research of Structure Formation Processes of Clay Soils Stabilized by Portland Cement with Polyelectrolyte Additive

The effect of polyelectrolyte on physical-mechanical properties of soil cement is studied; the efficiency of using the polyelectrolyte additive for stabilizing clay soils by Portland cement is justified.

Keywords: soil cement, stabilized soil, polyelectrolyte, complex cementing, structure formation.

УДК 629.11.012

В.Н. Старжинский, Д.Р. Гагарин

Старжинский Валентин Николаевич родился в 1941 г., окончил в 1963 г. Уральский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой охраны труда Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 150 печатных работ в области промышленной акустики.
E-mail: dedvns@mail.ru



Гагарин Дмитрий Робертович родился в 1987 г., окончил в 2009 г. Уральский государственный лесотехнический университет, аспирант. Имеет 2 работы в области промышленной акустики.
E-mail: demonsaab@mail.ru



**К РАСЧЕТУ ВИБРАЦИОННЫХ ПОЛЕЙ
В КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ ОБОРУДОВАНИЯ
ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА**

Рассмотрена возможность использования энергетического метода описания процессов распространения звуковой вибрации в сложных корпусных конструкциях оборудования лесного комплекса.

Ключевые слова: источник шума, корпусная конструкция, звуковая вибрация, энергетический метод, ударный шум, частота собственных колебаний.

Многие источники шума на предприятиях лесного комплекса представляют собой комбинации угловых соединений пластин различной или равной толщины, образующие замкнутые объемы в виде кожухов рабочих органов машин и подвергающиеся ударным нагрузкам.

С позиции теории колебания они представляют собой сложные колебательные системы, строгий расчет звукового поля которых практически невозможен.

Целью настоящей работы является экспериментальная проверка возможности использования энергетического метода В. Вестфала для расчета распространения структурного шума в зданиях при рассмотрении вибрационных полей в реальных конструкциях оборудования лесного комплекса.

Рассмотрим энергетический метод описания процесса распространения звуковой вибрации в сложных корпусных конструкциях, лежащий в основе инженерных методов решения задач снижения структурного шума, и экспериментальную проверку возможности его использования в задачах расчета вибрационных полей в реальных конструкциях оборудования лесного комплекса.

Энергетический метод позволяет описать процесс распространения упругих колебаний в сложной конструкции при помощи системы алгебраических или простых дифференциальных уравнений. При этом каждый обособленный элемент конструкции рассматривается обобщенно и характеризуется средней колебательной скоростью.

В работе [3] рассмотрено распространение изгибных волн в панелях здания в предположении диффузного поля вибрации на каждой панели. Условие энергетического баланса для отдельных панелей записывается в виде следующей системы уравнений:

$$\left(\sum_{j=1}^{j=n} \alpha_{ij} + \beta_i \right) u_i = \sum_{j=1}^{j=n} \alpha_{ji} u_j + \sum_{k=0}^{k=m_i} w_{ik},$$

где $\alpha_{ij} = \frac{c_i l_{ij} \tau_{ij}}{\pi}$; $\alpha_{ji} = \frac{c_j l_{ij} \tau_{ji}}{\pi}$; $\beta_i = \eta_i \omega s_i$;

$i = 1, 2, \dots, n$;

n – число всех панелей;

c_i, c_j – групповые скорости изгибных волн на i - и j -й панелях;

l_{ij} – общая часть контура между i - и j -й панелями;

τ_{ij}, τ_{ji} – коэффициенты прохождения (по энергии) изгибных волн через угловые соединения i - и j -й панелей;

η_i – коэффициент потерь i -й панели;

ω – круговая частота, c^{-1} ;

s_i – площадь i -й панели;

u_i, u_j – средняя плотность энергии i - и j -й панелей;

m_i – число источников на i -й панели;

w_{ik} – мощность каждого источника.

Первый член в левой части системы учитывает уход энергии через контур из рассматриваемой панели в сопряженные с ней панели. Второй член характеризует рассеяние энергии при колебаниях панели за счет внутренних потерь. Правая часть системы определяет поток энергии от сопряженных панелей и внешних источников, действующих на данную панель.

Применение метода В. Вестфала [3] к расчету реальных конструкций оборудования лесного комплекса требует его уточнения, так как в исходных предпосылках указанного метода принят ряд весьма существенных упрощающих допущений.

Первое допущение – о полной диффузности вибрационных полей на каждой панели – является довольно грубым приближением к реальным условиям.

Вторым допущением является то, что пластины в жестких угловых соединениях полагаются полубесконечными. Коэффициенты прохождения изгибных волн τ вычисляются по формулам для полубесконечных пластин при нормальном падении изгибной волны, а в реальных конструкциях энергообмен происходит в пластинах конечных размеров. Кроме того, в реальных угловых соединениях, не являющихся абсолютно жесткими, возможна трансформация изгибных волн в продольные.

Правомочность использования всех этих приближений для реальных конструкций оборудования лесного комплекса должна быть обоснована.

С этой целью были проведены экспериментальные исследования вибрационных полей и коэффициентов прохождения изгибной волны через соединения реальных плоских элементов оборудования лесного комплекса.

Как указывалось выше, источниками ударного шума чаще всего служат кожухи рабочих органов рубительных машин, молотковых мельниц. Эти кожухи имеют: диаметр – от 1 до 3 м, толщину стенок – от 4 до 10 мм.

Были изготовлены две экспериментальные секции кожухов, представляющие собой сварные коробчатые конструкции из листовой стали. Одна секция имела наружный радиус 0,7 м, внутренний – 0,12 м, вторая – соответственно 1,4 и 0,24 м. Выбор этих размеров был обусловлен тем, что в указанные интервалы входят все типоразмеры кожухов рубительных машин и молотковых мельниц. Толщина листов кожухов – 4 и 8 мм.

В ходе эксперимента исследуемую секцию устанавливали на фундамент, а сверху – ударное устройство.

В результате исследований получено, что средняя по площади колебательная скорость практически не зависит от точки приложения ударной нагрузки. Отклонение колебательной скорости, измеренной в различных точках площади, от среднего значения не превышает 3 дБ. Причем максимальные отклонения наблюдаются на высоких частотах. На низких частотах во всех точках они практически одинаковы.

На рис. 1 представлены экспериментальные графики снижения уровней вибрации при прохождении изгибных волн через стыки пластин кожуха, вычисленные по коэффициенту прохождения изгибной волны через угловое соединение двух полубесконечных пластин [2] (на рис. 1: 1 – меньший кожух, 2 – больший кожух).

Как видно из рис. 1, коэффициент прохождения изгибных волн (по энергии) через угловые соединения пластин по схеме В. Вестфала частотно независим. Реальные же коэффициенты прохождения в значительной степени зависят от частоты (особенно в низкочастотной области). Разница в расчетных и действительных значениях виброизолирующего эффекта углового соединения пластин на некоторых частотах достигает 20 дБ.

Это объясняется следующими обстоятельствами.

При ударном возбуждении колебания пластины происходят на собственных частотах. Конечность ее размеров обуславливает малую плотность собственных частот в низкочастотной области спектра. В таблице приведены частоты собственных колебаний гипотетических пластин (толщина 4 и 8 мм,

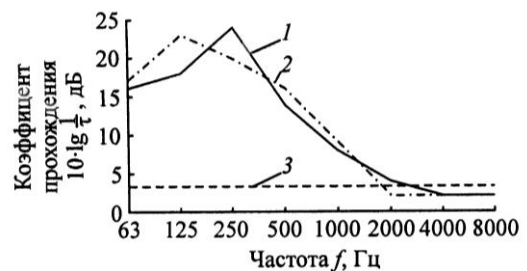


Рис. 1. Снижение виброскорости при переходе изгибных волн через угловое соединение пластин: 1, 2 – эксперимент при толщине пластины соответственно 8 и 4 мм; 3 – расчет

радиусы 0,7 и 1,4 м) экспериментальных кожухов для первых трех собственных форм, вычисленные приближенным методом [1].

Как видно из таблицы, в первой нормируемой октавной полосе (63 Гц) находится только две частоты собственных колебаний для меньшей модели кожуха при толщине пластины 4 мм и только одна собственная частота для пластины 8 мм. В следующих двух октавных полосах число собственных частот возрастает до 2-3. С увеличением площади пластины число собственных частот несколько выше, но во всех встречающихся в реальном оборудовании случаях в первых трех октавных полосах плотность собственных частот чрезвычайно мала. О резонансных свойствах вибрационных полей пластин экспериментальных кожухов на низких частотах свидетельствует и характер узкополосных спектров вибраций (рис. 2).

Порядковый номер	Форма колебаний		Частота собственных колебаний пластины, Гц, при радиусе пластины, м	
	Число узловых диаметров	Число узловых радиусов	0,7	1,4
1	1	1	27,5/55,0	7,0/14,0
2	1	2	68,5/137,0	17,1/34,0
3	2	1	72,0/152,0	21,0/37,0
4	2	2	109,0/219,5	27,5/55,0
5	1	3	137,0/275,0	69,0/138,0
6	2	3	178,8/357,0	89,0/198,0
7	3	1	154,0/294,0	76,0/158,0
8	3	2	184,0/378,0	94,0/208,0
9	3	3	246,0/492,0	123,0/247,0

Примечание. В числителе приведены данные для толщины пластины 4 мм, в знаменателе – 8 мм.

Сопряженные с основной пластиной элементы в связи с конечностью размеров имеют на низких частотах дискретный характер собственных частот. Причем эти собственные частоты не совпадают с собственными частотами основной пластины. В результате этого колебательная энергия основной пластины, сосредоточенная, в основном, на собственных частотах, при переходе через жесткое соединение на сопряженный элемент возбуждает колебания этого элемента на резонансных частотах, что приводит к большой разнице колебательных скоростей основной и сопряженной пластин на этих частотах.

На высоких частотах резонансные свойства пластин сглаживаются (рис. 2), интервалы между собственными частотами пластин сокращаются и

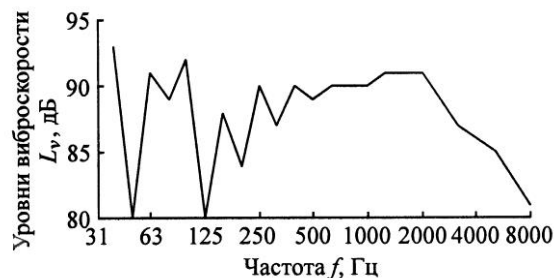


Рис. 2. График спектра виброскорости основной пластины экспериментального кожуха в 1/3-октавных полосах частот

средние в октавных полосах частот коэффициенты прохождения изгибных волн через жесткие соединения пластин становятся равными коэффициентам, вычисленным по схеме В. Вестфала для полубесконечных пластин.

Подводя итог полученным результатам, можно отметить следующее: энергетический метод не применим для расчета вибрационных полей тонкостенных элементов конструкций оборудования лесного комплекса в области низких частот из-за резонансного характера этих полей;

в области высоких частот расчет коэффициентов прохождения изгибных волн возможен по методу В. Вестфала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гонткевич В.С.* Собственные колебания пластинок и оболочек. – К.: Наук. думка, 1964. – 288 с.
2. Справочник по технической акустике / Пер. с нем.; под ред. М. Хекла и Х.А. Мюллера. – Л.: Судостроение, 1980. – 438 с.
3. *Westphal W.* Fusbereitung von Korpershall in Gebauden // Akustische Beihefte. – 1957. Heft 1. – В. 335–348.

V.N. Starzhinsky, D.R. Gagarin

To Calculation of Vibration Fields in Box-type Structures of Forest Equipment

The possibility of using the energy method is considered for describing the processes of sound vibration propagation in the complex box-type structures of the forest equipment.

Keywords: noise sources, box-type structure, sound vibration, energy method, impact sound, frequency of natural vibrations.





МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 744.425:378.09

Н.Н. Черемных

Черемных Николай Николаевич родился в 1942 г., окончил в 1965 г. Уральский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой начертательной геометрии и машиностроительного черчения Уральского государственного лесотехнического университета, заслуженный изобретатель РФ, академик МАНЭБ и РАЕН, чл.-кор. РАЕН. Имеет около 300 печатных работ в области расчета шумопонижающих конструкций деревообрабатывающего оборудования.
E-mail: UG LTUNG MH @ jandex.ru



НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ПРОБЛЕМЕ КОМПЛЕКСНОГО СНИЖЕНИЯ ШУМА В ЛЕСОПИЛЬНО-ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВАХ

Рассмотрены научно-практические подходы, позволяющие комплексно решать вопросы создания научной базы принимаемых технических решений в интересах проектировщиков, конструкторов и производителей деревообрабатывающего оборудования.

Ключевые слова: лесопильно-деревообрабатывающие производства, деревообрабатывающие машины, шум, снижение шума, структурно-системный подход, научная база принимаемых технических решений.

Проблема борьбы с шумом в развитых странах мира, в том числе и в нашей стране, является одной из острых. Отрицательное влияние шума на организм человека не ограничивается воздействием только на орган слуха. Многими исследователями установлено, что в ряде отраслей с повышенным уровнем шума общая заболеваемость персонала повышается на 10...15 %. При этом даже уровни звука 40...70 дБА воздействуют на вегетативную нервную систему независимо от субъективного восприятия человека. Привыкание человека к шуму обманчиво, так как он воздействует даже на спящего.

В лесопильно-деревообрабатывающих производствах шум, как правило, сопровождается низкочастотной вибрацией, запыленностью, загазованностью и излучением. Это также повышает требования к ограничению шумовых воздействий.

Напомним, что Россия одной из первых законодательно начала наступление на шум. Раньше в санитарных нормах для рабочих мест уровень звука устанавливался 90 дБА, в настоящее время он снижен и составляет 80 дБА. При этом физиологическое ощущение громкости снижается в 2 раза.

Борьба с производственным шумом в лесопильно-деревообрабатывающей отрасли – комплексная проблема, связанная с решением гигиенических, технических, управленческих и правовых задач, среди которых просматриваются две связанные между собой: снижение шума на рабочих местах (в рабочих зонах), на территории предприятия и прилегающей жилой территории; улучшение шумовых характеристик выпускаемого оборудования.

Деревообрабатывающие машины (в настоящее время их насчитывается более 1000 моделей) характеризуются высокой производительностью, при которой необходимо обеспечивать рабочие скорости более 60...100 м/с. При этом в оборудовании с круглыми пилами скорости подачи увеличиваются до 150 м/мин, в четырехсторонних продольно-фрезерных станках – до 100...150 м/мин. Производительность повышается также за счет увеличения количества режущих инструментов (узлов): пил в поставе или на валу, рабочих шпинделей и др. Классический подход к обеспечению производительности включает следующие основные этапы проектирования: установление схемы всех механизмов и определение их основных кинематических параметров, качества продукции по ряду параметров (шероховатость, точность и т.д.); силовой и прочностной расчеты, позволяющие выбрать необходимые размеры деталей и их материал, обеспечивающие прочность, жесткость и надежность работы. До определенного времени классический подход исключал расчеты на шум. Одной из причин такого положения является специфика акустических задач применительно к лесопильно-деревообрабатывающей отрасли и в деревообрабатывающем станкостроении в частности.

Повсеместно применяется технология, предусматривающая размещение оборудования и станков в замкнутом объеме с обслуживающим персоналом, что в большинстве случаев усложняет акустическую составляющую экологической проблемы.

Изыскание путей решения всего комплекса вопросов по шумобезопасности в отрасли на основе классических подходов и опыта, накопленного в других отраслях промышленности, не дает ожидаемых результатов, так как перед исследователями означенной проблемы возникает масса специфических вопросов.

В технологических процессах лесопиления и деревообработки основной шум образуется в зоне резания, поэтому необходимо создавать новые бесшумные способы резания древесины и древесных материалов или разрабатывать другие перспективные процессы придания древесине нужной формы и размеров. Однако анализ литературных и патентных источников позволяет нам сделать вывод, что в ближайшем будущем подобные разработки не появятся.

Заметный вклад в общее шумообразование машин вносят ударные процессы в кинематических парах 4- и 5-го классов, при перерезании волокон древесины, аэродинамические явления (особенно у фрез и ножевых валов), вибрации деревообрабатывающего инструмента, трение пил в пропилах,

скобление зубьев о дно пропила, ударные импульсы в динамических системах бревно – тележка, тележка – рельсы, подшипниковых узлах, трение и удары транспортирующих частиц древесины по трубопроводам и т.д.

Большая часть оборудования лесопильно-деревообрабатывающей отрасли относится к проходному типу, так как для входа – выхода обрабатываемых заготовок (во многих случаях разных поперечных сечений) необходимо иметь открытые окна-проемы. Они, даже при герметичной конструкции, являются основным путем распространения звуковых волн от зоны резания.

Специфические задачи приходится решать и при использовании известного и проверенного пути – локализации шума из-за необходимости визуального наблюдения за измерительно-базирующими приспособлениями, работой рамных пил, узлов автоматов и др., из-за наличия оградительных защитных устройств в зоне резания и подачи. Во многих случаях исключено использование звукопоглощающих материалов из-за разбрасываемых рабочим органом кусковых отходов в зоне резания, наличия «пескоструйного» эффекта от опилок в зоне резания круглых пил, засмаливания поверхности звукопоглотителя разлетающимися опилками и стружками.

Работа стружкоотсасывающих систем по сравнению с классическими вентсистемами связана с прохождением аэросмеси значительных концентраций через побудитель движения воздуха – вентилятор, а также через трубопроводы, приемники, циклоны и т.д.

Не следует сбрасывать со счетов и значительные габариты оборудования (проходные торцовочные установки, блоки циклона и бункера, фрезернопильные агрегаты, двухэтажные лесопильные рамы).

В литературе и руководящих технических документах отсутствуют обобщающие материалы, позволяющие, например, учитывать влияние специфического сырья и готовой продукции в объеме цеха; для глушителей шума в виде каналов не известны случаи нахождения в них заготовок различного назначения и конфигурации при наличии возможности манипуляции с ними в процессе прохождения через каналы и возникающей при этом необходимостью защиты звукопоглотителя от механических повреждений.

Значительные размеры (в плане и по высоте) цехов (например, 12-рамный лесопильный цех Соломбальского лесопильно-деревообрабатывающего комбината, здание основного производства Тюменского домостроительного комбината размером 200 × 800 м) делают применение звукопоглощающих облицовок и конструкций во многих случаях экономически и акустически нецелесообразным.

Нами был реализован структурно-системный подход к проблеме, отличающийся единством цели в интересах эксплуатационников, проектировщиков, конструкторов и производителей деревообрабатывающего оборудования. Были созданы и проверены научно-технические разработки, в которых отсутствует снижение технологических возможностей оборудования с пониженными шумовыми характеристиками [1–5]. Создана научная база принимаемых технических решений на этапе конструирования оборудования или проектирования технологического процесса, отличающаяся

возможностью оценки по шумовому фактору или ведением проектировочных расчетов. Доказана реальность снижения высокочастотных компонент шума путем звукопоглощения в непосредственной близости от зоны резания и локализации этой зоны для деревообрабатывающих машин с окнами для входа – выхода заготовок за счет использованием скрытых резервов звукоизоляции и звукопоглощения без снижения шумозащитных свойств конструкции. Для проектировщиков, технологов и конструкторов оборудования были предложены комплекты руководящих технических материалов, две автоматизированные системы инженерных акустических расчетов, имеющих многочисленные конструктивные примеры, и примеры конкретных числовых расчетов для распространенных технологических планировок и конструктивных ситуаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Канунников Н.И., Черемных Н.Н. Методика расчета ожидаемых уровней шума в лесопильно-деревообрабатывающем производстве // *Деревообработ. пром-сть.* – 1985. – № 5. – С. 18–20.
2. Черемных Н.Н. Опыт многолетнего внедрения результатов НИР по совершенствованию конструкций и технологических производств в лесопильно-деревообрабатывающих производствах // *Урал промышленный – Урал полярный: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса: материалы междунар. науч.-техн. конф.* – Екатеринбург: Изд-во УГЛТУ, – С. 198–199.
3. Черемных Н.Н., Слободник М.А., Прессер М.А. Устройство для снижения шума на деревообрабатывающих предприятиях (расчеты и конструкции устройств). – М.: Лесн. пром-сть, 1986. – 152 с.
4. Черемных Н.Н. Совершенствование оборудования лесопильно-деревообрабатывающих производств по критерию улучшения шумовых характеристик // *Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. науч. тр.* – Вып. 4. – Брянск: Изд-во БГИТА, 2001. – С. 81–84.
5. Чижевский М.П., Черемных Н.Н. Руководящие материалы по расчету шумности и проектированию противозумных мероприятий в лесопильно-деревообрабатывающем производстве. – М.: Минлеспром СССР, 1978. – 367 с.

N.N. Cheremnykh

Scientific-practical Approaches to Problem of Complex Noise Abatement in Sawmilling-Woodworking Productions

Scientific-practical approaches are considered allowing to solve questions of establishing scientific base for technical solutions taken in the interests of designers, constructors and producers of woodworking equipment.

Keywords: sawmilling-woodworking productions, woodworking machines, noise, noise abatement tasks, structural-and-systematic approach, scientific base of technical solutions taken.

УДК 674.07

М.В. Газеев, Е.В. Тихонова

Газеев Максим Владимирович родился в 1979 г., окончил в 2001 г. Уральскую государственную лесотехническую академию, кандидат технических наук, доцент кафедры механической обработки древесины Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет около 40 научных работ в области исследования лакокрасочных покрытий на древесине.

E-mail: gazeev_m@list.ru



Тихонова Елена Валерьевна родилась в 1986 г., окончила в 2008 г. Уральский государственный лесотехнический университет, аспирант УГЛТУ. Имеет 15 печатных работ в области совершенствования технологии отверждения лакокрасочных материалов на древесине.

E-mail: elenat.v@mail.ru



ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЛЕНКООБРАЗОВАНИЯ ПОЛИУРЕТАНОВЫХ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ДРЕВЕСИНЕ ПРИ АЭРОИОНИФИКАЦИИ

Установлено, что метод аэроионификации позволяет сократить в 1,5–2 раза продолжительность пленкообразования лакокрасочных материалов и модифицировать покрытие без введения специальных добавок.

Ключевые слова: пленкообразование, аэроионизация, сушка лакокрасочных покрытий, отделка, лакокрасочные материалы, изделия из древесины.

В технологии отделки изделий из древесины продолжительность пленкообразования лакокрасочных покрытий (ЛКП) является одним из важных показателей, определяющих длительность производственного цикла и возможность организации процессов по непрерывно-поточному принципу. В некоторых случаях пленкообразование может составлять до 95 % от общей продолжительности процесса отделки. В современных условиях широко применяются различные способы интенсификации пленкообразования ЛКП на древесине (воздействие высоких температур, инфракрасных, ультрафиолетовых лучей, ускоренных электронов, катализаторов и др.), имеющие свои достоинства и недостатки [4].

На кафедре механической обработки древесины УГЛТУ проводятся исследования нового способа интенсификации ЛКП на древесине методом аэроионификации.

Аэроионификация – «электротехническая проблема искусственного создания благоприятного для человека режима воздуха внутри помещений» [7] – была сформулирована в начале XX в. А.Л. Чижевским. Для ее решения он предложил метод электроэфлювиальной аэроионизации и разработал установку, которая является основой современных аэроионизаторов воздуха (рис. 1).

Сущность метода аэроионизации для интенсификации процесса пленкообразования заключается в воздействии на ЛКП отрицательных аэроионов кислорода воздуха, образующихся в поле коронного разряда аэроионизатора [6].

Цель нашего исследования – установить возможность использования метода аэроионизации для сокращения продолжительности пленкообразования ЛКП, полученных из наиболее распространенных полиуретановых лакокрасочных материалов (ЛКМ) [3].

Для достижения поставленной цели было исследовано влияние аэроионизации на испарение растворителя полиуретанового ЛКМ Pol. Extra (Verinlegno, Италия); изучен процесс пленкообразования полиуретановых ЛКМ при аэроионизации; проведены контрольные эксперименты в естественных условиях (температура воздуха $t = (20 \pm 2) ^\circ\text{C}$; влажность воздуха $W = (60 \pm 5) \%$); оценены качественные показатели полученных ЛКП.

Одним из факторов, оказывающих влияние на пленкообразование ЛКП, является скорость испарения растворителей. В естественных условиях превращению жидкости в газ препятствует межмолекулярное взаимодействие, сила которого зависит от химического строения вещества [6]. В условиях аэроионизации наблюдается воздействие на покрытие электромагнитного поля, обладающего определенной энергией, способного ослабить межмолекулярное взаимодействие и ускорить процесс испарения [1, 5]. В связи с этим было исследовано влияние аэроионизации на скорость испарения растворителя полиуретанового ЛКМ Pol. Extra.

В качестве переменных факторов были выбраны:

расстояние h между поверхностью испаряемой жидкости и ЭЭИ в вертикальной плоскости (рис. 1);

расстояние S между электродами ЭЭИ (рис. 1).

Растворитель определенной массы в чашке Петри помещали под аэроионизатор. Массу растворителя фиксировали через каждые 10 мин. По полученным результатам аппроксимацией по методу наименьших квадратов строили математические модели процесса испарения (рис. 2). Аналогичный эксперимент проводили в естественных условиях.

Для изучения влияния аэроионизации на пленкообразование ЛКП применяли следующие лаки: Verinlegno I 362 VLX 36 (на древесине), CEROPAC (на стекле). Стекланную подложку применяли для исключения влияния гигроскопичности древесины на результаты эксперимента.

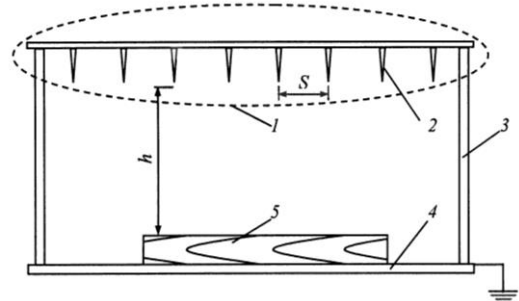


Рис. 1. Электроэффлювиальное аэроионизационное устройство: 1 – электроэффлювиальный излучатель (ЭЭИ); 2 – коронирующий электрод; 3 – стойка; 4 – основание; 5 – образец с ЛКП; h – расстояние между образцом и ЭЭИ; S – расстояние между электродами

В качестве переменного фактора при исследовании скорости пленкообразования ЛКП на стеклянной подложке использовали напряженность E электрического поля аэроионизатора. Эксперимент проводили в следующей последовательности: на подложку кистью наносили лак и полученный образец помещали под аэроионизатор. Продолжительность пленкообразования фиксировали по ГОСТ 19007–73*.

При обработке экспериментальных данных методом аппроксимации получена математическая модель процесса [2]:

$$y = -64,3x^3 + 119,6x^2 - 72,7x + 26,11.$$

На основании результатов можно сделать следующий вывод: наименьшая продолжительность пленкообразования ЛКП наблюдается при напряженности электрического поля $E = 9,6 \cdot 10^4$ В/м. Это значение было принято в качестве постоянного фактора в дальнейших экспериментах, в качестве переменного – расстояние между электродами аэроионизатора S . Эксперимент проводили по методике, изложенной выше. В ходе исследования процесса пленкообразования на древесине при аэроионификации было замечено появление матовых кругов на поверхности покрытия, в рамках которых наблюдался эффект сокращения продолжительности пленкообразования. Для обеспечения равномерного влияния электродов ЭЭИ образец с ЛКП приводился в движение по заданной траектории в течение всего процесса пленкообразования. Результаты эксперимента для двухслойного ЛКП представлены на рис. 3.

ЛКП на деревянных подложках подвергали испытанию на склерометрическую твердость (ГОСТ 27326–87), по результатам которого зафиксировано изменение исследуемого показателя в пределах величины допустимой ошибки (не более 5 %). Таким образом, аэроионификация не оказывает влияния на изменение твердости ЛКП.

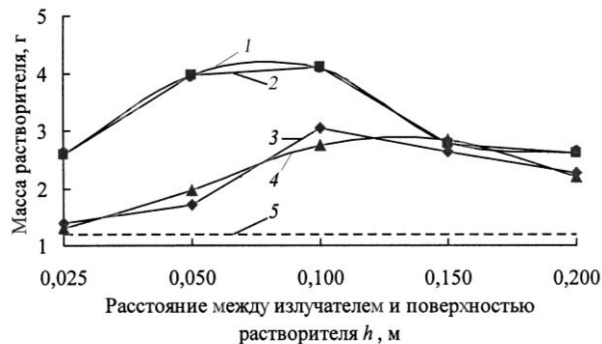


Рис. 2. Зависимость скорости испарения растворителя Pol. Extra от переменных факторов: 2, 3 – экспериментальные значения при $S = 0,04$ и $0,02$ м; 1, 4 – расчетные значения при $S = 0,04$ м ($y = 3396,72x^2 - 1304,66x^2 + 138,7x - 0,129$; $R^2 = 1,0$) и $0,02$ м ($y = -143,0x^2 + 37,39x$; $R^2 = 0,8$); 5 – естественные условия

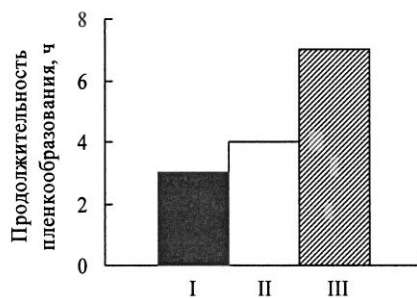


Рис. 3. Пленкообразование двухслойного полиуретанового покрытия на древесине в разных условиях: I – при $S = 0,04$ м; II – $0,02$ м; III – естественные условия

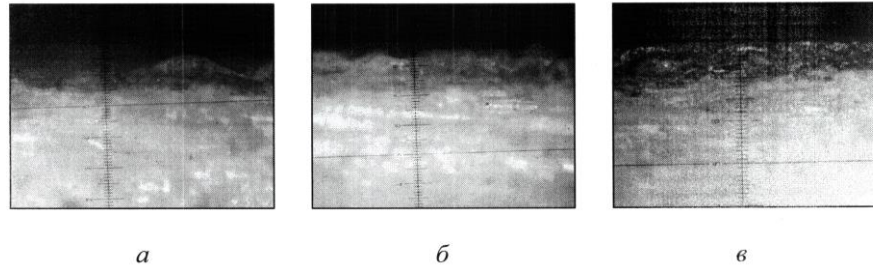


Рис. 4. Фотографии поперечных срезов ЛКП при увеличении в 100 раз:
a – $S = 0,02$ м; *б* – $0,04$ м; *в* – естественные условия

Внешний вид покрытий на древесине оценивали визуально по ГОСТ и с использованием микроскопа МЕТАМ ЛВ-44. Результаты наблюдений показали, что под действием аэроионификации покрытия приобретают матовость. На рис. 4 представлены фотографии поперечных срезов ЛКП при 100-кратном увеличении. На рис. 4, *a* и *б* видны неровности – результат воздействия отрицательных аэроионов. Покрытие, полученное в естественных условиях (рис. 4, *в*), имеет ровную поверхность.

По данным теоретических исследований [5] появление матовых кругов на поверхности ЛКП объясняется отсутствием возможности перекрытия потоков аэроионов под действием силы Лоренца в электромагнитном поле, значение которой усиливается при сокращении расстояния h . Энергетическое воздействие электромагнитного поля и образующихся в нем направленных потоков аэроионов способствует перемешиванию ЛКМ в поверхностном слое ЛКП, повышению скорости испарения растворителя и протекания химической реакции пленкообразования. Кроме того, аэроионы, оказывающие модифицирующее действие, позволяют получить матовые покрытия без использования специальных добавок. Для достижения равномерного покрытия необходимо обеспечить движение образца с ЛКП по заданной траектории относительно аэроионизатора в процессе пленкообразования.

Таким образом, при соблюдении расстояний h , S и правильном перемещении образца аэроионификация является эффективным методом интенсификации пленкообразования полиуретановых ЛКП на древесине. В целях изучения возможности применения метода для повышения скорости пленкообразования других ЛКМ (алкидные, алкидно-уретановые) необходимо проведение дальнейших исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия: учеб. для вузов. – М.: Высш. шк., 2005. – 743 с.
2. Газеев М.В., Тихонова Е.В. Влияние аэроионификации на процесс пленкообразования полиуретановых лакокрасочных покрытий // Современные проблемы

лесозаготовительных производств, производства материалов из древесины: пиломатериалы, фанера, деревянные дома, заводского изготовления, столярно-строительные изделия: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – С.-Петербург, 2009. – С. 60–64.

3. Полиуретаны в лакокрасочной промышленности. URL: <http://www.plastinfo.ru/>

4. Рыбин Б.М. Технология и оборудование защитно-декоративных покрытий древесины и древесных материалов: учеб. для вузов. – М.: МГУЛ, 2003. – 568 с.

5. Савельев И.В. Курс физики: учеб. пособие в 3 т. Т. 2. Электричество. Колебания и волны. Волновая оптика. – СПб.: Лань, 2007. – 480 с.

6. Скупетров В.П., Беспалов Н.Н., Зорькина А.В. Феномен «живого» воздуха: монография. – Саранск: СВМО, 2003. – 93 с.

7. Чижевский А.Л. Аэроионы и жизнь. Беседы с Циолковским. – М.: Мысль, 1999. – 716 с.

M.V. Gaseev. E.V. Tikhonova

Study of Filming Process of Polyurethane Paint-and-lacquer Coating under Aeroionification

It is established that the method of aeroionification allows to reduce filming of paint-and-lacquer materials in 1.5–2.0 times and modify coating without introducing special additives.

Keywords: filming, aeroionization, drying of paint-and-lacquer coating, finish, paint-and-lacquer materials, woodwork.



ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.064

А.Б. Шаевич

Шаевич Арон Борисович родился в 1924 г., окончил Московский институт стали и сплавов, доктор химических наук, профессор кафедры химии древесины и технологии целлюлозно-бумажной промышленности Уральского государственного лесотехнического университета; исполнительный директор Уральского информационно-консультативного центра лесного комплекса «Ураллесинформконсалтинг», заслуженный деятель науки РФ, почетный член Российской академии естественных наук (секция наук о лесе), почетный работник высшего профессионального образования РФ. Имеет более 400 печатных работ в области управления качеством продукции.
E-mail: bsovet@usfeu.ru



ДОБРОВОЛЬНАЯ СЕРТИФИКАЦИЯ – СРЕДСТВО СОДЕЙСТВИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ И УДОСТОВЕРЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОДУКЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Обсуждены возможности и ограничения разных форм сертификации как средства содействия конкурентоспособности и официального подтверждения экологической безопасности продукции предприятий целлюлозно-бумажной промышленности.

Ключевые слова: целлюлозно-бумажная промышленность, продукция, сертификация, конкурентоспособность.

Общепризнано, что качество и экологическая безопасность продукции, в том числе и целлюлозно-бумажной промышленности, удовлетворяющие запросам потребителей, необходимо не только обеспечивать фактически, но и подтверждать путем удостоверения независимым и компетентным органом. Последнее осуществляется на основе сертификации.

Законом Российской Федерации «О техническом регулировании», как и аналогичными законодательными актами других стран, предусмотрены две формы сертификации – обязательная и добровольная.

Основная цель обязательной сертификации – обеспечение безопасности продукции для жизни и здоровья граждан, имущества физических и юридических лиц, государственного и муниципального имущества, а также содействие природоохранной деятельности. Однако при всем ее важном значении обязательная сертификация официально не удостоверяет уровень качества по многим показателям, характеризующим полезные потребительские (эксплуатационные) свойства продукции. Это не позволяет полноценно использовать возможности сертификации для повышения конкурентоспособности производителей товаров, а также затрудняет ориентацию потребителей на рынке. Поэтому, наряду с обязательной, все возрастающее развитие получает добровольная сертификация.

В России и за рубежом зарегистрированы десятки систем добровольной сертификации, действие каждой из которых распространяется на одну или несколько групп однородных объектов. Почти все они ориентированы на то, чтобы удостоверить соответствие фактических значений показателей, характеризующих безопасность и/или потребительские (эксплуатационные) свойства продукции, требованиям нормативных документов (стандартов, правил и др.). Не отрицая полезности такого подхода, следует отметить, что более эффективной является добровольная сертификация, основанная на критерии «Фактический уровень качества и/или экологическая безопасность выше, чем предусмотренные нормативными документами или характерные для аналогов». Такой подход имеет несомненные преимущества с позиций повышения конкурентоспособности и обеспечения интересов потребителей.

В России и, насколько известно, впервые в мировой практике добровольная сертификация с использованием указанного критерия осуществляется по правилам Системы сертификации продукции (товаров, услуг) по качеству (ССК). Эта система, зарегистрированная Госстандартом России, действует уже более 15 лет [1–3]. Примером аккредитованного регионального органа указанной системы является некоммерческое структурное подразделение Уральского государственного лесотехнического университета (г. Екатеринбург) – Уральский информационно-консультативный центр лесного комплекса «Ураллесинформконсалтинг», образованный по инициативе Министерства промышленности, энергетики и науки Свердловской области.

При положительном результате сертификации продукции с использованием указанного выше критерия заявитель получает сертификат качества. Аналогично, если установлено, что содержание вредных примесей в продукции стабильно меньше по сравнению с официально допустимым в определенное число раз (на основании предоставленных заявителем копий протоколов испытаний в аккредитованных лабораториях), заявитель получает экологический сертификат. Обе разновидности таких сертификатов имеют юридическую силу на всей территории России.

Оценка уровня качества осуществляется с использованием методов квалиметрии: оценивается весомость (важность) каждого показателя, фактические значения таких показателей сопоставляются с базовыми, после чего вычисляется обобщенный показатель, характеризующий фактический уровень качества или экологической безопасности относительно их базовых значений.

В текст сертификатов, выдаваемых по правилам ССК, в отличие от сертификатов, выдаваемых по правилам других систем сертификации, включены следующие важные позиции: а) орган по сертификации несет ответственность за объективность оценки качества и экологической безопасности продукции на момент сертификации; б) предприятие несет ответственность за сохранение точного соответствия показателей качества и/или экологической безопасности сертифицированной продукции значениям, установленным в результате сертификации, в течение всего срока действия сертификата. Предусмотрен также инспекционный контроль.



В качестве примера ниже приведено описание процедуры и результаты добровольной сертификации продукции – мешков бумажных, изготовленных ООО «Новолялинский целлюлозно-бумажный завод». Указанная продукция используется для упаковки сухих пищевых продуктов и штучных промышленных изделий, в связи с чем предприятие-изготовитель сочло целесообразным усилить свою конкурентоспособность, получив сертификат, удостоверяющий повышенную экологическую безопасность своей продукции.

В процессе сертификации для оценки использовали показатели, характеризующие миграцию химических веществ в модельную среду (воду), как это принято при выработке санитарно-эпидемиологических заключений по правилам, установленным Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. В качестве таковых были приняты показатели, характеризующие миграцию формальдегида, свинца, мышьяка, цинка и хрома общего. Сопоставлялось фактическое значение каждого из указанных показателей и его гигиенический норматив. Исходными данными для расчетов служили содержащиеся в санитарно-гигиеническом заключении, выданном Управлением федеральной службы по защите прав потребителей и благополучия человека по Свердловской области. Положительный результат сопоставления являлся основанием для выдачи сертификата, в тексте которого изложена подробная информация, характеризующая повышенную экологическую безопасность продукции и юридический статус данного документа (см. рисунок).

Кроме законодательно установленных требований независимости и компетентности органа по сертификации, в своей деятельности Центр руководствуется принципом доброжелательности. Это означает, что следует стремиться помогать предприятиям в повышении конкурентоспособности.

С этой целью в докладе комиссии по сертификации, который предоставляется заявителю и может быть продемонстрирован коммерческим партнерам, подробно комментируются результаты обследования, проведенного экспертами Центра. Обязательной частью процедуры такой сертификации является и социологический опрос потребителей сертифицируемых изделий, сводка отзывов которых прилагается к докладу. Наконец, в докладе излагаются рекомендации, направленные на повышение конкурентоспособности заявителя.

Наряду с добровольной сертификацией продукции возрастающее применение находит и добровольная сертификация систем менеджмента качества, чаще всего, по правилам Международной организации по стандартизации (ИСО). Согласно указанным правилам, сертификация систем менеджмента качества имеет целью удостоверить способность предприятия производить доброкачественную и/или экологически безопасную продукцию. Целесообразность подобного подхода очевидна. К сожалению, условия для реализации такой сертификации в нашей стране пока не всегда благоприятны. Не все предприятия в состоянии обеспечить качество и экологическую безопасность продукции, соответствующие сложившимся или прогнозируемым потребностям рынка. Кроме того, разработка, внедрение и сертификация системы менеджмента качества длительны (два-три года) и дорогостоящи (несколько десятков тысяч долларов). Наконец – и это главное – потребителя изделий интересует не только способность предприятия выпускать доброкачественные и безопасные изделия, но, прежде всего, конечный результат – реальные их доброкачественность и безопасность. Следовательно, добровольная сертификация систем менеджмента качества и такая же сертификация качества и экологической безопасности готовых изделий не исключают, а дополняют друг друга. Это подтверждается тем, что многие предприятия, наряду с информацией о наличии у них сертифицированной системы менеджмента качества, размещают в рекламных проспектах, на фирменных бланках и упаковке изделий изображение сертификационных знаков, свидетельствующих о наличии сертификатов качества и/или экологической безопасности их готовой продукции.

С учетом оценки ситуации на внутреннем и внешнем рынках, в том числе последствия вступления России во Всемирную торговую организацию, имеются основания полагать, что одним из важнейших условий обеспечения конкурентоспособности российских предприятий целлюлозно-бумажной промышленности является удостоверение доброкачественности и экологической безопасности их продукции на основе добровольной сертификации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ССК – уникальная система сертификации качества / Б.А. Минин [и др.] // Стандарты и качество. – 1996. – № 7. – С. 36–41.
2. Шаввич А.Б. В интересах качества // Россия. Третье тысячелетие. Вестник актуальных прогнозов. Экология нации (приложение к журналу «Родина»). – 2002. – № 5. – С. 154–155.

3. *Шаевич А.Б.* Лесопромышленный комплекс: добровольная сертификация – содействие конкурентоспособности // Методы оценки соответствия (ООО РИА «Стандарты и качество»). – 2009. – № 4. – С. 34–35.

A.B. Shaevich

Voluntary Certification as Means of Promoting Competitiveness and Ensuring Environmental Safety of Pulp-and-paper Industry Products

The possibilities and limitations of different forms of certification as means of promoting competitiveness and official confirmation of environmental safety of pulp-and-paper industry products are discussed.

Keywords: pulp-and-paper industry, products, certification, competitiveness.

УДК 676.1.022.1

А.В. Вураско, Б.Н. Дрикер, А.Р. Минакова, Э.В. Мертин

Вураско Алеся Валерьевна родилась в 1965 г., окончила в 1988 г. Уральский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой химии древесины и технологии ЦБП Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 100 печатных трудов в области каталитического окисления органических и неорганических соединений, каталитической и органосольвентной варок растительного сырья.

E-mail: vurasko2010@yandex.ru



Дрикер Борис Нутович родился в 1944 г., окончил в 1966 г. Одесский университет, доктор технических наук, профессор кафедры общей и неорганической химии Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 400 печатных трудов в области изучения физико-химических свойств комплексонов и комплексонов металлов.

E-mail: chempro@e1.ru



Минакова Анастасия Рашитовна родилась в 1983 г., окончила в 2000 г. Уральский государственный лесотехнический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры химии древесины и технологии ЦБП УГЛТУ. Имеет более 30 печатных трудов в области получения технической целлюлозы из недревесного растительного сырья.

E-mail: galimova_ar@mail.ru



Мертин Элеонора Викторовна родилась в 1987 г., окончила в 2009 г. Уральский государственный лесотехнический университет, аспирант кафедры химии древесины и технологии ЦБП УГЛТУ. Имеет 5 печатных трудов в области изучения модификаций целлюлозы.

E-mail: mertin@e1.ru



РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ КРУПЯНЫХ И ЗЛАКОВЫХ КУЛЬТУР В ЦЕЛЯХ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Обоснована и разработана технология получения волокнистых полуфабрикатов из соломы и шелухи хлебных и крупяных злаков; показано, что полученная техническая целлюлоза может быть использована в качестве сырья для целлюлозно-бумажной и других отраслей промышленности.

Ключевые слова: целлюлоза, недревесное растительное сырье, окислительно-органосольвентная варка, пигменты, диоксид кремния.

Отходы крупяных и злаковых культур служат ценным сырьем для получения технической целлюлозы, продуктов парфюмерного и медицинского назначения (диоксид кремния, пигменты, красители) [6]. При этом к

достоинствам недревесного сырья относятся его ежегодная возобновляемость и невысокая стоимость. По этим причинам разработка современных технологий, обеспечивающих комплексное использование отходов крупяных и злаковых культур как сырьевого материала для целлюлозно-бумажной и химической промышленности, является актуальной.

Стандартная химическая переработка однолетних растений предусматривает получение одного [8] или, в лучшем случае, двух [9] ценных продуктов. Однако из данного вида сырья можно выпускать большое количество компонентов как органического (липиды, красители, пигменты, волокнистый полуфабрикат), так и неорганического (диоксид кремния) происхождения.

Цель данной работы – получение технической целлюлозы окислительно-органосольвентной делигнификацией недревесного растительного сырья и оценка областей ее применения.

Недревесное растительное сырье имеет следующие отличительные особенности: высокое содержание минеральных и экстрактивных веществ, неоднородность фракционного состава волокон. В качестве объектов исследования использовали солому и шелуху крупяных и злаковых культур.

Для определения показателей и химического состава отходов однолетних растений применяли следующие стандартные методики: влажность – ГОСТ 16932; зольность – ГОСТ 18461; массовая доля экстрактивных веществ, растворимых в органических растворителях (спиртобензольная смесь) – ГОСТ 6841; массовая доля α -целлюлозы – ГОСТ 6840; массовая доля целлюлозы (по Кюршнеру–Хофферу) – по методике [3]; массовая доля лигнина – ГОСТ 11960; массовая доля веществ, растворимых в горячей воде – по методике [3]. Результаты химического анализа недревесного растительного сырья представлены в табл. 1.

Рисовая солома и шелуха характеризуются повышенным содержанием минеральных веществ. Солома и шелуха овса содержат больше целлюлозы, пентозанов, веществ, растворимых в органических растворителях,

Таблица 1

Химический состав (%) отходов однолетних растений

Компоненты	Солома			Шелуха		
	риса	гречихи	овса	риса	гречихи	овса
Целлюлоза	43,6	38,4	47,0	38,6	29,4	44,3
Пентозаны	11,6	9,8	24,0	1,2	19,8	7,2
Лигнин	22,3	20,0	18,0	31,3	34,7	27,1
Вещества, растворимые в спиртобензольной смеси	5,1	4,7	2,3	2,0	1,6	0,5
в воде	3,7	20,4	4,0	11,0	7,4	14,7
Минеральные вещества	13,7	5,8	3,0	16,9	5,0	6,2

но меньше лигнина, минеральных и водорастворимых веществ. Солома и шелуха гречихи имеют в своем составе значительное количество веществ,

растворимых в горячей воде (красители, пигменты) и лигнина, но меньше целлюлозы.

Таким образом, из недревесного растительного сырья могут быть эффективно извлечены ценные продукты. Поэтому процесс переработки сырья целесообразно проводить поэтапно (рис. 1).

На I стадии получают липиды экстракцией смесью органических растворителей (этиловый спирт, ацетон).

На II стадии извлекают водорастворимые вещества: из соломы и шелухи овса – горячей водной экстракцией (пектины, крахмал, танины); из соломы и шелухи гречихи – щелочной экстракцией (красители, пигменты) [6].

На III стадии извлекают минеральные вещества путем щелочной обработки соломы и шелухи риса с последующим осаждением диоксида кремния соляной кислотой.

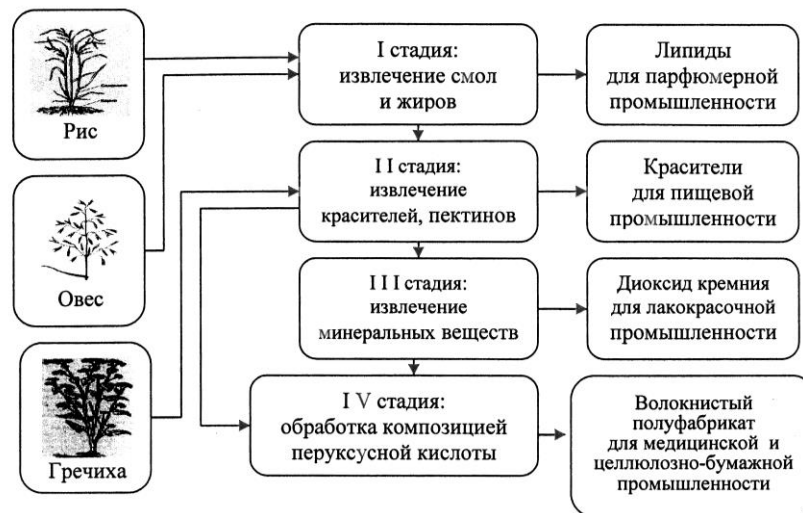


Рис. 1. Схема последовательного извлечения компонентов из недре-

На IV стадии, после выделения перечисленных компонентов неволокнистого характера, основную ценность представляет лигноуглеводный комплекс, используемый для получения целлюлозосодержащего волокнистого полуфабриката. Получение технической целлюлозы возможно как традиционными щелочными способами делигнификации, так и окислительно-органосольвентными [5, 7]. Последние проводят в среде, содержащей равновесную перуксусную, уксусную кислоты и пероксид водорода в оптимальных соотношениях [1].

Органосольвентные способы делигнификации более предпочтительны, так как, являясь экологически малоопасными, позволяют получать техническую целлюлозу с высоким выходом и уникальными свойствами (соответствующими международным стандартам качества) при низких энергозатратах и отсутствии серосодержащих выбросов и стоков.

Для достижения необходимого качества технической целлюлозы было

изучено влияние расхода перексусной кислоты в процесс делигнификации. Показано [7], что для соломы и шелухи овса и соломы риса оптимальным является расход 0,4 г перексусной кислоты на 1 г, для соломы гречихи, шелухи риса и гречихи – 0,8 г/г, при которых достигаются высокий выход и белизна. Дальнейшее увеличение расхода перексусной кислоты приводит к снижению выхода при неизменном содержании остаточного лигнина.

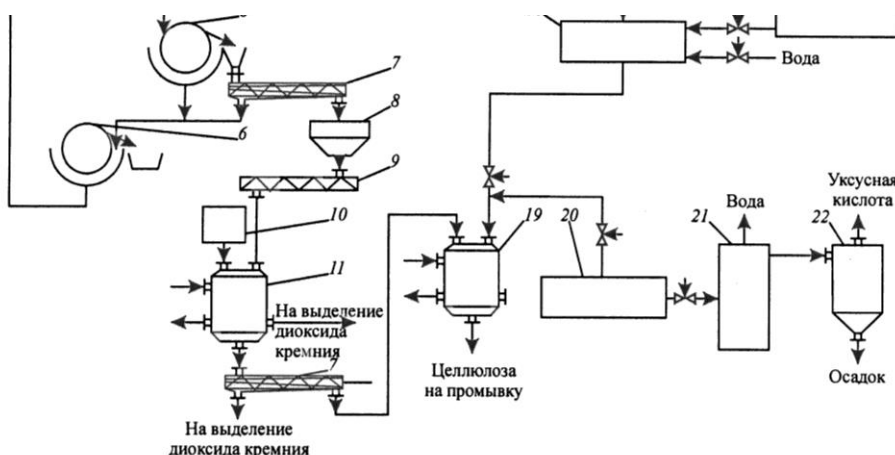
На основании выбранных расходов варочного реагента разработана принципиальная технологическая схема получения целлюлозы из соломы риса по предложенному способу, в которой учтена, в частности, стадия выделения диоксида кремния (рис. 2).

Технологическую схему можно условно разделить на 5 ступеней.

Подготовка сырья. На данной ступени осуществляется загрузка соломы в бункер 1, откуда она поступает на рубку в соломорезку 2, далее сечка подается пневмотранспортом в отпыловочные камеры 4. Воздух с пылью из отпыловочных камер направляется в батарею циклонов 3, работающих по мокрому типу. Образующийся шлам сбрасывается в сток. После сухой очистки сечка подается на мокрую очистку, укомплектованную гидроразбивателем 5, обезвоживающим барабанным фильтром 6 и шнек-прессом 7. В гидроразбивателе при концентрации сечки не более 3 % отделяется большая часть инородных включений, в основном, неорганического характера, затем сечка обезвоживается на барабане до концентрации 10...12 % и поступает в шнек-пресс, где сгущается до необходимой концентрации. Стоки после мокрой очистки направляют на дополнительную очистку в барабанный фильтр. Осветленная вода возвращается в гидроразбиватель.

Приготовление варочной композиции. Окислительно-органо-со- левентные варки лигноуглеводного материала проводят композицией, содержащей перексусную, уксусную кислоты, стабилизатор пероксидных соединений и воду. Равновесную концентрацию перексусной кислоты получают путем смешивания ледяной уксусной кислоты с пероксидом водорода (соотношение 1,5:1). В качестве катализатора используют концентрированную серную кислоту. Равновесная концентрация перексусной кислоты составляет 16...19 %, готовую кислоту хранят при пониженной (3...4 °С) температуре

Рис. 2. Принципиальная схема получения целлюлозы из соломы риса окислительно-органо-со- левентным способом: 1 – бункер рисовой соломы; 2 – соломорезка; 3 – циклон; 4 – отпыловочная камера; 5 – гидроразбиватель; 6 – обезвоживающий барабан; 7 – шнековый пресс; 8 – бункер подготовленной соломы; 9 – шнековый питатель; 10 – бак щелочи; 11 – реактор щелочной обработки; 12 – бак уксусной кислоты; 13 – бак серной кислоты; 14 – бак свежей перексусной кислоты; 15 – бак пероксида водорода; 16 – бак равновесной концентрации перексусной кислоты; 17 – бак стабилизатора; 18 – бак варочной композиции; 19 – варочный реактор; 20 – бак отработанного варочного раствора; 21 – выпарной аппарат; 22 – гидравлический циклон



Уксусная кислота концентрацией не менее 96,0 % из бака 12 подается в бак 14, туда же из бака 15 добавляется раствор пероксида водорода концентрацией 33,0...35,6 % и серная кислота в количестве 0,1 % от суммы массовых долей пероксида водорода и уксусной кислоты. Образующуюся смесь выдерживают при температуре (20 ± 5) °С в течение 24 ч в баке 14. Полученную перукусную кислоту с равновесной концентрацией 14...18 % перекачивают в баки готовой перукусной кислоты для хранения. Из бака 16 ее подают в бак варочной композиции 18, куда одновременно поступает раствор стабилизатора пероксидных соединений (бак 17) и вода. Баки изготовлены из нержавеющей стали и снабжены перемешивающим устройством. Трубопроводы для перекачки кислоты рекомендуется выполнять из пластика.

Выделение диоксида кремния из соломы риса. Подготовленная солома из бункера 8 шнековым питателем 9 направляется в реактор щелочной обработки 11 для выделения диоксида кремния. После загрузки соломы в реактор 11 из бака 10 подается раствор щелочи концентрацией 40 г/л. Обработку проводят при температуре 60 °С, гидромодуле 1:10 в течение 60 мин. По окончании процесса из реактора 11 отбирают щелочной раствор для выделения из него минеральной части. После этого обескремненную солому шнек-прессом 7 подают в варочный реактор 19, где она сгущается до необходимой для варки концентрации. Отжатый водный щелочной раствор из шнек-пресса направляют на выделение диоксида кремния.

Варка сырья окислительно-органо-растворителем способом. После загрузки обескремненного сырья в реактор 19 из бака варочной композиции 18 закачивается варочный раствор. Процесс варки ведут при температуре 90 °С без избыточного давления при постоянном перемешивании в течение 1,5...2 ч. По окончании варки производят отбор отработанного варочного раствора в бак 20, затем выгружают целлюлозу, которую направляют на промывку.

Весь цикл варки от загрузки до выгрузки составляет 3...4 ч. Варочный реактор выполняют из нержавеющей стали, стекла, эмали или фарфора с перемешивающим устройством, стойким к агрессивным средам.

Утилизация отработанного варочного раствора. Отработанный варочный раствор из бака 20 в количестве 20 % направляют обратно в варочный цикл, оставшиеся 80 % непрерывно поступают на регенерацию. Отработанный варочный раствор упаривают в выпарном аппарате 21 до концентрации уксусной кислоты 60 %. Упаренный раствор направляют в гидравлические циклоны 22 для отделения уксусной кислоты от взвешенных веществ (нулевое целлюлозное волокно и лигнин).

Полученную по предложенной технологии техническую целлюлозу оценивали по ряду показателей. Прочностные характеристики недревесного растительного сырья со степенью помола 60 °ШР и массой $1 \text{ м}^2 - (75\pm 2)$ г представлены в табл. 2.

Прочностные характеристики целлюлозы из соломы гречихи и овса значительно выше, чем из соломы риса. По ряду показателей они соответ-

ствуют требованиям, предъявляемым к целлюлозе сульфатной бленой из лиственной древесины, что позволяет рекомендовать полученную целлюлозу в качестве композиции для производства различных видов бумаги.

Целлюлоза из соломы риса не обладает удовлетворительными прочностными свойствами, однако она характеризуется, как и целлюлоза из соломы гречихи, высокими впитывающими и сорбционными свойствами (табл. 3).

Целлюлоза из шелухи состоит из коротких волокон, поэтому обладает низкими прочностными характеристиками. Однако по своим впитывающим и сорбционным свойствам, а также по высокой способности к набуханию и водоудержанию она превосходит целлюлозу из соломы, сульфатную бленую и хлопковую целлюлозу.

Таблица 2

Прочностные характеристики технической целлюлозы

Показатель	Значения показателя для целлюлозы			
	из соломы			древесной сульфатной
	риса	гречихи	овса	
Плотность г/см ³	0,65	0,76	0,91	0,92
Разрывная длина, м	4 200	10 500	8 500	9 000
Абсолютное сопротивление раздиранию, мН	160	320	160	180
Предел прочности при растяжении, кгс/см ²	30	80	80	–
Относительное сопротивление продавливанию, кПа	160	480	470	110
pH холодного экстрагирования водной вытяжки	6,7	6,9	6,9	5,5...7,0
Белизна, %	89,6	92,0	93,0	90,0

Таблица 3

Физико-химические характеристики технической целлюлозы

Показатель	Значение показателя для целлюлозы							
	из соломы			из шелухи			древесной	
	риса	гречихи	овса	риса	гречихи	овса	сульфатной	хлопковой
Адсорбционная способность, мг/г	63,8	48,6	38,4	58,0	59,9	57,8	20,9	42,0
Сорбционная способность по йоду, %	37,9	37,7	20,7	64,2	62,3	62,7	41,5	45,0
Набухание в растворе NaOH концентрацией 17, 5 %	550	500	300	800	500	700	550	500
Водоудержание, %	220	150	220	280	250	220	220	250

Капиллярная впитываемость воды, мм	25,0	15,0	12,0	47,0	35,0	32,0	–	–
Степень кристал- личности, %	33,0	45,0	32,0	25,0	38,0	35,0	63,0	68,0
Впитываемость при одностороннем смачивании, г/м ²	127	100	99	250	200	150	–	–

Особенно это относится к целлюлозе из шелухи риса. Она содержит больше аморфных участков, что вероятно связано с морфологическим строением. В период вегетации в клетках и, в частности, клеточных тканях стеблей риса откладываются неорганические вещества, которые нарушают формирование упорядоченных участков в кристаллитах целлюлозы и приводят к снижению степени ее кристалличности. Большое количество аморфных областей способствует более легкому проникновению и удержанию жидкостей. Поэтому техническая целлюлоза из шелухи риса обладает лучшей вододерживающей способностью.

Полученная по предложенной технологии техническая целлюлоза имеет высокую белизну, достигаемую в одну стадию при варке и без дополнительной стадии отбелки. Физико-механические и физико-химические свойства полученных волокнистых полуфабрикатов позволяют использовать их в композиции при производстве бумаги и картона, в качестве сырья для изготовления простых и сложных эфиров, сорбентов, субстратов для лекарственных препаратов пролонгированного действия, впитывающей основы для изделий санитарно-гигиенического назначения в парфюмерной и медицинской промышленности.

Технико-экономические расчеты показывают [2], что рентабельность продукции из исследуемого сырья в порядке увеличения можно расположить в следующий ряд: шелуха риса – 7,5 % < солома риса – 9,3 % < солома гречихи – 12,0 % < шелуха гречихи – 13,0 % < солома овса – 15,8 %. В частности, из 1 т отходов (солома или шелуха риса) можно получить до 650 кг технической целлюлозы (белизна 92 %) и до 80 кг аморфного диоксида кремния.

Таким образом, переработка отходов злаковых культур является экономически, экологически и социально целесообразной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. с. 1280072 СССР. Способ отбелки волокнистого полуфабриката / Дрикер Б.Н.; заявитель УГЛТИ; патентообладатель Дрикер Б.Н. – Бюл. № 48, 1986.
2. Минакова А.Р. Получение целлюлозы окислительно-органосольвентным способом при переработке недревесного растительного сырья: автореф. ... дисс. канд. техн. наук. – Архангельск, 2008.
3. Оболенская А.В., Ельницкая З.П., Леонович А.А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы – М.: 1991.

4. Пат. 2179209 РФ МПК D 21 C9/16. Способ делигнификации и отбелики целлюлозных материалов / Мозырева Е.А., Дрикер Б.Н., Киреева С.А.; заявитель УГЛТА; патентообладатель Мозырева Е.А., Дрикер Б.Н., Киреева С.А. – № 2001110266/12; заявл. 16.04. 01; опубл. 10.02.02, Бюл. № 4. – 4 с.

5. Пат. 2321696 РФ МПК D 21 C/02. Способ получения целлюлозы / Вураско А.В., Дрикер Б.Н., Мозырева Е.А., Галимова А.Р. (Минакова); заявитель УГЛТУ; патентообладатель Вураско А.В., Дрикер Б.Н., Мозырева Е.А., Галимова (Минакова) А.Р., заявл. 11.08.2006; опубл. 10.04.2008, Бюл. №10. – 4 с.

6. Пат. 94038111 РФ МПК⁶ C 09 B 61/00. Способ получения красителей из отходов сельскохозяйственной продукции / Арсланов З.Г., Садыков И.Б., Бинеев Р.Г.; заявитель и патентообладатель Арсланов З.Г., Садыков И.Б., Бинеев Р.Г.; заявл. 10.10.94, опубл. 10.11.03.

7. Ресурсосберегающая технология получения целлюлозного материала при комплексной переработке сельскохозяйственных культур / А.В. Вураско [и др.] // Ученые труды Северо-Кавказского государственного технического университета растительного сырья. – 2006. – №4. – С. 5–10.

8. 8. Технология целлюлозно-бумажного производства: в 3 т.Т. 2. Справочные материалы. – СПб.: ЛТА, 2002.

9. Шкорина Е.Д. Состав и комплексная переработка отходов производства гречихи: автореф. ... дисс. канд. хим. наук. – Владивосток, 2007.

A.V. Vurasko, B.N. Driker, A.R. Minakova, E.V. Mertin

Resource-saving Processing of Cereals Wastes for Producing Pulp

The technology of producing fiber semi-finished products out of cereals hay and husk is justified and developed. It is shown that the produced pulp could be used as raw material for pulp-and-paper and other industrial branches.

Keywords: pulp, non-wood plant raw material, oxidation-organosolvent cooking, pigments, silicon dioxide.

7. Ресурсосберегающая технология получения целлюлозного материала при комплексной переработке сельскохозяйственных культур / А.В. Вураско [и др.] // Химия растительного сырья. – 2006. – №4. – С. 5–10.

8. Технология целлюлозно-бумажного производства: в 3 т. Т. 2. Справочные материалы. – СПб.: ЛТА, 2002.

9. Шкорина Е.Д. Состав и комплексная переработка отходов производства гречихи: автореф. ... дисс. канд. хим. наук. – Владивосток, 2007.

A.V. Vurasko, B.N. Driker, A.R. Minakova, E.V. Mertin

Resource-saving Processing of Cereals Wastes for Producing Pulp

The technology of producing fiber semi-finished products out of cereals hay and husk is justified and developed. It is shown that the produced pulp could be used as raw material for pulp-and-paper and other industrial branches.

Keywords: pulp, non-wood plant raw material, oxidation-organosolvent cooking, pigments, silicon dioxide.

УДК 678.6

***В.В. Глухих, В.Г. Бурындин, О.Ф. Шишлов, Д.П. Трошин,
А.П. Быстрикова***

Глухих Виктор Владимирович родился в 1949 г., окончил в 1972 г. Уральский политехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры технологии переработки пластических масс Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет 140 печатных работ в области изучения полимерных композиционных материалов.
E-mail: gvictor@el.ru



Бурындин Виктор Гаврилович родился в 1951 г., окончил в 1973 г. Уральский политехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии переработки пластических масс Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 130 научных трудов в области изучения взаимосвязи функционального состава связующих и свойств древесных композиционных материалов.
E-mail: vgb@usfeu.ru



Шишлов Олег Федорович родился в 1968 г., окончил в 1992 г. Уральский государственный университет, директор по науке и развитию ОАО «Уралхимпласт». Имеет более 10 печатных работ в области технологии органических веществ и полимерных материалов.
E-mail: shishlov@ucpr.ru



Трошин Дмитрий Петрович родился в 1983 г., окончил в 2005 г. Уральский государственный технический университет, начальник центральной лаборатории ОАО «Уралхимпласт». Имеет 5 печатных работ в области полимерных материалов.
E-mail: d.troshin@usp.ru



Быстрикова Анна Петровна родилась в 1974 г., окончила в 1996 г. Уральскую государственную лесотехническую академию, ведущий программист Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет 10 печатных работ в области полимерных композиционных материалов.
E-mail: apb74@rambler.ru



ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИКИ ОТВЕРЖДЕНИЯ КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ СВЯЗУЮЩИХ МЕТОДОМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ СКАНИРУЮЩЕЙ КАЛОРИМЕТРИИ

Методом дифференциальной сканирующей калориметрии определены кинетические параметры отверждения карбамидоформальдегидных смол, которые использованы для расчета степени отверждения связующих в слоях древесностружечного брикета при его горячем прессовании.

Ключевые слова: карбамидоформальдегидные связующие, отверждение, кинетика, дифференциальная сканирующая калориметрия.

Карбамидоформальдегидные смолы (КФС) являются основой связующих при получении многих древесных композиционных материалов: древесностружечных плит, фанеры, древесноволокнистых плит сухого способа производства и др.

Кинетические данные о влиянии температуры и времени на скорость реакции отверждения карбамидоформальдегидных смол имеют большое практическое значение, например, для обоснованного выбора технологических режимов получения композиционных материалов. Скорость отверждения КФС изучали, в основном, в изотермических условиях. В реальных условиях получения древесных композиционных материалов при горячем прессовании смеси древесного наполнителя с полимерным связующим ее температура изменяется динамически с различными скоростями. Так, в производстве древесностружечных плит (ДСтП) при горячем прессовании наружный слой плит нагревается с переменной скоростью от 25 до 200 °С за 7 мин. За это же время внутренний слой плит прогревается только до 105...110 °С [1]. Образующаяся при этом смесь паров воды, формальдегида и других летучих веществ практически не выводится через кромки ДСтП, создавая повышенное внутреннее давление газов, постоянно контактирующих с наполнителем и связующим. Поэтому большой интерес представляет изучение скорости отверждения карбамидоформальдегидных смол в замкнутом объеме при динамическом изменении температуры.

Таблица 1

Характеристика карбаминоформальдегидных смол

Марка КФС	Мольное соотношение К:Ф:АМ		Сухой остаток, %	рН	Продолжительность желатинизации с отвердителем при 100 °С, с	Вязкость по ВЗ-246 с соплом 4 мм, с
	начальное	конечное				
КФ-МТ-10	1:2:0	1:1,1:0	69	8,3	56	66
КФ-МТ-15	1:2:0	1:1,2:0	67	8,0	59	69
КФ-Ж	1:2:0	1:1,4:0	69	8,4	42	42
ПКП-52	1:2:0,3	1:1,8:0,2	69	7,9	61	54

Целью данной работы является изучение кинетики отверждения промышленных образцов КФС методом дифференциальной сканирующей калориметрии в замкнутом пространстве.

Для исследований были взяты промышленные образцы КФС, выпускаемых ОАО «Уралхимпласт» по четырехстадийной технологии в средах с переменной кислотностью и различным общим мольным соотношением мономеров (К – карбамид, Ф – формальдегид, АМ – аммиак). Характеристика образцов приведена в табл. 1.

Для термического анализа КФС использовали дифференциальный сканирующий калориметр Mettler Toledo DSC 823e/700. Измерения тепловых потоков Φ на анализаторе DSC (ДСК-измерения) проводили в закрытых стальных тиглях (120 мкл), способных выдержать давление паров до 2 МПа, динамические ДСК-измерения – при различных скоростях нагрева (0,5; 1,0; 3,0; 5; 15,0 и 20,0 °С/мин) и температурах (25...200 °С). Масса навесок образцов смол – 14...40 мг. В качестве отвердителя использовали 20 % водный раствор хлористого аммония в количестве 1 % от массы смолы (по сухим веществам).

Кинетические расчеты осуществляли по известным алгоритмам [2, 4] с использованием средств программы NETZSCH Termokinetics, предоставленной фирмой «NETZSCH Geräbau GmbH». На основе полученных результатов были построены кривые ДСК (рис. 1).

На кривых ДСК для КФС без отвердителей (рис. 1, а) при всех скоростях нагрева присутствует широкий экзотермический пик с максимумом в диапазоне температур 120...150 °С, который обусловлен реакциями отверждения карбаминоформальдегидных олигомеров. Возможно, что этот пик накладывается на эндотермический пик, обусловленный испарением воды [3]. Второй экзотермический пик при температурах выше 180 °С, вероятно, связан с началом процессов деструкции отвержденных смол. У смолы ПКП-52, содержащей в своей структуре значительное количество триазиновых циклов, в отличие от смол КФ-МТ-10, КФ-МТ-15 и КФ-Ж, на кривых ДСК экзотермический пик отверждения находится в более высокой температурной области.

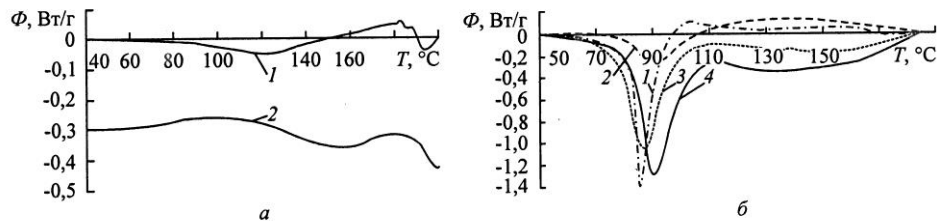


Рис. 1. Кривые ДСК при скорости нагрева 1 °С/мин без отвердителя (а) и 10 °С/мин с его добавкой (б) для различных смол: 1 – КФ-МТ-15; 2 – ПКП-52; 3 – КФ-МТ-10; 4 – КФ-Ж

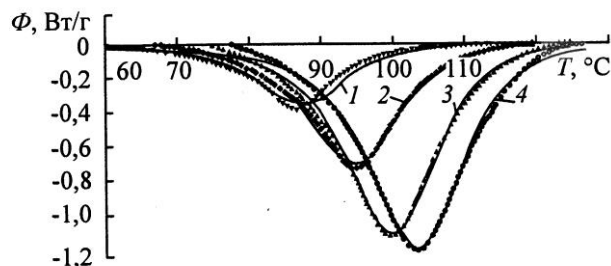
При добавлении к смолам 1 % хлористого аммония температурные пики на кривых ДСК (рис. 1, б) резко смещаются в область меньших температур (80...100 °С).

В условиях ДСК-измерений при отверждении КФС максимальную «калориметрическую» степень превращения α (площадь экзотермического пика) принимали за 100 %.

Для оценки кинетических параметров отверждения КФС применяли различные кинетические методы и уравнения для одно- и многостадийных реакций, в том числе использовали кинетические модели реакции первого порядка по уравнению Киссинжера (стандарт ASTM Е698), первого и n -го порядка по Боршарду–Даниэльсу.

Было установлено (по величине коэффициента корреляции r), что достаточно хорошее описание экспериментальных кривых ДСК достигается при использовании кинетических моделей для одноступенчатых реакций. При этом для всех марок смол с отвердителем наилучшее описание в ряду одноступенчатых реакций получено на модели реакции с автоускорением (рис. 2).

Рис. 2. Экспериментальные точки и расчетные кривые ДСК отверждения смолы КФ-МТ-15 с отвердителем для одностадийной кинетической модели n -го порядка с автокатализом при различной скорости нагрева: 1 – 5, 2 – 10, 3 – 15, 4 – 20 °С/мин



Для реакций с автоускорением применяли следующее кинетическое уравнение:

$$\frac{d\alpha}{d\tau} = A e^{-\frac{E}{RT}} (1 + K_{cat}\alpha)(1 - \alpha)^n,$$

где α – степень превращения;
 τ – время отверждения, мин;
 A – предэкспоненциальный множитель, с^{-1} ;
 E – энергия активации, кДж/моль;
 R – универсальная газовая постоянная;
 T – температура отверждения;
 K_{cat} – константа автоускорения;
 n – порядок реакции.

Для смол КФ-МТ-15 и ПКП-52 без отвердителя лучшее качество описания кривых ДСК наблюдается при использовании моделей без автоускорения. В табл. 2 представлены результаты кинетических расчетов для отверждения различных КФС и коэффициенты корреляции экспериментальных данных с расчетными.

Таблица 2

Кинетические параметры отверждения КФС

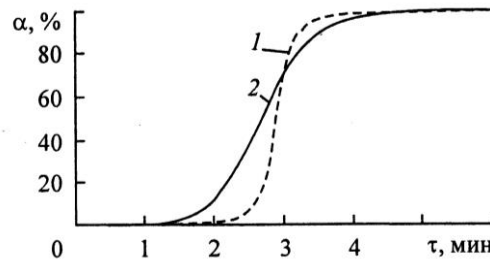
Смола	Связующее		$\log A$	Эффективная энергия активации E , кДж/моль	Константа автоускорения K_{cat}	Общий порядок реакции n	Коэффициент корреляции r	Время достижения $\alpha = 50\%*$ τ_{50} , мин
	Отвердитель							
КФ-Ж	Есть		7,2090	72	2,2889	1,5662	0,99	0,4
КФ-МТ-15	Есть		10,1533	89	1,1308	1,4525	0,99	0,7
	Нет		10,2978	99	0	1,2314	0,96	51,0
КФ-МТ-10	Есть		9,8543	89	1,9689	1,6278	0,99	0,3
ПКП-52	Есть		9,2725	83	1,4615	1,6703	0,99	0,5
	Нет		11,69318	117	0	1,1066	0,99	619,9

* В изотермических условиях при температуре 100 °С.

Данные табл. 2 показывают, что введение 1 % хлористого аммония в связующее существенно снижает величину кажущейся энергии активации процессов отверждения КФС, сопровождающихся выделением тепла. При этом время достижения 50 %-й «калориметрической» степени отверждения уменьшается в десятки раз. Зависимости энергии активации и скорости отверждения от общего мольного соотношения карбамида и формальдегида в КФС не наблюдается.

На основании полученных кинетических параметров отверждения смолы КФ-МТ-15 (без учета влияния древесного наполнителя) средствами программы NETZSCH Termokinetics были выполнены ориентировочные расчеты степени превращения α при динамическом изменении температуры в реальных условиях горячего прессования древесностружечных брикетов (ДСтБ) на непроницаемых металлических поддонах многоэтажных прессов [1]. При расчетах в качестве связующего для наружных слоев древесностружечных плит была взята смола без отвердителя, а для внутреннего слоя – смола с добавкой 1 % хлористого аммония. Результаты расчетов представлены на рис. 3.

Рис. 3. Степень отверждения связующих на основе смолы КФ-МТ-15 при динамическом изменении температуры во внутреннем (1) и наружных (2) слоях ДСтБ [1]



Данные рис. 3 показывают, что полная «калориметрическая» степень отверждения связующих достигается во всех слоях ДСтБ через 5 мин после выдержки брикета в горячем прессе. Можно предположить, что за это время в основном формируется когезионная прочность клеевого слоя. Целесообразность дополнительного температурного воздействия на ДСтБ может быть обусловлена только необходимостью формирования адгезионной прочности клеевого слоя и древесной стружки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Леонович А.А.* Технология древесных плит: прогрессивные решения: учеб. пособие – СПб.: Химиздат, 2005. – 208 с.
2. *Park B.-D., Kang E.-Ch., Park J.Y.* Differential Scanning Calorimetry of Urea-Formaldehyde Adhesive Resins, Synthesized under Different pH Conditions // *J. Applied Polymer Science.* – 2006. – Vol. 100, N 1. – P. 422–427.
3. *Süimer K., Kalguvee T., Christjanson P.* Termal Behaviour of Urea-Formaldehyde Resins During Curing // *J. Term. Anal. Cal.* – 2003. – Vol. 72, N 2. – P. 607–617.
4. *Wang J., Laborie M.-P. G., Wolcott M. P.* Comparison of Model-Fitting Kinetics for Predicting the Cure Behavior of Commercial Phenol-Formaldehyde Resins // *J. Applied Polymer Science.* – 2007. – Vol. 105, N 3. – P. 1289–1296.

V.V. Glukhikh, V.G. Buryndin, O.F. Shishlov, D.P. Troshin, A.P. Bystrikova

Study of Hardening Kinetics of Carbamide-formaldehyde Adhesives by Method of Differential Scanning Calorimetry

The kinetic hardening parameters used for hardening degree calculation of adhesives in the wood-particle pellet layers under its hot pressing are determined by the method of differential scanning calorimetry.

Keywords: carbamide-formaldehyde adhesives, hardening, kinetics, differential scanning calorimetry.

УДК 630*867.5

Ю.Л. Юрьев, Т.М. Панова, Н.А. Дроздова, К.Ю. Тропина

Панова Татьяна Михайловна родилась в 1965 г., окончила в 1987 г. Уральский государственный лесотехнический институт, доцент кафедры химической технологии древесины Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет около 40 печатных работ в области биотехнологии.

Тел.: 8(343) 262-97-71, 262-97-72



Дроздова Наталья Александровна родилась в 1979 г., окончила в 2002 г. Уральский государственный лесотехнический университет, аспирант кафедры химической технологии древесины УГЛТУ. Имеет 2 печатные работы в области биотехнологии.

E-mail: Drozdova-na@mail.ru



Тропина Ксения Юрьевна родилась в 1986 г., окончила в 2008 г. Уральский государственный лесотехнический университет, аспирант кафедры химической технологии древесины УГЛТУ. Имеет 5 печатных работ в области биотехнологии.

E-mail: makarova_ku@mail.ru



ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДРЕВЕСНОГО УГЛЯ ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ПИВА

Установлено, что древесный активный осветляющий уголь марки ОУ-А может быть рекомендован в качестве сорбента для повышения коллоидной стойкости пива.

Ключевые слова: стойкость пива, активный уголь, сорбционные методы.

Пиво является продуктом широчайшего спроса, и над повышением его стойкости при хранении, в частности над сохранением прозрачности и устранением помутнения, ведется постоянная работа во всем мире.

Вещества, вызывающие помутнение пива – это высокомолекулярные фракции белков, а также полифенольные соединения. Обычно для их удаления пиво обрабатывают сорбентами, например кизельгуром и бентонитом, но это не дает достаточного эффекта.

Цель данной работы – изучить возможность использования древесных углей для стабилизации коллоидной стойкости пива.

На основании того, что белковые вещества и полифенолы, представленные в пиве, характеризуются молекулярной массой 60 000 г/моль и более, желательно использовать древесные угли с высоким содержанием мезопор. Таким требованиям отвечают осветляющие угли, полученные при дополнительной активации древесных активных углей [4]. По физико-химическим показателям активный осветляющий древесный порошкообразный уголь должен соответствовать требованиям ГОСТ 4453–74.

Рис. 1. Зависимость степени извлечения полифенолов от продолжительности обработки пива производства ООО «Эталон-продукт» сорбентами и их дозировки: 1 – 0,2 г угля на 100 г пива; 2 – 0,1 г/100 г; 3 – 0,2 г кизельгура/100 г; 4 – пиво без сорбентов



В качестве варьируемых факторов выбраны продолжительность обработки, дозировка и природа сорбента.

Эффективность использования древесного активного осветляющего угля ОУ-А оценивали, сравнивая с кизельгуром – основным сорбентом, применяемым для обработки пива. Для исключения влияния процессов, протекающих при перемешивании пива с сорбентом при заданной продолжительности, параллельно исследовали пиво без добавления сорбентов.

В качестве объектов исследования использовали нефилтрованное пиво производства Полевского пивзавода, пиво ООО «Эталон-продукт» (г. Заречный) и пиво частной пивоварни «Дикий хмель».

Все образцы исследовали химическими и физико-химическими методами [2]. Содержание высокомолекулярных белков оценивали в пересчете на сывороточный альбумин, полифенолов – на кверцетин.

Как показали данные обработки пива производства ООО «Эталон-продукт» (рис. 1), кизельгур практически не обладает сорбционным действием по извлечению полифенолов, в то время как сорбция осветляющим углем протекает достаточно интенсивно.

Увеличение дозировки угля в 2 раза не оказывает заметного влияния на эффективность процесса. Высокоэффективной оказалась обработка углем и пива других производителей (рис. 2).

Как показывают результаты обработки пива, представленные на рис. 3, оба сорбента (кизельгур и уголь) обладают хорошей сорбционной активностью по извлечению высокомолекулярных белков. С увеличением продолжительности обработки действие угля становится более заметным. С повышением дозировки угля степень извлечения полипептидов увеличивается незначительно.

Рис. 2. Зависимость степени извлечения полифенолов от продолжительности обработки осветляющим углем пива разных производителей (0,1 г угля/100 г пива): 1 – Полевской пивзавод; 2 – ООО «Эталон-продукт»; 3 – частная пивоварня «Дикий хмель»



Рис. 3. Зависимость степени извлечения высокомолекулярных белков (по таннину) от дозировки сорбентов и продолжительности обработки ими (см. обозначения на рис. 1)



Уголь обладает ионообменными свойствами, которые могут влиять на окислительно-восстановительные свойства пива, отражающие состояние его окисленности и имеющие непосредственное отношение к стойкости.

Для того, чтобы выяснить, какое влияние оказывает обработка углем на окислительно-восстановительные свойства пива, в исходное и обработанное пиво вводили в качестве своеобразного индикатора 2,6-дихлорфенолиндофенолят натрия – соединение, способное обесцвечиваться под действием редуцирующих веществ пива, и измеряли процент обесцвечивания (показатель обесцвечивания) в зависимости от времени.

На рис. 4 приведены данные по изменению показателя обесцвечивания для исходного и обработанного сорбентом пива в течение 5, 10 и 15 мин. Из этих данных видно, что при 5-минутной обработке пива углем снижение окислительно-восстановительных свойств пива незначительно, а при 10-минутной обработке – вполне приемлемо.

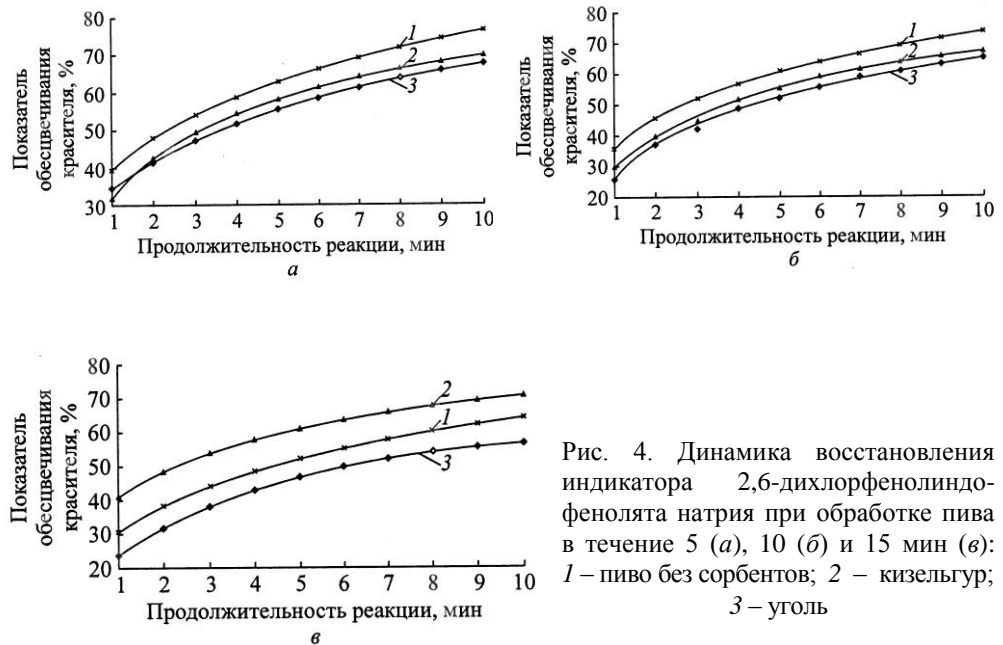


Рис. 4. Динамика восстановления индикатора 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия при обработке пива в течение 5 (а), 10 (б) и 15 мин (в): 1 – пиво без сорбентов; 2 – кизельгур; 3 – уголь

В связи с тем, что осветляющий уголь может заметно снизить цветность пива, было изучено влияние дозировки сорбента и продолжительности обработки на его цветность (рис. 5, а).

Как видно из рис. 5, а, показатель цветности находится в пределах допустимых ГОСТ Р 51174–98, по которому он не должен быть ниже 0,5 цв. ед.

После каждой обработки исследовали компонентный состав пива на анализаторе «Колос», который показал (рис. 5, б), что после 15 мин обработки снижение содержания этилового спирта составило менее 2 % от концентрации этанола в исходном пиве, причем половина от этого количества приходится на потери спирта в результате перемешивания.

При обработке результатов экспериментов были получены следующие уравнения регрессии для определения содержания полифенолов (п/ф), белков, чувствительных к танину (б), алкоголя (а), цветности пива (цв):

$$Y_{п/ф} = 0,849 - 0,059x_1 + 0,001x_2 + 0,06x_1x_2;$$

$$Y_б = 0,294 - 0,044x_1 + 0,05x_2 + 0,04x_1x_2;$$

$$Y_а = 4,324 - 0,013x_1 - 0,054x_2 - 0,034x_1x_2;$$

$$Y_{цв} = 0,954 - 0,00058x_1 - 0,0274x_2 + 0,0089x_1x_2,$$

где x_1 – продолжительность действия сорбента;

x_2 – дозировка сорбента.

После оптимизации данных моделей с введением ограничений по параметрам были рассчитаны следующие оптимальные условия обработки пива: дозировка угля – 0,165 % к массе пива; продолжительность обработки – 10 мин.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что древесный активный осветляющий уголь марки ОУ-А может быть рекомендован в качестве сорбента для стабилизации коллоидной стойкости пива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кунце В. Технология солода и пива / Пер. с нем. Г.В. Даркова. – СПб.: Профессия, 2001. – 912 с.

2. Муравицкая Л.В. Технический контроль пивоваренного и безалкогольного производства и основы управления качеством продукции. – М.: Агропромиздат, 1987. – 256 с.



Рис. 5. Влияние обработки пива на его цветность (а) и содержание алкоголя (б) (см. обозначения на рис. 4; дозировка кизельгура 0,1 г/100 г)

3. Покровская Н.В., Каданерю Я.Д. Биологическая и коллоидная стойкость. – М.: Пищевая пром-сть, 1978. – 271 с.
4. Юрьев Ю.Л. Древесный уголь. – Екатеринбург: Сократ, 2007. – 184 с.

Yu.L. Yuriev, T.M. Panova, N.A. Drozdova, K.Yu. Tropina

Study of Possibility of Applying Charcoals for Beer Stabilization

It is established that active charcoal of OY-A grade could be recommended as sorbent for increasing the colloidal beer stability.

Keywords: beer stability, active charcoal, sorption methods.

УДК 674.815-41

О.М. Подковыркина, В.Г. Бурындин, Б.П. Серeda

Подковыркина Оксана Михайловна родилась в 1978 г., окончила в 2001 г. Уральский государственный лесотехнический университет, старший преподаватель кафедры общей и неорганической химии УГЛТУ. Имеет более 20 печатных работ в области модификации связующих для древесных композиционных материалов, точности ДКМ, обезвреживания отходов, содержащих шестивалентный хром.
E-mail: pdks@mail.ru



Серeda Борис Петрович родился в 1934 г., окончил в 1957 г. Московский химико-технологический институт им. Менделеева, доктор технических наук, профессор кафедры общей и неорганической химии Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 400 печатных работ в области химии и технологии неорганических веществ.
E-mail: sereda@usfeu.ru



ВЛИЯНИЕ АЛЮМОХРОМФОСФАТНЫХ МОДИФИКАТОРОВ НА СВОЙСТВА КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ СМОЛ И ИЗГОТОВЛЯЕМЫХ НА ИХ ОСНОВЕ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

Синтезированы образцы алюмохромфосфатных модификаторов на основе кислых ортофосфатов алюминия и хрома различной степени окисления. Изучено их влияние на жизнеспособность карбамидоформальдегидных смол, физико-механические и химические свойства древесностружечных плит. Показана возможность снижения эмиссии формальдегида из древесностружечных плит при использовании таких модификаторов.

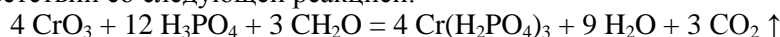
Ключевые слова: поливалентный алюмохромфосфатный модификатор, карбамидоформальдегидная смола, древесностружечные плиты, эмиссия формальдегида.

Рациональное использование древесины невозможно представить без применения синтетических смол и клеев. До настоящего времени на долю карбамидоформальдегидных смол (КФС) приходилось практически 90 % объема синтетических смол, используемых в производстве древесностружечных плит (ДСтП).

В процессе изготовления, хранения и эксплуатации ДСтП происходит выделение формальдегида, источником которого являются КФС и древесина [4]. Для снижения эмиссии формальдегида из ДСтП уменьшают мольное соотношение формальдегида и карбамида в готовой смоле; вводят специальные химические добавки в процессе синтеза смолы либо в готовую смолу (амины, фенолы, лигнин, смеси многоосновных солей органических кислот, неорганические электролиты (хлориды, бромиды, йодиды натрия и калия, сульфат алюминия), а также фосфор- и борсодержащие электролиты (кислые ортофосфаты алюминия, магния и хрома и др.)) [1, 3, 6].

На кафедрах общей и неорганической химии и технологии переработки пластических масс УГЛТУ в течение ряда лет ведутся работы по синтезу и исследованию физико-химических свойств фосфатных модификаторов и их взаимодействию с карбамидным связующим марки КФ-МТ-15. Изучено [2, 3] влияние добавок алюмохромфосфатного (АХФМ), магний-алюмофосфатного, алюмоборфосфатного и магнийалюмоборфосфатного модификаторов на свойства ДСтП. Установлено, что минимальная эмиссия формальдегида (16,7 мг на 100 г плиты) из ДСтП достигается в случае использования АХФМ с мольным содержанием $Al : Cr = 3 : 1$, т. е. плиты на его основе соответствуют классу эмиссии формальдегида E2.

Цель наших исследований – изучение возможности дальнейшего снижения выделения формальдегида из ДСтП введением в фосфатный модификатор хромовой кислоты (или водного раствора хромового ангидрида) для окисления выделяющегося при прессовании формальдегида. Это достигается за счет того, что при синтезе АХФМ [3] вводится формальдегид в количестве 0...100 % от теоретически необходимого на его окисление до CO_2 в соответствии со следующей реакцией:



Мольное соотношение хром (III) : хром (VI) варьировалось от 0,00 до 1,00. Были определены следующие показатели: величина pH, которая изменялась в пределах от 1,2 до 1,4; плотность (пикнометрический метод) – 1,44...1,56 г/см³; содержание сухого остатка – 47,9...59,1 %; условная вязкость (по ВЗ–246 (диаметр 4 мм)) – 15,2...71,3 с.

Поливалентный по хрому модификатор вводится в КФС в количестве 0,5...13,0 мас. %, в пересчете на сухие вещества. В качестве КФС использовали промышленную смолу марки КФ-МТ-15, изготовленную на ОАО «Уралхимпласт» (г. Нижний Тагил). Физико-химические свойства смолы соответствуют ТУ 6-06-12–88.

Исследование влияния поливалентного модификатора на физико-химические свойства КФС позволили в качестве оптимального количества выбрать 0,8...1,0 %. При этом отмечается полная смешиваемость смолы и поливалентного модификатора по объему, жизнеспособность смолы при температуре 100 °С составляет 75...95 с, а при 20 °С – около 8 ч.

**Показатели ДСтП, полученных на основе КФС
и поливалентного по хрому АХФМ**

Мольное соотношение хром (III) : хром (VI) в АХФМ	Показатели физико-механических свойств ДСтП				Выделение формальдегида по методу WKI, мг/100 г плиты
	$\sigma_{изг.}$ МПа	W	ΔW_B	ΔS	
NH ₄ Cl (контроль)	25	4,9	82	31	7,9
0,00 : 1,00	25	5,0	80	23	4,2
0,25 : 0,75	22	6,6	80	25	4,3
0,50 : 0,50	25	6,6	77	25	4,4
0,75 : 0,25	24	5,5	81	29	5,6
1,00 : 0,00	24	5,1	77	27	11,0

Примечание. Все данные в таблице приведены к плотности 700 кг/м³.

Образцы ДСтП были изготовлены по методике, приведенной в работе [3]. В соответствии с ГОСТ 10634–88 у них определены следующие показатели: влажность (W , %), плотность (ρ , кг/м³), водопоглощение (ΔW_v , %), разбухание по толщине (ΔS , %), а также выделение формальдегида по методу WKI (см. таблицу).

Для определения хрома (VI) в водной вытяжке из ДСтП навеску плиты измельчали, заливали дистиллированной водой, затем кипятили в течение 20 мин и фильтровали. Содержание хрома (VI) в фильтрате определяли титриметрически по индикатору дифенилкарбазиду [5].

Результаты эмиссии формальдегида из ДСтП позволяют сделать вывод о том, что формальдегид, образующийся во время горячего прессования из КФС и древесины, окисляется шестивалентным хромом, присутствующим в поливалентном АХФМ. Показано, что введение шестивалентного хрома в мольном соотношении хром (III) : хром (VI) = 0,00...0,50 снижает эмиссию формальдегида по сравнению с контрольным образцом на 44...47 %. В результате получают ДСтП классов токсичности E1 и E0. Кроме того, хром (VI) в водной вытяжке из ДСтП не обнаружен.

Таким образом, можно сделать вывод, что изделия из ДСтП на основе КФС и поливалентного по хрому АХФМ будут безопасны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пазникова С.Н. Влияние неорганических электролитов на свойства карбамидоформальдегидных олигомеров для малотоксичных древесностружечных плит: дисс. ... канд. техн. наук. – Екатеринбург, 1998. – 151 с.
2. Подковыркина О.М., Бурьдин В.Г., Серeda Б.П. Комплексная переработка древесины: изучение возможности получения малотоксичных древеснокомпозиционных материалов // Целлюлоза. Бумага. Картон. – 2007. – №12. – (Спец. науч. выпуск). – С. 10–12.
3. Получение малотоксичных древесностружечных плит с использованием модифицированных карбамидоформальдегидных смол / О.М. Подковыркина [и др.] // Лесн. вестник. – 2007. – №8 (57). – С. 152–156. – (Вестник МГУЛ).
4. Рoffазль Э. Выделение формальдегида из древесностружечных плит / Пер. с нем. под ред. проф. А.А. Эльберта. – М.: Экология, 1991. – 160 с.
5. Уильямс У. Дж. Определение анионов / Пер. с англ. С.У. Крейнгольда, Л.А. Деминой, В.Н. Антонова. – М.: Химия, 1982. – 624 с.
6. Якушкин А.А. Древесностружечные плиты на основе карбамидоформальдегидных смол, модифицированных солями полифункциональных кислот: автореф. ...канд. техн. наук. – М., 2008. – 21 с.

О.М. Podkovyrkina, V.G. Buryndin, B.P. Sereda

Effect of Allumochromphosphate Modifiers on Properties of Carbamide-formaldehyde Resins and Wood Particle Boards Produced on their Basis

Samples of allumochromphosphate modifiers are synthesized based on the acid orthophosphates of aluminum and chrome of different oxidation degree. Their effect on viability of carbamide- formaldehyde resins and physical-mechanical properties of wood particle boards is studied. The possibility of reducing the formaldehyde emission from wood particle boards is shown when such modifiers are used.

Keywords: polyvalent allumochromphosphate modifier, carbamide-formaldehyde resin, wood particle boards, formaldehyde emission.



ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 332.62

Г.А. Прешкин

Прешкин Герман Алексеевич родился 1938 г., окончил в 1960 г. Сибирский лесотехнический институт, в 2004 г. Уральский государственный экономический университет, кандидат технических наук, докторант УрГЭУ, доцент кафедры экономики и управления Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 80 печатных работ в области экономики природопользования.
E-mail: hpreshkin@usfeu.ru

**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИЗНОСА ЛЕСА
КАК НЕДВИЖИМОСТИ***

Представлено теоретико-методологическое обоснование применения нормативных документов для экономической оценки стоимости лесной недвижимости.

Ключевые слова: лесные ресурсы, собственность, имущество, износ, методы оценки.

В теории оценок имущества понятие износа существенно отличается от понятия амортизации, применяемого в бухгалтерском учете. Под износом в бухучете понимается перенос стоимости объекта на себестоимость продукции на протяжении нормативного срока службы объекта. В теории оценки это утрата полезности объекта и, следовательно, стоимости по различным причинам, а не только вследствие фактора времени.

В теории оценки леса центральным является понятие его стоимости как государственного имущества, однозначно сформулированное в нормативном документе высшего уровня [5]. Понятие имущества прошло определенную эволюцию в праве, следуя потребностям развивающегося гражданского оборота и усложнению объектов гражданского права. Имущество является юридическим понятием, которое охватывает все интересы, права и выгоды, связанные с собственностью. Для того чтобы различать недвижимость как физический объект оценки и право на него в юридическом смысле, собственность на недвижимость называют недвижимым имуществом. Термин «имущество» без дополнительного определения может относиться как к недвижимому, так и движимому имуществу либо к их комбинации.

Активы представляют собой потенциальные лесные ресурсы, возникающие в процессе работы экологической системы на землях, принадлежащих собственнику по праву и от которых в будущем ожидается поток

* **От редакции.** Статья содержит своеобразные авторские трактовки ряда экономических категорий. Редакция сочла целесообразным сохранить стиль автора, чтобы не исказить его научный замысел.

экономических выгод. Сама по себе собственность на актив неосязаема. Однако находящийся в собственности актив может быть как осязаемым, так и неосязаемым. С методической точки зрения предметом оценки является именно право собственности на данный актив, будь он осязаемый (лесные ресурсы) или неосязаемый (функции леса).

Противоречия в трактовке понятия «имущество», «имущественные права» и т. д. возникают при решении задач оценки того или иного вида стоимости, поскольку основные положения, формирующие общую методологию оценки, сложились в первую очередь в странах общего права (США, Великобритания и др.). Англо-американская юридическая система в отличие от российской не подразделяет имущественные права на вещные, обязательственные и исключительные. Там в отношении понятия права собственности выделяется целый набор правомочий, в результате комбинации которых могут возникать новые «права собственности».

В российской системе выделяются три формы правомочий: владения, пользования и распоряжения (ст. 209 ГК РФ). С учетом особенностей англо-американской юридической системы, на основе заимствованных западных методик разработаны наши стандарты оценки стоимости различных видов имущества в целях адаптирования к российской действительности [2]. Дело в том, что указанные различия переходят в российские подзаконные акты, стандарты оценки, положения и инструкции, которые могут войти в противоречие при исследовании стоимости, что является предметом деятельности оценщиков лесного имущества.

Ключевым критерием оценки любого имущества является его полезность. Например, стоимость лесного участка земли устанавливается через оценку полезности в терминах юридических, функциональных, экономических и экологических факторов, определяющих ее продуктивность.

Применительно к биологическим основным фондам (капиталу) объект оценки представляет собой постоянно изменяющуюся стоимость большой экологической системы ресурсного характера. Лес как экологическая система имеет разнокачественную иерархию структуры в различные отрезки времени длительного периода выращивания древесины как на небольших участках, так и на значительных по площади территориях. Соответственно элементы леса имеют различные текущие оценки стоимости в зависимости от фазы жизненного цикла, категории и функционального назначения земель, рыночного спроса на лесные блага, причем независимо от способа происхождения насаждения. С учетом этого дипломированный оценщик недвижимости трансформирует экономический, физический и моральный износ насаждений в стоимостные выражения, агрегируя полученные суммы в итоговую стоимость леса на дату оценки. Такой подход не вписывается в общепринятые методики оценки кадастровой и рыночной стоимости лесов. Первая рассчитывается на основе утвержденных правил проведения государственной кадастровой оценки земель [6], вторая учитывает только фактическую цену сделки купли – продажи насаждений на аукционах.

Есть мнение, что сейчас продавец лесной недвижимости, из-за отсутствия утвержденных нормативных документов, не в состоянии сформировать рыночную цену предложения, близкую к оценке экономически доступных ресурсов в данном районе. По сути собственник товара (государство) предлагает оплатить покупателю (арендатору) товар два раза. Сначала для того, чтобы собственник узнал его истинную цену, а затем для того, чтобы получить товар (лесную землю) в аренду [1]. Возможно, такая ситуация позволяет продавцу игнорировать требования п. 1 ст. 95 Лесного кодекса РФ [4]. Поэтому он и не знает действительную цену предложения своего товара – древесины, заменяя ее «ставкой платы за единицу объема лесных ресурсов», которая, по мнению ученых-экономистов, является самой низкой в мире [3, 8].

Методы оценки стоимости лесных насаждений с учетом износа

Метод восстановительной стоимости (МВС) является затратным, ориентированным на объемы ранее произведенных затрат на создание объекта оценки. Он заключается в оценке стоимости лесных насаждений искусственного и естественного происхождения с учетом длительности их выращивания, таксационных и других параметров, глобального экологического значения. Оценка средообразующих функций лесов по схеме МВС осуществляется методом прямого счета всех видов затрат на лесовыращивание; при этом учитывается текущий уровень цен и сложившиеся на данный момент экономические условия. Таким образом, расчет по схеме МВС непосредственно «восстанавливает» данный лесной объект и определяет стоимость такого восстановления. Возможны изменения остаточной стоимости лесных объектов оценки в связи с их не только физическим, но и моральным износом. Количественные измерения морального износа (функционального устаревания) древостоев – это сложный процесс, но он имеет большое значение при оценке имущества, определении срока службы городских лесов, защитных насаждений линейных объектов. Эта проблема всегда находится в поле зрения отечественных экономистов, однако до сих пор не найдено ее окончательное решение. Если ландшафтная привлекательность, архитектурный стиль лесных посадок выходят за рамки приемлемых параметров, что свидетельствует о моральном износе насаждения, то срок их физической службы закончился, хотя продолжается эксплуатация основных объектов недвижимости (здания, скверы и т. п.).

Метод замещения (МЗ) по своему содержанию почти идентичен МВС. Различие состоит в том, что в методах замещения восстанавливаемый объект при сметно-финансовых расчетах принимается адекватным оцениваемому лесному объекту как по своему целевому назначению, так и по виду функционального использования. Вместе с тем лесные насаждения подвергаются лесохозяйственным мероприятиям (улучшениям) в направлении учета современных требований и технологических возможностей их использования (развитие инфраструктуры, лесная мелиорация и др.).

Таким образом, если в методах восстановительной стоимости расчеты ведутся для вычисления точных копий объектов оценки, то в методах замещения используются их функциональные копии. Этим самым в методологию

оценивания лесных объектов через идею замещения вносится еще одна экспертная составляющая, которая поднимает проблему обоснованного выбора функциональной копии оцениваемого объекта. Замещения имеют место как в МВС, так и в МЗ, где в расчет принимается динамика физического износа (несплошные рубки) и морального старения (перестойные леса) объекта недвижимости. При этом определенную специфику вносит работа с измененными и вновь внесенными улучшениями в сравнении с первоначальным состоянием древостоя, его элементами и окружающей средой, поскольку динамика их износа будет отличаться от замещенных элементов и подсистем.

Восстановительную стоимость (стоимость замещения) лесного насаждения определяют с использованием основных методов: стоимостного, ресурсного, модульного, сравнительной единицы (метод удельной стоимости), разбивки по компонентам древостоя, количественного обследования.

Определение износа многолетнего насаждения

В оценочной деятельности экономический износ является основным фактором, влияющим на стоимость объекта недвижимости при использовании затратного подхода. Применительно к лесному насаждению износ служит для выявления различий не только в таксационных характеристиках, но и в состоянии древостоя (пожар, поражение насекомыми, подсочка, постепенные рубки, наличие редины и др.). Учет износа объекта оценки на лесном участке осуществляется в виде корректировок текущей стоимости оцениваемого объекта с учетом аналога – не тронутого рубками лесного насаждения, получившего к дате оценки определенный комплекс затрат на лесоводственные мероприятия.

В странах с рыночной экономикой при оценке коммерческой недвижимости стоимость земли составляет в среднем 20 % от общей [7]. Она может применяться и в нашей стране до научного уточнения этой пропорции. Однако при оценке лесных земель различного функционального назначения должен соблюдаться принцип наилучшего и наиболее эффективного использования коммерческой стоимости находящихся на земельном участке насаждений с учетом их износа.

В практике оценки лесных благ применяется несколько методов определения износа экологических подсистем: срока жизни (оборот рубки) и разбиения на виды износа (выборочные, постепенные, санитарные и другие виды рубок ухода за лесом, пожары и т. п.).

Метод срока жизни. Срок экономической жизни – это временной интервал, в течение которого насаждение можно использовать, извлекая прибыль. Объем и интенсивность лесохозяйственных мероприятий должны окупаться адекватным приростом стоимости насаждения. Для деревьев некоторых древесных пород характерно в определенном возрасте изменение их функционального назначения и соответственно экономического потенциала. Срок экономической жизни снижается после достижения эффективного возраста (класса возраста спелости), который основан на экспертной оценке таксатором внешнего вида деревьев с учетом их физического и биологического состояния. Срок оставшейся экономической жизни насаждений (перестойные леса) со-

ставляет период от даты таксационной оценки до окончания экономической жизни элементов леса. В искусственных насаждениях этот срок единый, в естественных (девственных), как правило, уменьшается с увеличением класса возраста элементов леса. Устойчивое и непрерывное лесопользование предполагает периодическое извлечение деревьев, достигших возраста спелости, который не всегда совпадает с эффективным экономическим возрастом. Срок экономической жизни может резко измениться под влиянием многих внешних и внутренних факторов, традиций, запросов потребителей и др., например вырубке молодых еловых деревьев для новогодних торжеств. Однако при оценке насаждения этот факт не принимается во внимание как существенный. Данный метод заключается в визуальном осмотре деревьев и базируется на положениях, использование которых формирует выводы, основанные на опыте и суждениях оценщика леса [6].

Метод расчета износа предполагает, что процент выхода деловой древесины в ликвиде отражает типичный срок жизни так же, как процент накопленного износа отражает издержки на воспроизводство лесов. В общем виде взаимосвязь между износом, восстановительной стоимостью, эффективным возрастом деревьев определенной породы и типичным возрастом экономической жизни для насаждения (или его элемента) выражается формулой

$$И / ВС = ЭВ / ЭЖ,$$

где $И$ – износ;

$ВС$ – восстановительная стоимость;

$ЭВ$ – эффективный возраст;

$ЭЖ$ – срок экономической жизни.

Этот метод может применяться либо для расчета накопленного износа насаждения (физический, функциональный и внешний), либо только одного его вида. Данный метод оценки показывает, что лесные насаждения одного и того же физического возраста в зависимости от состояния, числа проведенных рубок ухода будут иметь различный износ (товарность).

Метод разбиения по видам износа заключается в учете всех его видов: устранимого и неустраимого физического, устранимого и неустраимого функционального. Накопленный износ определяется как сумма физического, функционального и внешнего:

$$НИ = 1 - (1 - ФизИ)(1 - ФункИ)(1 - ВнИ).$$

Физический износ – ухудшение физического состояния объекта оценки – включает любое его физическое изнашивание и определяется суммированием устранимого и неустраимого износа:

$$ФизИ = ФизИ_{устр} + ФизИ_{неустр}.$$

Расчет неустраимого износа связан с оценкой затрат на выполнение комплекса работ по удалению из состава насаждения тех деревьев, которые являются (или могут служить) причиной общего снижения товарности объекта оценки (древостоя):

$$ФизИ_{неустр} = \sum V_i S_i,$$

где V_i – объем деревьев с неустраимым i -м видом износа независимо от причин, его вызвавших, м³;

S_i – затраты на удаление 1 м^3 древесины с i -м неустраняемым износом, р.

Насаждения, в составе которых есть деревья с пороками и дефектами формы ствола свыше допустимых технических норм, не считаются имеющими неустраняемый износ, если затраты на его устранение больше потенциальных выгод от продажи насаждений в целом. Физический износ определяется при наземной сплошной или выборочной оценке насаждений на лесных участках опытным путем с применением приборов и знаний оценщика (таксатора) лесов.

Функциональный износ, связанный с улучшением лесных участков, делится на устранимый и неустраняемый. Если износ устраним, то он определяется как разность между затратами на устранение условий, снижающих ценность территории, ресурсов леса или благоустройство местности и затратами на эти мероприятия на новом месте.

Например, стоимость посадки пирамидального тополя вдоль новой дорожной магистрали составляет 130 000 р. на 100 м, замена обычных тополей на пирамидальные обходится в 150 000 р. Следовательно, функциональный износ на каждые 100 м посадок составит 20 000 руб.

В теории оценок имеется понятие износа, вызванного избытком определенных качеств объекта оценки. К примеру, излишне высокие деревья вдоль тротуаров и на газонах представляют опасность, при сильных порывах ветра они могут падать на людей и транспорт, что снижает эстетическую ценность городского ландшафта, его видеозоологию. Поэтому стоимость таких излишеств должна быть вычтена из общей стоимости восстановления и рассматривается как функциональное неустраняемое (экономически нецелесообразное) устаревание.

Внешний (экономический) износ выражается в снижении функциональной пригодности лесной недвижимости, вызванной внешними по отношению к ней негативными причинами (кислотные дожди, агрессивная пыль и др.), и в большинстве случаев неустраняем. Он рассчитывается двумя способами. Первый – метод парных продаж, когда сравниваются два сопоставимых лесных участка, один из которых имеет признаки внешнего износа, а у другого они значимо меньше. Разница в стоимости трактуется как внешний износ. При втором способе, когда используется метод капитализации, учитывается внешний износ через валовой рентный мультипликатор [7].

Допустим, лесной участок № 1 как объект оценки стоит 400 000 р. Его валовой рентный мультипликатор равен 4, а у оцениваемого лесного участка № 2 он равен 5. Тогда потенциальный валовой доход (ПВД₁) объекта № 1 равен: $\text{ПВД}_1 = 400\,000 / 4 = 100\,000$ р., а у лесного участка № 2 $\text{ПВД}_2 = 400\,000 / 5 = 80\,000$ р. Следовательно, внешний износ равен 20 000 р. Однако при этом необходимо учитывать, что часть износа (около 20 %) относится к земле.

Таким образом, использование названных методов оценки позволит методически однозначно учитывать износ при определении стоимости лесной недвижимости в рамках требований нормативных документов высшего уровня [5, 9].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Азаренок В.А., Мехренцев А.В., Гирев Г.М.* Инновационный путь развития лесного комплекса Свердловской области // Социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса в рамках концепции 2020: материалы VII Междунар. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2009. – Ч 1. – 260 с.
2. *Асаул А.Н.* Экономика недвижимости. – 2-е изд. – СПб.: Питер, 2008. – 624 с.
3. *Гусев А.А.* Современные экономические проблемы природопользования. – М.: Междунар. отношения, 2004. – 208 с.
4. Лесной кодекс Российской Федерации: Новая редакция (по состоянию на 20 октября 2007 г.). – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2007. – 80 с.
5. Об оценочной деятельности в Российской Федерации: федер. закон от 29.07.1996 № 135-ФЗ (в ред. от 18.07.2009 № 181-ФЗ).
6. О правилах проведения лесоустройства: постановление Правительства Рос. Федерации от 18.06.2007 № 377.
7. Оценка недвижимости / под ред. А.Г. Грязновой, М.А. Федотовой. – М.: Финансы и статистика, 2006.
8. *Суховольский В.Г., Хлебопрос Р.Г., Бузыкин А.И.* Лесные ресурсы Нижнего Приангарья: экология, экономика, социальные отношения // Проблемы региональной экологии: материалы Второй Всерос. конф. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. – С. 252–253.
9. Федеральные стандарты оценки: ФСО 1, 2, 3: ФСО 1. Общие понятия оценки, подходы и требования к проведению оценки: утв. Приказом Минэкономразвития РФ от 20 июля 2007 г. № 256; ФСО 2. Цель оценки и виды стоимости: то же № 255; ФСО 3. Требования к отчету об оценке (ФСО № 3): то же № 254.

G.A. Preshkin

Economic Evaluation of Forest Estate Depreciation

Theoretical and methodical justification is provided for using legal documents for economic evaluation of forest estate cost.

Keywords: forest resources, ownership, estate, depreciation, evaluation technique.

УДК 502.7:005.8

Е.С. Папулов, В.А. Бережнов, В.А. Коннов

Папулов Евгений Сергеевич родился в 1976 г., окончил в 2000 г. Уральскую государственную лесотехническую академию, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры управления качеством Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет 14 научных работ в области оценки устойчивости экосистем в условиях техногенных воздействий, разработки и внедрения систем экологического менеджмента и лесной сертификации.
E-mail: epapulov@institut-kachestva.ru



Бережнов Владимир Александрович родился в 1962 г., окончил в 1988 г. Уральский лесотехнический институт, директор Уральского учебно-опытного лесхоза Уральского государственного лесотехнического университета. Область научных интересов: лесоведение и лесоводство.
E-mail: uuol.ugltu@yandex.ru



ПРИМЕНЕНИЕ ПРОЕКТНОГО ПОДХОДА К РАЗРАБОТКЕ И ВНЕДРЕНИЮ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА УРАЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЛЕСОТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Рассмотрена методология применения проектного подхода к разработке системы экологического менеджмента Уральского учебно-опытного лесхоза. Приведены перспективы развития предприятия после ее внедрения.

Ключевые слова: проектный подход, система экологического менеджмента, ISO 14001, лесхоз.

На фоне усугубляющихся экологических проблем возникла необходимость разработки систем управления, позволяющих более конструктивно сочетать экономическое развитие предприятий с экологическими и социальными аспектами их деятельности. Еще в 1992 г. на конференции ООН в Рио-де-Жанейро была принята концепция устойчивого развития общества, ориентированная на снижение вредного воздействия на окружающую среду при одновременном сохранении темпов экономического развития. Ключевой доминантой был признан «экологический менеджмент» как комплексная и разносторонняя деятельность, направленная на реализацию экологических целей, проектов и программ [2]. Основная цель экологического менеджмента – минимизация вредного воздействия на окружающую среду. На Международную организацию по стандартизации (ISO) была возложена роль по реализации принципов устойчивого развития, и в 1996 г. появились первые международные стандарты серии ISO 14000, устанавливающие унифицированные процедуры экологического управления.

Международная торговая политика в настоящее время создает определенные условия для развития экологически чувствительных рынков. На

таких рынках потребительские группы являются ключевым фактором, формирующим конкурентные свойства той или иной организации. Одним из конкурентных качеств там является способность организации управлять экологическими аспектами своей деятельности и демонстрировать это потребителю. Экологический аспект – это элемент деятельности или продукции (услуг) организации, который может взаимодействовать с окружающей средой [2].

В целях устойчивого управления лесами, ведения лесного хозяйства при минимизации вредного воздействия на окружающую среду, модернизации производственных процессов и улучшения организации труда было решено разработать и внедрить в обособленном структурном подразделении вуза, Уральском учебно-опытном лесхозе (УУОЛ), систему экологического менеджмента (СЭМ), соответствующую требованиям стандарта ISO 14001:2004. Эта система является частью системы управления организацией при разработке и реализации ее экологической политики и управлении экологическими аспектами [2]. Системы экологического менеджмента позволяют определять текущие и стратегические цели в отношении экологии, выявлять проблемные места и результативно их решать.

Внедрение стандартизованных моделей управления в соответствии с ISO 14001:2004 не ограничивает УУОЛ в развитии индивидуальных подходов корпоративного управления, использовании самых современных или традиционных для организации подходов и методов управления, определения полномочий, мотивации и т. д.

Совершенствование управления УУОЛ и вызванное им повышение устойчивости и мобильности организации можно отнести к системным преимуществам внедрения СЭМ. Результатов этой работы, вероятно, придется ждать несколько лет, впрочем, часть преимуществ, связанных, например, с координацией деятельности, проявится уже в короткие сроки. Фактически прямым следствием существования системных преимуществ является их взаимодействие с финансовыми (при инвестировании, кредитовании, страховании), торговыми организациями и т. д.

Для самой организации СЭМ приносит и рисковые преимущества: снижается вероятность нарушения законодательства и наложения штрафов и других видов административной или иной ответственности в связи с этим. Готовность к действиям в нестандартных ситуациях уменьшает вероятность возникновения аварийных ситуаций и масштаб вероятных последствий. По сути, к рисковому преимуществу относятся и те выгоды, которые получает организация, демонстрирующая СЭМ при взаимодействии с другими заинтересованными сторонами. Активное сотрудничество с местной властью и контролирующими органами, демонстрация реальных позитивных сдвигов уменьшают риск конфликтов, административных и иных последствий выявления несоответствий установленным требованиям. Открытость для заинтересованной общественности также позволяет избежать конфликтов, которые могут вызвать негативные для организации последствия.

Немаловажны и рыночные преимущества внедрения СЭМ, в частности связанные с взаимодействием сертифицированных компаний с ее поставщиками. Весьма значимое преимущество получают компании, внедряющие и сертифицирующие СЭМ, при заключении контрактов на выполнение работ за рубежом, в экологически чувствительных зонах. Наличие сертификата соответствия требованиям ISO 14001 уже является одним из условий таких тендеров. При внедрении СЭМ повышается имидж как самого учебно-опытного лесхоза, так и университета в целом.

Деятельность по проекту распространяется на подразделения организации и отдельных сотрудников, которые оказывают или могут оказывать воздействие на окружающую среду через участие в производственных процессах и другой деятельности.

В качестве основной методологии для внедрения СЭМ мы предлагаем использовать проектный подход. Проект – это уникальный процесс, состоящий из совокупности скоординированной и управляемой деятельности с начальной и конечной датами, предпринятый для достижения цели, соответствующей конкретным требованиям, включающим ограничения сроков, стоимости и ресурсов [1]. Как видно из этого определения, понятие «проект» основывается на понятии «процесс» как совокупности взаимосвязанных или взаимодействующих видов деятельности, которые преобразуют входы в выходы [3]. Процесс можно рассматривать в нескольких вариантах как:

1) физическое преобразование. В этом случае вход и выход представляют собой некоторые физические объекты;

2) преобразование требований в удовлетворенность. Результат этих процессов не всегда можно «потрогать руками» и измерить в объективных показателях, но он отражается в ощущениях потребителя;

3) трансформация, которая преобразует саму деятельность. Здесь результат подобных процессов, как правило, не проявляется сразу, а становится ощутимым через некоторый промежуток времени, что делает сложными и идентификацию, и осуществление. Процесс построения системы экологического менеджмента можно рассматривать как переход системы управления организации из некоторого начального состояния в новое, экологически направленное, с новыми критериями, показателями, по которым можно оценить достижение этого состояния.

В соответствии с этими соображениями проект разработки и внедрения СЭМ рассматривается как процесс преобразования управленческой деятельности организации. На первом его этапе разработан устав проекта, который стал по сути руководством к действию. Это многогранный документ, при составлении которого использовалось множество методов и инструментов. Структура устава определялась с помощью руководства ANSI/PMI 99-001-2004 (РМВОК), в котором приведены требования к управлению проектами [1]. В него входят: определение требований; установка четких и достижимых целей; уравнивание противоречащих требований по качеству, содержанию, времени и стоимости; коррекция характеристик, планов

и подхода в соответствии с мнением и ожиданиями различных участников проекта.

Выходом проекта (результатом) будет та же организация, что и на входе, но обладающая компетентным персоналом и системой экологического менеджмента как инструментом достижения экологических целей. Такой переход организации из одного состояния в другое осуществляется в соответствии с методологией PDCA (Plan – Do – Check – Action, т. е. планирование – реализация – контроль – коррекция) [4] в несколько этапов. Чтобы выявить факт достижения целей, следует определить показатели результативности проекта (см. таблицу) и сравнить их с запланированными. Важно установить сроки реализации, ответственных лиц, выделить необходимые ресурсы.

Показатели результативности проекта

Критерий результативности	Показатели	Метод и свидетельство
Увеличение возможности управления экологическими аспектами организации	Наличие цикла PDCA в процессах	Внутренний аудит и записи о наличии цикла PDCA
	Согласованность входов/выходов процессов	Процедура согласования входов/выходов и записи о наличии согласованности
	Потребность заинтересованных сторон в минимизации вредного воздействия	Процедура идентификации требований заинтересованных сторон в минимизации вредного воздействия
	Система оценивания удовлетворенности заинтересованных сторон	Процедура оценивания удовлетворенности заинтересованных сторон и наличие результатов измерений
Соответствие требованиям стандарта ISO 14001:2004	Уровень воздействия экологических аспектов на окружающую среду	Реестр экологических аспектов, методика определения значимости и процедуры их идентификации, журналы с записями
	Соответствие требованиям стандарта ISO 14001:2004	Внутренний и внешний аудиты. Протоколы аудитов. Сертификат соответствия
Получение рыночных преимуществ	Повышение конкурентоспособности	Анализ системы менеджмента и план улучшений. Повышение имиджа организации

В управлении проектами используются практически те же процессы, что и в методологии PDCA: инициация, планирование, исполнение, монито-

ринг, управление. Согласно требованиям по управлению проектами и в соответствии со стандартом ISO 14001:2004 в уставе проекта выделены следующие этапы:

1 – подготовка к внедрению СЭМ. На данном этапе готовится и утверждается проект «Установление СЭМ», издается руководством университета приказ на проведение подготовительного этапа (координационное совещание), создается группа экологического менеджмента, распределяются ответственность и полномочия по созданию СЭМ. Далее проводится оценка исходной ситуации и анализ рисков, определение бюджета проекта, структуры документации, регламентирующей функционирование СЭМ, гар-анализ 1-го этапа. Как инструмент выявления несоответствий и мониторинга хода реализации проекта гар-анализ [5] проводится на всех этапах разработки и внедрения СЭМ;

2 – планирование СЭМ, включающее: установление экологической политики, идентификацию значимых приоритетных экологических аспектов, формирование реестра законодательных и других требований, определение экологических целей, задач и экологической программы;

3 – внедрение и функционирование СЭМ начинается с определения ресурсной базы, а также распределения ответственности и полномочий сотрудников предприятия в рамках функционирующей СЭМ. Следующие действия направлены на повышение компетентности, обучение и осведомленность, установление процесса передачи информации и всех связанных с документацией и ее наличием на предприятии. Разрабатываются механизмы управления операциями по экологическим аспектам и система процедур по готовности к внештатным ситуациям;

4 – мониторинг и управление, аудит и сертификация – заключительный этап, на котором проводится анализ со стороны руководства.

Организация, последовательно пройдя все эти этапы, на выходе получит установленную систему экологического менеджмента, дальнейшее развитие которой будет отвечать принципу менеджмента качества – постоянное улучшение. Окончательной стадией внедрения СЭМ (по желанию руководителя) может стать ее сертификация у внешней аудиторской организации и получение сертификата, подтверждающего соответствие требованиям ISO 14001:2004.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ANSI/PMI 99-001–2004. Руководство к своду знаний по управлению проектами (Руководство PMBOK): [сайт]. URL: <http://www.pmi.org> (дата обращения: 20.02.2010).
2. BS EN ISO 14001–2004. Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению (Environmental management systems – requirements with guidance for use): [сайт]. URL: <http://www.iso.org> (дата обращения: 20.02.2010).

3. ГОСТ Р ИСО 9000–2001. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. – Введ. 2001–08–31. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2001. – 28 с.

4. ГОСТ Р ИСО 9001–2001. Системы менеджмента качества. Требования. – Введ. 2001–08–31. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2001. – 32 с.

5. Грибашов Д.Ю., Коркин Е.С., Теплова Е.В. Гар-анализ по ISO 9001:2000 и ISO 14001:96 // Технологии качества жизни . – 2003. – Т. 3, № 1. – С. 71–74.

E.S. Papulov, V.A. Berezhnov, V.A. Kopnov

Use of Project Approach to Development of Ecological Management System at Ural State Forest Engineering University

The methodology of using project approach to the development of ecological management system in Ural Experimental Forestry Enterprise is presented.

Keywords: project approach, ecological management system, ISO 14001, forestry enterprise.

**МЕТОДИКА И ПРАКТИКА ПРЕПОДАВАНИЯ**

УДК 378:656.071.8

А.П. Паньчев, Е.Г. Есюнин, М.В. Шавнина

Паньчев Анатолий Павлович родился в 1955 г., окончил в 1977 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой сервиса и эксплуатации транспортных и технологических машин Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 85 печатных работ по разработке и совершенствованию транспортных и технологических машин и оборудования.

E-mail: sttm66@mail.ru



Есюнин Евгений Геннадьевич родился в 1951 г., окончил в 1973 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры сервиса и эксплуатации транспортных и технологических машин Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 30 печатных работ по разработке и совершенствованию транспортных и технологических машин и оборудования.

E-mail: sttm66@mail.ru



Шавнина Марина Васильевна родилась в 1962 г., окончила в 1985 г. Уральский лесотехнический институт, старший преподаватель кафедры сервиса и эксплуатации транспортных и технологических машин Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет около 10 печатных работ в области грузоподъемного оборудования.

E-mail: shavnina444@mail.ru

**ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ МЕХАНИКОВ – НЕОТЪЕМЛЕМОЕ ЗВЕНО СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА**

Разработана программа непрерывной профессиональной подготовки специалистов по принципу возрастания квалификационных требований.

Ключевые слова: студенты, дополнительное образование, техническое обслуживание.

Трудно переоценить роль машин в современном производстве. Лесная промышленность как никакая другая оснащена разнообразными транспортными и технологическими машинами. Во-первых, здесь используются практически все виды транспорта: автомобильный (большегрузные автопоезда высокой проходимости, легковые и грузовые автомобили хозяйственного назначения), тракторный (колесные и гусеничные тракторы как общего, так и специального назначения), железнодорожный, водный, воздушный.

Во-вторых, работают сложнейшие технологические машины и оборудование, существенно отличающиеся по своему функциональному назначению. Это гидрофицированные и автоматизированные машины для валки деревьев, их транспортировки, обрезки сучьев, погрузки, разгрузки, разделки древесины, ее переработки, изготовления различных товаров, выращивания леса, выполнения работ по строительству дорог, зданий и сооружений, пожаротушения и т. д.

Работа этих машин связана с большим многообразием климатических и природно-производственных условий, резким колебанием рабочих нагрузок, криволинейностью пути, движением по бездорожью и заболоченным местностям, горным склонам, наездами на препятствия, интенсивным износом ходовой части, высокой утомляемостью человека. Эти особенности обуславливают повышенные требования к созданию лесных машин, которые должны иметь высокую надежность, маневренность, хорошую проходимость, устойчивость против опрокидывания и сползания, комфортность и безопасность на рабочем месте.

Создать и правильно эксплуатировать технику, отвечающую перечисленным требованиям, могут только специалисты, хорошо знающие устройство и теорию автомобилей, тракторов и специальных машин, получившие практические навыки по их диагностированию, техническому обслуживанию и ремонту, изучившие вопросы рационального проектирования баз для сервисного обслуживания и ремонта машин и оборудования.

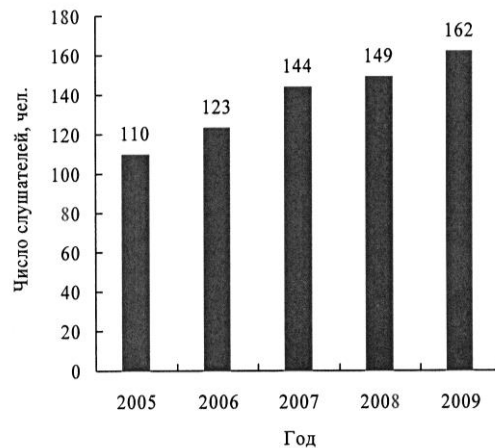
В целях повышения профессионального уровня инженеров-механиков Уральским государственным лесотехническим университетом (УГЛТУ) на кафедре сервиса и эксплуатации транспортных и технологических машин реализована программа непрерывной дополнительной профессиональной подготовки специалистов.

Работа начинается со школьниками 10-11-х классов, которые поступают в Малую лесную академию (МЛА) УГЛТУ. В течение двух лет школьники знакомятся с устройством и эксплуатацией транспортных и технологических машин, по окончании МЛА выполняют и защищают дипломные работы и поступают в университет.

В вузе студенты проходят дополнительную подготовку и получают профессию слесаря по ремонту автомобилей 3-го разряда, водителя категории «В», активно участвуют в работе научного студенческого бюро технического диагностирования автомобилей «СБТД-авто».

Целью создания СБТД-авто стало повышение профессионального уровня подготовки студентов, возможность прохождения производственной практики без отрыва от учебных занятий, улучшение материально-технической базы кафедры, внедрение в учебный процесс нового оборудования и разработок преподавателей и студентов, проведение научно-исследовательских работ с привлечением студентов. За последние годы приобретено самое современное оборудование по устройству и технической эксплуатации автомобилей и тракторов: стенды-тренажеры «Система питания и управления инжекторного двигателя», «Электрооборудование автомобилей и автомобильной электроники», «Гидравлическая тормозная система с АБС», «Пневматическая тормозная система автомобиля», стенд для проверки и очистки бензиновых форсунок CNC-602, для измерения суммарного люфта рулевого управления ИСЛ-401, плазменный аппарат «Мультиплаз 2500М», электронный стенд для регулировки и диагностики дизельной аппаратуры ЕДС8-7,5, мотор-тестер «MotoDocII», контрольно-испытательный стенд для проверки электрооборудования Э250-02 и др.

Динамика подготовки слушателей по курсам переподготовки и повышения квалификации по программам «Контролер технического состояния АТС» и «Руководитель пункта технического осмотра»



Студенты могут получить дополнительное образование по следующим программам: «Руководитель пункта технического осмотра», «Контролер технического состояния АТС», «Механик отдела технического контроля», «Квалификационная подготовка по организации перевозок автомобильным транспортом в пределах Российской Федерации». Ежегодно на кафедре дополнительное образование по этим программам получают свыше 1500 работников автотранспортных и автосервисных предприятий, пунктов технического осмотра (см. рисунок).

Все элементы дополнительного образования неразрывно и поэтапно увязаны с основным учебным процессом и построены по принципу возрастания квалификационных требований к специалисту более высокой квалификации. Например, придя на курсы подготовки контролеров технического состояния АТС, студент уже имеет «багаж знаний» по следующим специальным дисциплинам, предусмотренным учебными планами специальности 190603 «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования»: основы конструкции транспортных машин, основы работоспособности технических систем, диагностика машин и оборудования, основы теории автомобилей и тракторов, сервис и техническая эксплуатация машин и оборудования, проектирование баз сервисного обслуживания машин, эксплуатационные материалы и др.

Непрерывное дополнительное профессиональное обучение в tandem с инженерной подготовкой существенно поднимают профессиональный уровень будущих инженеров-механиков, способствуют подготовке специалистов более широкого профиля, повышению их рейтинга и востребованности на рынке труда.

A.P. Panychev, E.G. Esyunin, M.V. Shavnina

Additional Education of Mechanical Engineers – Integral Part of Technical Maintenance System

The programme of continuing professional training of specialists based on the principle of qualifying requirements increase is developed.

Keywords: students, additional education, technical maintenance.



ИСТОРИЯ НАУКИ

УДК 630*61 (470.5)

**ТВОРЧЕСКИЙ ВКЛАД Е.П. СМОЛОНОВОГА В РАЗРАБОТКУ
ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ РАЙОНИРОВАНИЯ ЛЕСОВ
(к 180-летию уральского лесоустройства)**

Районирование является теоретической и нормативной базой, позволяющей прогнозировать развитие территориальных лесных комплексов, планировать и проектировать лесохозяйственные мероприятия. Как метод исследований и пространственная ландшафтно-географическая основа разного рода прогнозных схем, оптимизирующих развитие производительных сил, районирование территорий давно и широко используется в науке и при разработке проектной документации, в том числе в лесном хозяйстве [10].

С начала 1990-х гг. организационно-экономическая база развития лесного хозяйства претерпевает коренные изменения. Основой ее становятся частная или акционерная собственность на средства производства, рыночная экономика и все усиливающаяся децентрализация управления. Тем не менее основные положения использования лесного покрова остаются прежними.

Принципы районирования лесных территорий и некоторые коррективы в прежние схемы районирования Урала разработаны Е.П. Смолоноговым [6, 8, 9]. По его представлениям, комплексная, взаимосвязанная система районирования лесных территорий должна отражать природную дифференциацию лесного покрова и разнообразие экономических условий ведения лесного хозяйства и соответственно возможности организации рационального использования и воспроизводства лесов. Она должна включать лесорастительное, лесозащитное и производственно-хозяйственное районирование, а также серию специализированных производственно-хозяйственных вариантов. Каждый из перечисленных видов может иметь самостоятельное значение для анализа, определения роли и классификации тех или иных лесорастительных, экономических и производственно-хозяйственных факторов и условий. Но они могут и должны рассматриваться взаимосвязанно, интегрально для обоснования и разработки региональных систем рационального ведения лесного хозяйства в соответствии с природно-экологической, социальной и экономической значимостью лесов районированной территории.

Лесорастительное, или лесозащитное районирование по содержанию рассматриваемых вопросов – это специализированный вариант природно-географического, отражающего планетарную дифференциацию природных и исторических факторов, определяющих особенности современного лесного биогеоценотического покрова, его формационный состав,

типологическую структуру, закономерности расселения древесных видов, восстановления и формирования лесных сообществ после воздействия разрушительных факторов, а также их изменения во времени. При этом учитываются общие и региональные особенности лесообразовательного процесса, рассматриваемого как специализированный вариант общего биогеоценотического [5, 7].

При лесорастительном районировании анализируется многогранный комплекс природно-экологических факторов: орография, геоморфология и литология земной поверхности, почвенно-грунтовые условия, особенности климата, история образования и изменения лесного покрова и многие другие. Используются также имеющиеся схемы климатического, геоботанического, ландшафтно-географического, почвенного и других видов районирования. Территории разделяются на сравнительно однородные регионы по характеру и интенсивности воздействия физико-географических и исторических факторов на лесообразовательный процесс, формационный состав и типологическую структуру лесного покрова, расселение, восстановление и формирование лесных сообществ, их биогеоценотические свойства, продуктивность и изменения во времени. Такое районирование создает эколого-географическую основу для разработки системы управления биогеоценотическим и лесообразовательным процессами, проведением комплекса лесоводственно-хозяйственных мероприятий, обеспечивающих рациональное использование лесов, их воспроизводство и повышение продуктивности лесных земель. Полное или частичное осуществление всей системы мероприятий зависит от экономической значимости лесов, условий организации хозяйства и рассматривается в лесоэкономическом районировании.

В лесорастительном районировании применяются таксономические ранги: в широтном направлении широтные лесорастительные зоны и подзоны, в меридиональном – провинции. Пересечение их границ образует лесорастительные округа. При выраженной дифференциации условий произрастания они делятся на лесорастительные районы и подрайоны. Крупные территории могут объединяться в лесорастительные области и подобласти. Проведение границ этих структур возможно как по естественным рубежам, так и по границам хозяйственных образований. Границы единиц лесорастительного районирования относительно стабильны, их положение зависит от полноты изученности комплекса районообразующих факторов, а также цели и масштаба районирования.

За основу рассматриваемого ниже варианта лесорастительного районирования Урала Е.П. Смолоногов [6] принял схему Б.П. Колесникова [1–4], в которую внес следующие изменения.

1. Западная и восточная предгорные и равнинные полосы, имеющие одинаковую историю формирования комплекса природных условий, включены в Уральскую горно-увалисто-равнинную лесорастительную область (у Б.П. Колесникова в нее входят только горная и предгорная части).

2. Границы широтных и провинциальных единиц районирования для удобства организации хозяйства по возможности должны быть совмещены с границами хозяйственных структур.

3. Исправлено положение южной границы северотаежной подзоны, вытянутой в схеме районирования Б.П. Колесникова далеко к югу вдоль Уральского хребта. Свое предложение Е.П. Смолоногов обосновал тем, что изменение лесорастительных условий в горах есть функция преимущественно высотная, а не широтная, в связи с чем для изменения зональных границ в горах нет оснований. Эти границы распространяются до горного хребта и прерываются, а горный хребет должен рассматриваться как природный анклав, для изучения которого нужны специальные методики.

4. В пределах Уральской горно-увалисто-равнинной лесорастительной области выделены Приполярно-, Северо-, Средне- и Южно-Уральская подобласти и три лесорастительные провинции – Западно-Уральская предгорно-увалисто-холмисто-равнинная, Центрально-Уральская горная и Восточно-Уральская предгорно-холмисто-равнинная.

5. В качестве основной таксономической единицы районирования принят лесорастительный округ (у Б.П. Колесникова – лесорастительный район). Пересечение границ лесорастительных зон и подзон с провинциями образует лесорастительные округа. В их пределах выделяются лесорастительные районы и подрайоны, а в южной и северной частях горной лесорастительной провинции – высотные пояса.

Лесозооэкономическое районирование Е.П. Смолоногов рассматривает как специализированный вариант экономико-географического, отражающий организационные и макроэкономические стороны развития и функционирования лесного хозяйства. Последнее должно рассматриваться как взаимосвязанный территориальный лесной производственный комплекс, включающий все виды лесоводственно-хозяйственной деятельности, лесозаготовительной, деревоперерабатывающей и лесохимической промышленности, а также рациональные схемы транспорта и реализации древесины и других лесных ресурсов. Главная задача лесозооэкономического районирования – оценка на рассматриваемой территории природно-экологической, социальной и экономической значимости лесного покрова, доступности лесных массивов и перспектив возможного развития региональных лесных комплексов при сохранении непрерывности использования лесных ресурсов и всех экологических, социальных и экономических функций лесного покрова.

Этот вид районирования определяет стратегическую основу оптимизации лесного покрова, многогранного использования лесов и развития всех структур лесного комплекса. Природной основой лесозооэкономического районирования служит лесорастительное, на схему которого оно опирается. При разработке схемы лесозооэкономического районирования, как и лесорастительного, используются все специализированные и более общие виды

районирования, отражающие пространственную дифференциацию развития экономики и перспектив развития производительных сил тех или иных территорий. Схема этого варианта включает лесоэкономические области, подобласти, провинции и секторы.

Уральская горно-увалисто-равнинная лесорастительная область простирается от зоны тундры на севере до сухих степей на крайнем юге. Меняется также и уровень развития территории от районов со слабо развитой экономикой на севере до индустриальных и урбанизированных на юге. Соответственно лесной покров Урала и экономический потенциал лесных ресурсов крайне неоднородны и непрерывно менялись по мере исторического развития производительных сил районов, усиления или ослабления промышленной эксплуатации, а также под воздействием многочисленных разрушительных факторов. В 1980-е и особенно 1990-е гг. объемы лесозаготовок на Урале резко сократились. Одной из главных причин снижения стало исчерпание эксплуатационных запасов во многих лесопромышленных районах. В связи с этим кардинально меняются задачи и цели развития территориальных лесных комплексов. В ближайшие десятилетия наступившего XXI в. ведущее положение должно занять воспроизводство лесных ресурсов, формирование необходимой породной и возрастной структуры лесного фонда, повышение продуктивности лесных экосистем, их биосферной и защитной роли, обоснование, разработка и реализация региональных лесоводственных систем при строго регулируемых размерах промышленного лесопользования.

По представлениям Е.П. Смолоногова, территорию Урала, несмотря на различный уровень развития экономики и лесного хозяйства его частей, следует объединить в крупную Уральскую лесоэкономическую область.

В соответствии с существующими различиями в экономике и лесном покрове разные части территории Урала объединены в четыре приведенные ниже лесоэкономические подобласти в широтном и три лесоэкономические провинции в меридиональном направлении. Пересечение границ этих структур образует в каждой подобласти по три лесоэкономических сектора.

У-1. Приполярно-Уральская подобласть горных и равнинных предтундровых лесов строго защитного лесного хозяйства включает зону лесотундры и подзону предлесотундровых редкостойных и приречных лесов. Уровень развития экономики слабый.

У-2. Североуральская подобласть горных и равнинных северотаежных лесов защитного и защитно-эксплуатационного лесного хозяйства включает значительные лесосырьевые ресурсы, на основе которых созданы крупные комплексы по переработке древесины.

У-3. Среднеуральская подобласть горных и равнинных средне- и южно-таежных лесов защитно-эксплуатационного лесного хозяйства объединяет огромный промышленно-индустриальный экономический потенциал с большой концентрацией городского населения. Здесь сосредоточены наиболее крупные деревоперерабатывающие комплексы Пермской и Свердловской областей. Одна из главных лесоводственных задач состоит в ускорении формирования лесов необходимого породного состава и качества,

повышении продуктивности лесных земель и водоохранно-защитной роли лесного покрова, в частности за счет создания лесных культур. В районах концентрации городского населения необходимо значительно увеличить площади лесов зеленых зон, лесопарков и лесов санитарно-защитного значения, установить в них соответствующие режимы и системы ведения хозяйства. Общий режим лесного хозяйства защитно-эксплуатационный с элементами рекреационного, включающий реализацию систем горного и равнинного таежного лесоводства.

У-4. Южно-Уральская подобласть горно-увалисто-равнинных лесов защитного и защитно-эксплуатационного лесного хозяйства объединяет хвойно-широколиственные, дубово-широколиственные леса предгорий и полосу равнинной лесостепи западного макросклона, сосново-березовых лесов широкой центральной горно-увалистой полосы и увалисто-равнинную лесостепь с островными борами восточного и южного макросклонов Урала. Леса подобласти всегда играли важную роль в развитии производительных сил района. Эта экономическая значимость сохранится и в будущем. Леса имеют также большое водоохранно-защитное, водорегулирующее значение для водных систем Волжского, Каспийского и Тобольского водосборных бассейнов и агрономическое в лесостепных и степных районах. Общий режим лесного хозяйства защитный, защитно-эксплуатационный, рекреационный с элементами горного и лесостепного лесоводства.

Производственно-хозяйственное районирование – это синтез лесорастительного и лесоэкономического вариантов. Одновременно это дальнейшая конкретизация лесоэкономических факторов, определяющих реальные возможности функционирования региональных лесных комплексов с учетом природной специфики и рекомендаций специализированных видов районирования. Главная задача районирования – обоснование способов функционирования природно-хозяйственных систем и специализации территориальных лесных комплексов в зависимости от географического положения, уровня развития экономики, природно-хозяйственной и социальной значимости лесных массивов. Этот вид районирования включает выделение производственно-хозяйственных районов, различающихся или сходных по особенностям ведения хозяйства.

Границы производственно-хозяйственного районирования корректируются и изменяются во времени в зависимости от развития экономики территорий, степени истощения лесосырьевых ресурсов или необходимости ограничения интенсивности их использования, а также развития транспортных магистралей и всей системы производительных сил региона.

На территории Свердловской области, например, с севера на юг выделены районы: Ивдель-Оусский северотаежный лесопромышленный, Серовский среднетаежный защитно-эксплуатационный, Тавдинский средне- и южно-таежный лесопромышленный, Ново-Лялинский среднетаежный защитно-эксплуатационный, Нижне-Тагильский, Алапаевский, Туринский и Красноуфимско-Шалинский южно-таежные защитно-эксплуатационные, Екатеринбургский южно-таежный защитно-эксплуатационный и рекреационный, Припышминский подтаежно-лесостепной защитно-эксплуатационный [8].

Специализированные варианты районирования разрабатываются на основе лесорастительного и лесоэкономического. К ним можно отнести: лесотаксационно-лесоустроительное, лесоэксплуатационное, лесотранспортное, лесопожарное, лесосеменное, лесокультурное и др., определяющие производственно-технические особенности и нормативы ведения лесного хозяйства. Эти варианты районирования могут иметь и имеют самостоятельное значение. Они необходимы в лесохозяйственном производстве как элементы не только планирования, но и оперативного управления производственной деятельностью лесных предприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колесников Б.П. Естественно-историческое районирование лесов на примере Урала // Вопросы лесоведения и лесоводства: докл. на V мировом лесном конгрессе. – М., 1960. – Т. 4. – С. 51–57.
2. Колесников Б.П. Леса Свердловской области // Леса СССР. – М., 1969. – Т. 4. – С. 64–124.
3. Колесников Б.П. Леса Челябинской области // Там же. – С. 125–156.
4. Колесников Б.П., Шиманюк А.П. Леса Пермской области // Там же. – С. 5–63.
5. Смолоногов Е.П. Лесообразовательный процесс и его особенности // Экология. – 1994. – № 1. – С. 3–9.
6. Смолоногов Е.П. Комплексное районирование Урала // Леса Урала и хозяйство в них. – Екатеринбург: УГЛТУ, 1995. – Вып. 18. – С. 24–41.
7. Смолоногов Е.П. Лесообразовательный процесс и проблема лесной типологии // Лесообразовательный процесс на Урале и в Зауралье. – Екатеринбург: ИЭРиЖ, 1996. – С. 4–26.
8. Смолоногов Е.П. Комплексное районирование Урала // Леса Урала и хозяйство в них. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2001. – Вып. 21. – С. 7–18.
9. Смолоногов Е.П., Чернов Н.Н. Взаимосвязанная система районирования лесных территорий // Лесоведение. – 2005. – № 2. – С. 67–71.
10. Чернов Н.Н., Смолоногов Е.П., Нагимов З.Я. История лесоустройства на Урале. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2006. – 450 с.

Н.Н. Чернов

N.N. Chernov

Creative Contribution of E.P. Smolonogov into Development of Theoretical Foundations of Forest Zoning (by 180-th anniversary of the Ural Forest Organization)



КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 674.032.13

Ю.А. Варфоломеев, А.Т. Гурьев, Р.А. Алешко

Северный (Арктический) федеральный университет

Варфоломеев Юрий Александрович родился в 1953 г., окончил в 1975 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, проректор по инновационному развитию Северного (Арктического) федерального университета, заслуженный деятель науки РФ. Имеет более 300 научных трудов в области обеспечения долговечности древесины в строительстве экологически безопасными методами.

E-mail: y.varfolomeev@narfu.ru



Гурьев Александр Тимофеевич родился в 1949 г., окончил в 1971 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий, директор Института информационных и космических технологий Северного (Арктического) федерального университета. Имеет более 150 научных трудов в области исследования процессов лесного комплекса.

E-mail: atg6@rambler.ru



Алешко Роман Александрович родился в 1987 г., окончил в 2009 г. Архангельский государственный технический университет, ассистент кафедры информационных технологий Северного (Арктического) федерального университета. Имеет 10 научных трудов в области обработки данных дистанционного зондирования лесных территорий.

E-mail: roman@aleshko.com

**МЕТОДИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА БИОПОВРЕЖДЕНИЯ
И УСЫХАНИЯ ЕЛОВЫХ ЛЕСОВ***

Создан и апробирован комплекс методов и технических средств для оперативного высокоточного мониторинга усыхания еловых лесов Архангельской области, поврежденных биологическими вредителями. Описано развитие исследовательской базы для обеспечения лесной европейской части России космическими снимками различного разрешения в режиме реального времени. Решены задачи совершенствования методов обработки космических снимков усыхающих еловых лесов с биоповреждениями, а также создания в Архангельской области интегрированной распределенной информационной системы поддержки принятия решений для эффективного управления лесными территориями.

Ключевые слова: биоповреждение, усыхание, ель, пигментация, космические снимки, мониторинг.

* Исследования проводятся в соответствии с планом-графиком работ по проекту «Создание высокотехнологичного производства щепы из сухостойной древесины для получения сульфатной целлюлозы», победившему на конкурсе за право получения субсидии для выполнения НИОКР на основании постановления Правительства РФ № 218 от 09.04.2010 г. (государственный контракт № 13.G25.31.0036 от 07.09.2010 г., ОАО «Соломбальский ЦБК»).

В междуречье Пинеги и Северной Двины с 2001 г. зафиксировано массовое биоповреждение и усыхание еловых древостоев [16] объемом 100 млн м³. Эффективный мониторинг этих процессов и реализация мероприятий по локализации и ликвидации развития биопоражения древесины, а также ее вывозке для последующей переработки [2, 3] осложнены тем, что указанные лесные территории труднодоступны из-за отсутствия дорог. В создавшейся ситуации наиболее эффективно использовать космический мониторинг территорий [8, 9, 15].

Цель наших исследований – создать и апробировать комплекс методов и технических средств оперативного высокоточного мониторинга усыхания еловых лесов Архангельской области, поврежденных биологическими вредителями.

Решаемые в ходе этих исследований задачи:

совершенствование методов обработки космических снимков усыхающих биоповрежденных лесов;

развитие исследовательской базы для обеспечения европейской части России космическими снимками различного разрешения в режиме, близком к реальному времени [13];

создание интегрированной распределенной информационной системы поддержки принятия решений для эффективного управления лесными территориями с катастрофическими биоповреждениями [1, 4, 5, 7].

Источниками информации о состоянии лесов являются данные лесоустройства, сведения о лесопользовании и хозяйственной деятельности предприятий лесного комплекса, нормативные и государственные документы, результаты исследований лесных территорий полевыми, аэрокосмическими и др. методами.

В последние годы в Институте информационных и космических технологий (ИИКТ) С(А)ФУ (до 2010 г. – АГТУ) интенсивно развиваются методы тематической обработки космических снимков лесных территорий. Анализ исследований [10, 11, 14, 17, 18] в сфере лесопатологического мониторинга показал, что для этой цели чаще всего используют методику фиксации негативных изменений растительного покрова, основанную на вычислении вегетационных индексов. Большинство индексов рассчитывают с использованием многоспектральных космических снимков. Такие исследования проводятся преимущественно в летние месяцы.

Недостатками подобных методик являются: низкая точность определения местоположения и общей площади лесопатологий вследствие использования снимков среднего уровня разрешения; трудности разделения растительности по группам, соответствующим разным стадиям развития лесопатологий, а также объединения их в одну группу по ряду признаков.

При исследовании усыхания биоповрежденных еловых лесов на опытных участках междуречья Северной Двины и Пинеги анализировали снимки с космического аппарата (КА) Landsat-7, полученные через систему «Global Visualization Viewer» Геологической службы США (U.S. Geological Survey, USGS). В качестве базового участка использовали район Березниковского лесничества Архангельской области. По данным многолетних полевых исследований было зафиксировано биоповреждение и последующее усыхание еловых древостоев. Состояние исследуемой территории оценивали по летним снимкам, полученным со спутников в период с 2000 по 2010 гг. Даты космической съемки и характеристика исследованных снимков приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1

Дата космической съемки

Номер по порядку	Год	Месяц	День
2	2000	Июль	13
3	2001	Июнь	30
4	2006	Июль	13
5	2006	Август	07
6	2007	Июль	09
7	2007	Август	10
8	2008	Июль	03
9	2010	Июль	01

Каждый спектральный канал (табл. 2) представляет изображение участка земной поверхности в одном из спектральных диапазонов. Помимо видимого диапазона, включающего голубой, зеленый и красный каналы, съемочная система КА Landsat-7 способна фиксировать отражающие свойства земных объектов в ближнем и среднем инфракрасных (ИК) каналах, а также в тепловом. Анализ снимков показал, что в зеленом, ближнем и среднем ИК каналах наблюдаются максимумы функции отражения зеленых растений (рис. 1). Это свидетельствует о том, что при обработке снимков, выбранных нами в качестве объекта исследований, можно получить релевантную информацию для системного анализа состояния растительных покровов в конкретный период времени. Комплексное исследование снимков, полученных в заданные периоды на протяжении длительного времени, позволит выявить динамику анализируемых процессов.

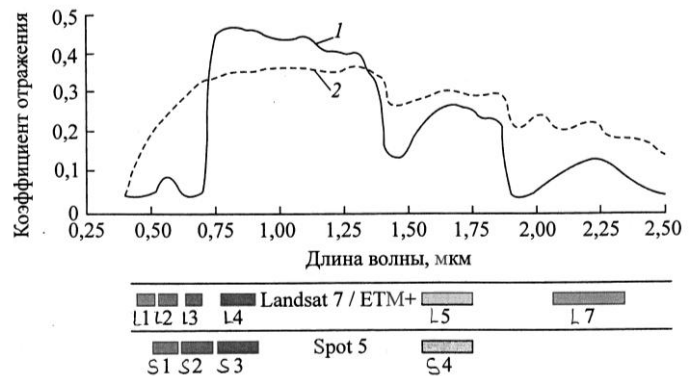
Таблица 2

Характеристика снимков, полученных на аппарате Landsat-7

Номер канала	Спектральный диапазон снимка, мкм, (канал)	Пространственное разрешение, м	Полоса обзора, км	Повторяемость съемки одной территории
10	0,450 ... 0,515 (голубой)	30	185	16 сут
20	0,525 ... 0,605 (зеленый)	30		
30	0,630 ... 0,690 (красный)	30		
40	0,750 ... 0,900 (ближний ИК)	30		
50	1,550... 1,750 (средний ИК)	30		
70	2,090 ... 2,350 (средний ИК)	30		
61	10,400 ... 12,500 (тепловой ИК)	60		
62	10,400 ... 12,500 (тепловой ИК)	60		
80	0,520...0,900 (панхроматический)	15		

Следует отметить, что по характеру отражения солнечного света в различных диапазонах длин волн можно изучать различные параметры растительности: диапазон 0...0,750 мкм характеризует наличие пигментов растительности, 0,750...1,375 мкм – структуру клеток растений, более 1,375 мкм – содержание воды (рис. 1). Установлено, что даже на ранних этапах биоповреждения и последующего усыхания исследуемые ельники характеризуются заметной потерей естественной пигментации и влажности хвои (рис. 1).

Рис. 1. Оценка отражательной способности здоровой (1) и поврежденной (2) растительности: L1...L5, L7 – каналы съемки КА Landsat-7/ETM+; S1...S4 – каналы съемки Spot 5



Указанные патологические изменения определяли, анализируя космические снимки и используя эффект значительного изменения спектральной отражательной способности усыхающих биоповрежденных деревьев по сравнению со здоровыми. Выявлено, что наиболее существенные различия отражения наблюдаются в среднем ИК канале съемочной системы КА Landsat-7, диапазон длин волн которого составляет 2,09...2,35 мкм и характеризует наличие влаги в рассматриваемых древостоях.

Наиболее интенсивное биоповреждение и усыхание еловых древостоев на территории Архангельской области зафиксировано в 2003–2004 гг. Для оценки масштабов и динамики патологических процессов были проанализированы данные космической съемки в летние периоды 2000–2008 гг.

Для выявления изменений на исследуемых территориях был осуществлен синтез двух разновременных снимков со средних ИК каналов изображений. Выявлено, что RGB-композит, полученный по указанной методике синтеза, имел следующий состав: R – средний ИК канал снимка 2008 г., G и B – средний ИК канал снимка 2000 г. На синтезированном изображении были зафиксированы отчетливые ярко-красные участки, где произошли наиболее существенные изменения в 2000–2008 гг. Часть из них имела четкие границы и однородную структуру. Эти области классифицировали как вырубки (что подтверждено результатами полевых исследований и материалами лесопользования). Зафиксированы также области, имеющие аморфные границы и разнородную структуру. Их характер свидетельствует о природном происхождении и существенной неоднородности исследуемых лесов на этих участках. Такие неоднородные участки могут быть интерпретированы как усыхающие или сухие древостои, либо как заболоченные лесные территории. Обработанные космические снимки территорий усыхающих лесов с биоповреждениями приведены на третьей странице обложки журнала.

С помощью разработанной методики был получен RGB-композит разновременных снимков и точно определены участки Березниковского лесничества, на которых наблюдались изменения лесного покрова. При этом выявлены участки с изменениями природного происхождения и вырубки. Однако достоверно выделить участки с сухостойной древесиной и классифицировать их по степени усыхания не представлялось возможным.

Для устранения отмеченных недостатков распознавания космических снимков необходимо привлекать результаты полевых исследований, а также данные последнего лесоустройства изучаемой территории. Для более точного

определения типа и степени возникших лесопатологий необходимо использовать снимки высокого и сверхвысокого разрешения (1 метр/пиксель и выше). При использовании снимков такого рода, помимо цветовой составляющей, появится возможность для анализа рисунка объектов, находящихся на этой территории.

Рисунок изображения зависит от строения, конфигурации, размеров, взаимного расположения объектов, их тональных (цветовых) различий. Составляющими рисунка являются структура (набор форм, размеров, тонов или цветов и цветовых оттенков, участвующих в его формировании) и текстура (пространственное расположение структур, их взаимное сочетание). С определенным допущением можно сказать, что структура характеризует содержательное разнообразие природного комплекса, а текстура – геометрическое разнообразие его изображения. Рисунок изображений обычно сложен и включает иерархию структур и текстур [14].

При анализе структурных и текстурных составляющих рисунка изображения можно получить более полные и достоверные данные о составе растительных объектов. Указанные исследования позволяют значительно усовершенствовать методику распознавания усыхающих еловых лесов с биоповреждениями. Эти требования к испытательному оборудованию, предназначенному для мониторинга лесов и решения множества других научных и практических задач, были учтены специалистами С(А)ФУ и ИТЦ «СканЭкс» (г. Москва) при разработке проекта регионального технического комплекса для приема данных дистанционного зондирования (ДДЗ) Земли. Оборудование, выбранное с учетом сформулированных требований, обеспечивает высококачественный прием многоспектральных снимков низкого, среднего и высокого разрешения, а также радиолокационных снимков. Для широкого тематического использования этих данных подобран комплекс оборудования, позволяющий охватывать территорию мониторинга радиусом до 3500 км.

В С(А)ФУ 18 ноября 2010 г. был введен в эксплуатацию Центр космического мониторинга Арктики (ЦКМА) для приема данных ДДЗ с космических аппаратов Terra, Aqua MODIS, SPOT-5, EROS-B, RADARSAT-1, 2. Применение этих данных возможно в различных сферах: мониторинг лесов, снежного и ледового покрова на крупнорегиональном уровне; оперативный мониторинг паводковой ситуации на крупных реках; исследование состояния и изменения ландшафтов арктического и др. регионов.

При обработке данных лесных территорий можно использовать данные спутников:

Terra, Aqua MODIS (оперативный мониторинг лесных пожаров (частота съемки до 2-х раз в сутки);

SPOT-5 (мониторинг лесных территорий: оценка состояния лесов, выявление ареалов биоповреждения и усыхания, заболачивания и т.п.; комплексный контроль лесохозяйственной деятельности; мониторинг сплошных и выборочных рубок; оценка ущерба от лесных пожаров; обновление лесных карт);

EROS-B (выборочные обследования лесных территорий).

Архангельский ЦКМА обеспечивает мониторинг лесов практически на всей европейской части России и в примыкающих регионах. Его услугами могут пользоваться большинство учебных заведений лесного профиля. Радиус охвата сканируемой территории показан на второй странице обложки журнала.

В рамках программы инновационного развития С(А)ФУ осуществляется комплекс подготовительных работ по созданию в ИИКТ С(А)ФУ научно-образовательного центра ассоциации лесных вузов для системного космического мониторинга лесных территорий европейской части РФ.

Для создания распределенной непрерывно актуализируемой базы данных (БД) лесных насаждений ИИКТ С(А)ФУ департамент лесного комплекса администрации Архангельской области, Архангельское лесничество, Архангельский филиал ФГУП «Рослеспроект» заключили соглашение о сотрудничестве в сфере освоения информационных технологий, с помощью которых на первом этапе будет обеспечена частичная компенсация устаревшей информации по лесоустройству, а в перспективе – поддержка БД о лесном фонде в постоянно актуализируемом состоянии для ведения лесного реестра, организации эффективного использования лесов, контроля и корректировки системы лесного планирования. На первом этапе осуществляется информационная поддержка на базе Архангельского лесничества.

Цель реализации распределенной БД – создать на основе лесоустроительной таксационной БД непрерывно актуализируемую БД лесных насаждений для эффективного управления лесным хозяйством и лесопользованием.

Для реализации распределенной БД с совмещением картографической и атрибутивной информации использована СУБД PostgreSQL и модуль вывода графической информации SharpMap. Структура БД состоит из 17 таблиц. В основной таблице graph хранится картографическая информация, в остальных – необходимая атрибутивная информация. Актуализация БД производится за счет заполнения ее регулярно поступающей новой информацией.

С помощью специальных запросов пользователь может просматривать любые реализованные мероприятия, в любой интересующий год, в любом квартале или выделе. Также разработан специальный модуль, который при необходимости обеспечивает формирование основного документа лесоустроителей «Таксационное описание». Для создания 17 форм Лесного реестра были составлены алгоритмы заполнения и сформированы файлы корректировки. В настоящее время разработана первая версия этой системы, которая проходит апробацию в производственных условиях Архангельского лесничества.

В дальнейшем предполагается создание системы обновления репликаций БД, отработка системы дешифрирования ДДЗ Земли, поступающих из различных источников (мониторинг рубок, пожаров и т.д.) для актуализации БД лесных насаждений. Для снижения трудоемкости непрерывной актуализации БД предложено использовать интеллектуальные методы, в первую очередь, при обработке и дешифрировании ДДЗ, автоматизации актуализации БД. После внедрения, апробации и обеспечения устойчивой работы системы в Архангельском лесничестве запланировано последовательное подключение к настоящему эксперименту других лесничеств Архангельской области. Ведется разработка системы информационной поддержки принятия управленческих решений на основе актуализируемой БД лесных насаждений, которая особенно необходима департаменту лесного комплекса, лесничествам и арендаторам-лесопользователям для эффективного управления территориями усыхающих еловых лесов между речья Северной Двины и Пинеги. Предусмотрена интеграция и обновление основных информационных ресурсов: распределенной БД о лесных насаждениях;

природно-производственных условиях освоения лесов; непрерывно актуализируемого геопортала исследуемых территорий. Источниками информации являются ДДЗ, результаты полевых исследований, сведения о хозяйственной деятельности и др. Решение задач лесопользования, лесоустройства и ряда других основано на использовании единой информационной базы.

Для практической реализации разработанных решений в ИИКТ С(А)ФУ создан комплекс нового программного обеспечения, зарегистрированного в реестре программ для ЭВМ [6, 12]. В 2009 г. на Соловецком архипелаге была проведена всероссийская конференция «Перспективы и направления развития информационных технологий при освоении лесов», на которой участники обсудили план ускоренной практической реализации в Архангельске проекта космического мониторинга лесов европейской части России за счет модернизации технического оснащения и программного обеспечения.

Работы по мониторингу территорий с биоповрежденными усыхающими лесами и использованию полученных данных для ликвидации негативных последствий этих процессов и решения задач комплексной переработки древесины с дефектами носят междисциплинарный характер. Поэтому к инновационной работе по реализации этого проекта привлечены профессорско-преподавательский коллектив, докторанты, аспиранты и студенты ряда институтов С(А)ФУ. Такой подход позволяет кардинально модернизировать процесс обучения в вузе благодаря его совмещению с актуальной исследовательской и производственной деятельностью на основе использования высокотехнологичного оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алешко Р.А., Гурьев А.Т., Торхов С.В.* Программа автоматизированного определения основных таксационных показателей лесов Европейского Севера по данным спутниковых снимков // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2009614299; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 19.06. 2009 г.
2. *Варфоломеев Ю.А.* Использование еловой древесины с биологическими поражениями // Лесн. журн. – 2005. – № 4. – С. 151–153. – (Изв. высш. учеб. заведений).
3. *Варфоломеев Ю.А.* Модернизация производства переработки еловой древесины с биоповреждениями // Лесн. журн. – 2010. – № 4. – С. 142–147. – (Изв. высш. учеб. заведений).
4. *Гурьев А.Т., Алешко Р.А.* К вопросу автоматического дешифрирования аэрокосмических снимков лесных территорий // Современная наука и образование в решении проблем экономики Европейского Севера: материалы Междунар. науч.-техн. конф., посвященной 80-летию АЛТИ–АГТУ. – Архангельск, 2009. – С. 231–233.
5. *Гурьев А.Т., Алешко Р.А.* Обновление совмещенной базы данных картографической и атрибутивной информации лесных насаждений путем автоматизации дешифрирования данных дистанционного зондирования // Земля из космоса – наиболее эффективные решения: сб. тез. 4-й Междунар. конф. (1–3 дек. 2009 г.). – М.: Инженерно-технол. центр «СканЭкс»; НП «Прозрачный мир»; ООО «Издательство БИНОМ», 2009. – С. 233–234.
6. *Гурьев А.Т., Блок А.А.* Система поддержки принятия решений по выбору комплекса лесозаготовительных машин с учетом природно-производственных условий эксплуатации // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2010612294; зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ 26.03.2010 г.
7. *Гурьев А.Т.* Основные принципы и методы создания достоверных, непрерывно актуализируемых баз данных о лесном фонде // Дистанционные методы в лесоустройстве и учете лесов, приборы и технологии: материалы Всерос. совещания-семинара с международным участием (Красноярск, 28 сент. – 1 окт. 2005 г.). – Красноярск: Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2005. – С. 39–42.

8. Гурьев А.Т., Торхов С.В., Трубин Д.В. Вопросы информационного обеспечения процессов лесного сектора // Лесн. журн. – 2004. – № 3. – С. 125–134. – (Изв. высш. учеб. заведений).
9. Комплексная система для поддержки принятия решений в задачах управления регионом на основе космического мониторинга / А.Т. Гурьев [и др.] // Наука – Северному региону: сб. науч. тр. – Архангельск: С(А)ФУ, 2010. – Вып. 83. – С. 202–206.
10. Определение масштабов усыхания хвойных лесов Европейского Севера по данным спутниковых наблюдений / Н.В. Девятова [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – Т. II. – Москва, 2007. – С. 204–211.
11. Оценка повреждений лесов сибирским шелкопрядом в Центральной Якутии по данным спутрорадиометра MODIS-TERRA / Н.В. Девятова [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – Т. II. – Москва, 2006. – С. 306–314.
12. Распределенная информационная система управления лесными ресурсами // А.Т. Гурьев [и др.] // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 20100612295; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 26.03.2010 г.
13. Региональный центр космического мониторинга / О.В. Майданович [и др.] // Научно-технические аспекты совершенствования эксплуатации существующих и испытаний перспективных образцов ракетно-космической техники в современных условиях: сб. тр. XXVII Межведомственной науч.-техн. конф. космодрома «Плесецк». – 1-й ГИК МО РФ, 2010. – С. 46–48.
14. Сухих В.И. Аэрокосмические методы в лесном хозяйстве и ландшафтном строительстве: учеб. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005. – 392 с.
15. Функциональное моделирование лесного хозяйства / А.Т. Гурьев [и др.] // Лесн. журн. – 2004. – №1. – С. 135–144. – (Изв. высш. учеб. заведений).
16. Цветков В.Ф., Цветков И.В. Структурная перестройка старовозрастных ельников Архангельской области в результате их массивированного пятнистого усыхания // Хвойные леса северных широт: от исследований к экологически ответственному лесному хозяйству: сб. НИИЛеса Финляндии. – Колари, 2009. – С. 144–134.
17. Черепанов А.С., Дружинина Е.Г. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы // Геоматика. – 2009. – № 3. – С. 28–32.
18. Черепанов А.С. Технология выявления медленных изменений в лесах по мультиспектральным космическим снимкам (на примере вымокания лесов) // Геоматика. – 2009. – № 3. – С. 66–75.

Yu.A. Varfolomeev, A.T. Guriev, R.A. Aleshko

Northern (Arctic) Federal University

Methodical and Technical Aspects of Space Monitoring of Biodeterioration and Drying of Spruce Forests

A set of methods and technical means for on-line precision monitoring of Arkhangelsk region spruce forests damaged by pests is developed and approved. The research base development for providing on-line satellite images of different resolution for European Russia forests is described. The methods of satellite images processing of drying spruce forests with biodeterioration are improved. The integrated, distributed information system of decision-making support for the efficient forest management is established.

Keywords: biodeterioration, drying, spruce, pigmentation, satellite images, monitoring.
