

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

АРХАНГЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

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

5

2004

ИЗДАТЕЛЬ – АРХАНГЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

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

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

проф. **Е.Д. Гельфанд**, проф. **И.И. Гусев**, проф. **Р.Е. Калитеевский**, акад. РАСХН **Н.И. Кожухов**, проф. **А.А. Камусин**, проф. **В.И. Комаров**, проф. **В.С. Куров**, проф. **Н.В. Лившиц**, проф. **В.И. Мелехов**, проф. **М.Д. Мерзленко**, проф. **Е.Г. Мозолевская**, **В.В. Мусинский**, доц. **О. А. Неволин**, проф. **А.Н. Обливин**, проф. **В.И. Онегин**, проф. **Г.С. Ощепков**, проф. **А.В. Питухин**, проф. **В.К. Попов**, проф. **С.М. Репях**, проф. **В.П. Рябчук**, проф. **Э.Н. Сабуров**, проф. **Е.Н. Самошкин**, проф. **В.Г. Санаев**, проф. **В.И. Санев**, проф. **В.А. Суслов**, проф. **Ф.Х. Хакимова**, проф. **В.Я. Харитонов**, проф. **Г.А. Чибисов**, проф. **Х.-Д. Энгельманн**

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

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 5

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

Сдан в набор 08.09.2004. Подписан в печать 26.10.2004.
Форм. бум. 70×108 1/16. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 13,6. Усл. кр.-отт. 13,6.
Уч.-изд. л. 16,9. Тираж 1000 экз.
Архангельский государственный технический университет

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

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



СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- В.А. Соловьев, С.В. Николаев.* Роль лесного сектора в бюджете углерода Ленинградской области 7
- Н.Ю. Жидкова.* Методический подход к эколого-экономической оценке природно-ресурсного потенциала городских лесов..... 16
- И.А. Лиханова.* Культуры ели на рекультивированных землях Усинского нефтяного месторождения 20
- С.М. Лазарева.* Краткие итоги интродукции хвойных в Ботаническом саду МарГТУ..... 25
- А.М. Тараканов.* Ход роста модальных сосновых и еловых древостоев на осушаемых землях Европейского Севера..... 32
- Л.А. Коваленко.* Оценка состояния почвенных экосистем лесных биогеоценозов на техногенных территориях промышленных районов..... 42

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

- В.С. Морозов.* Математическая модель для расчета толщины оснований зимних автомобильных дорог на болотах..... 55
- В.К. Курьянов, Д.Н. Афоничев.* Параметры сборных покрытий лесовозных автомобильных дорог..... 62
- П.Ф. Войтко.* Методика и результаты производственных испытаний передвижных и переносных торцевывравнивателей на рейдах приплава лесопромышленных предприятий..... 68

*МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ*

- Н.В. Вилейшикова, В.Б. Снопков, Н.А. Белясова.* Экспресс-метод испытания защитных средств для древесины..... 77
- А.В. Старкова.* Раскрой параболической зоны бревна на заготовки..... 83
- У.У. Сугаипов.* Математическая модель процесса электрокинетической пропитки древесины..... 89
- А.Д. Голяков, Ю.Ф. Воронцов.* Специализация лесопильных заводов..... 94

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- Ю.Д. Алашкевич, В.И. Ковалев, А.И. Невзоров, В.П. Барановский, Г.С. Сакаш.* Эффект трансформирования малоскоростной струи суспензии в высокоскоростную 98
- Н.И. Яблочкин, В.И. Комаров.* Различия в механическом поведении картоновлайнеров, произведенных из первичного или вторичного волокна..... 105

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- М.Д. Каргополов, В.Н. Мякишин.* Исследование производства и распределения продукции регионального лесопромышленного комплекса на основе межпродуктового баланса..... 111

<i>Л.В. Щеголева.</i> Математическая модель задачи оптимизации производства и потребления древесного сырья в лесопромышленном регионе.....	117
<i>М.В. Лосев, А.И. Смирнова.</i> Совершенствование системы планирования в лесном хозяйстве.....	120
<i>МЕТОДИКА И ПРАКТИКА ПРЕПОДАВАНИЯ</i>	
<i>О.М. Соколов, Ю. А. Варфоломеев, А. Н. Федотов.</i> Научная и практическая подготовка в АГТУ специалистов по сохранению историко-архитектурных памятников.....	128
<i>КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ</i>	
<i>Н.И. Яблочкин, В.И. Комаров.</i> Влияние анизотропии структуры на деформационные и прочностные характеристики тест-лайнера.....	133
<i>В.М. Максимов.</i> Создание устойчивых к корневой губке насаждений сосны обыкновенной с учетом состава эфирного масла хвои.....	136
<i>ЮБИЛЕИ</i>	
<i>В.Г. Санаев, А.Н. Обливин, коллектив кафедры транспорта леса Московского государственного университета леса.</i> Юбилей А.Н. Пименова.....	140
<i>О.М. Соколов.</i> Юбилея «Лесного журнала».....	142
<i>О.М. Соколов.</i> Юбилей Архангельского государственного технического университета.....	143



CONTENTS

FORESTRY

- V.A. Solovjev, S.V. Nikolaev.* Role of Forest Sector in Carbon Balance of the Leningrad Region..... 7
- N.Yu. Zhidkova.* Methodical Approach to Ecological-and-economic Evaluation of Nature-and-resource Potential of Municipal Forests..... 16
- I.A. Likhanova.* Spruce Culture on Reclaimed Soils of Usinsk Oilfield..... 20
- S.M. Lazareva.* Brief Results of Coniferous Plants Introduction in the Botanic Garden of Mari State Technical University..... 25
- A.M. Tarakanov.* Growth Progress of Modal Pine and Spruce Stands on Drainage Areas of the European North..... 32
- L.A. Kovalenko.* Assessment of Soil Ecosystem State for Forest Biogeocenoses on Technogenic Territories in Industrial Regions..... 42

WOODEXPLOITATION

- V.S. Morozov.* Mathematical Model for Estimating Bed Thickness of Winter Highways on Bogs..... 55
- V.K. Kuryanov, D.N. Afonichev.* Parameters of Prefabricated Surfacing for Wood Tracks..... 62
- P.F. Vojtko.* Technique and Results of Production Testing of Mobile and Portable Butt Edgers in Log Receiving Ports of Forest-industrial Enterprises..... 68

MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOODSCIENCE

- N.V. Vileishikova, V. B. Snopkov, N. A. Belyasova.* Express-method for Testing Wood-protective Agents..... 77
- A.V. Starkova.* Sawing of Log Parabolic Zone into Workpieces..... 83
- U.U. Sugaipov.* Mathematical Model of Electrokinetic Wood Impregnation Process. 89
- A.D. Golyakov, Yu.F. Vorontsov.* Specialization of Sawmills..... 94

CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD

- Yu.D. Alashkevich, V. I. Kovalev, A. I. Nevzorov, V. P. Baranovsky, G. S. Sakash.* Transformation Effect of Low-speed Suspension Jet into High-speed Jet..... 98
- N.I. Yablochkin, V.I. Komarov.* Differences in Mechanical Behavior of Cardboard-liners Produced from Primary and Secondary Fiber..... 105

ECONOMICS AND MANAGEMENT

- M.D. Kargopolov, V.N. Myakshin.* Production and Distribution Study of Regional Forest Industry Products on Interproduct Balance Basis..... 111
- L.V. Shchegoleva.* Mathematical Optimization Model of Wood Raw Material Production and Consumption in Forest-industrial Region..... 117
- M.V. Losev, A.I. Smirnova.* Improvement of Planning System in Forestry..... 120

METHODS AND PRACTICAL EXPERIENCE OF TEACHING

- O.M. Sokolov, Yu. A. Varfolomeev, A. N. Fedotov.* Scientific-practical Training of Specialists in Preservation of Historical-and-architectural Monuments at ASTU..... 128

SUMMARIES AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

- N.I. Yablochkin, V.I. Komarov.* Influence of Structure Anisotropy on Deformational and Strength Characteristics of Test-liner..... 133
- V.M. Maksimov.* Development of Scots Pine Stands Resistant to Pine Fungus Based on Composition of Needle Volatile Oil..... 136

JUBILEES

- V.G. Sanaev, A.N. Oblivin, Staff of Wood Transport Department of Moscow State Forest University.* Jubilee of A.N. Pimenov 140
- O.M. Sokolov.* Members of the Editorial Board of «Lesnoi Zhurnal» celebrating their Jubilee..... 142
- O.M. Sokolov.* Jubilee of Arkhangelsk State Technical University 143
-
-



ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630*

В.А. Соловьев, С.В. Николаев

Соловьев Виктор Александрович родился в 1935 г., окончил в 1958 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой общей экологии, анатомии и физиологии растений С.-Петербургской государственной лесотехнической академии, действительный член РАЕН, Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности. Имеет более 150 печатных работ в области ксилобиологии.



Николаев Сергей Викторович родился в 1962 г., окончил в 1984 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат биологических наук, доцент кафедры общей экологии, анатомии и физиологии растений С.-Петербургской государственной лесотехнической академии. Имеет 20 печатных трудов в области экологии и биотехнологии.

**РОЛЬ ЛЕСНОГО СЕКТОРА В БЮДЖЕТЕ УГЛЕРОДА ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

Разработана методика оценки депонирования С при лесозаготовках в порубочных остатках на лесосеке, а также в продуктах и отходах переработки за 50 лет. Предложена математическая модель, позволяющая оценивать пулы С и его эмиссию в атмосферу для каждой фракции продуктов и отходов.

Ключевые слова: депонирование углерода, скорость эмиссии в атмосферу, стационарные состояния пулов углерода.

Леса служат источником древесного сырья для промышленности. Вследствие рубки и вывозки древесины в лесных экосистемах уменьшается количество углерода (С). Изъятый С частично остается в продуктах на основе древесины, частично в виде отходов захоранивается на более или менее продолжительное время, двуокись углерода CO_2 возвращается в атмосферу после биологического разложения или сжигания отходов и древесных продуктов. Соотношение этих потоков с учетом продуктивности лесных экосистем, поглощающих С из атмосферы, характеризует роль лесов, древесных продуктов и отходов в секвестровании атмосферного С.

В последнее время баланс С изучается с различной детализацией в разных временных и пространственных масштабах, с особым вниманием к пулам и потокам С в лесных экосистемах. Некоторые работы включают результаты исследования пулов и потоков С, связанных с рубкой древостоя [5, 7] и получением древесных продуктов [6, 8–12]. Для условий России балансовые потоки вещества в технологических процессах лесного комплекса впервые оценил А.И. Киприанов [2]. Эмиссия С за счет лесозаготовки, обработки древесины и использования продукции в 1989 г. подсчитана А.И. Исаевым и др. [1].

Цель данной работы – определить вклад лесозаготовительной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности в основные пулы и потоки С, первоначально находившегося в веществе древесины. Анализ ограничен последним полувеком и современными границами Ленинградской области, окончательно оформленными в 1944 г.

Основой для расчета пулов и потоков С служат данные об объемах древесины (в плотных кубометрах), вывозимой из леса, и количестве получаемой основной продукции, опубликованные в сборниках ЦСУ СССР. Сведения, относящиеся к последнему десятилетию, получены из публикации Комитета по лесопромышленному комплексу при губернаторе Ленинградской области [3]. Используются также неопубликованные данные о структуре потребления древесины и технологическим особенностям переработки древесины на предприятиях Ленинградской области и г. С.-Петербурга.

Извлечение массы С из леса вычисляли на основе состава древостоев, базисной плотности древесины основных лесобразующих пород при 50 %-м содержании С в сухом веществе, а также объемов ежегодной вывозки. Пулы и потоки С, связанные с продуктами переработки древесного сырья и отходами, рассчитывали, исходя из сортиментной структуры продуктов переработки и статистических данных об их выходе с учетом нормативов отходов. Пулы и потоки С, принятые в настоящей работе, и скорость эмиссии С вследствие экспоненциального разложения лесных продуктов и отходов показаны в табл. 1. Для более наглядного представления о скорости эмиссии указано также время разрушения на 50 ($t_{0,5}$) и 95 % ($t_{0,95}$).

Не все принятые величины достаточно обоснованы, поскольку зависят не только от материала, но и от условий службы или разложения. Известно, например, что древесные опилки разлагаются быстро в лесных условиях, но очень медленно в отвалах. Деревянная тара, в больших объемах эксплуатировавшаяся до 1990-х гг., служила недолго вследствие сжигания. Рудничная стойка также эксплуатируется недолго, иногда несколько месяцев, и пораженная грибами сжигается, но часть ее остается в горных выработках на десятилетия. Дрова не сжигаются в год заготовки, а сохраняются иногда в течение нескольких лет.

Общее представление о времени службы деревянных конструкций и сооружений дают «Нормы амортизационных отчислений на полное восстановление основных фондов народного хозяйства СССР», утвержденные по-

Таблица 1

Пулы и скорость эмиссии С (k) вследствие экспоненциального разложения продуктов и отходов и время их разложения на 50 % ($t_{0,5}$) и на 95 % ($t_{0,95}$)

Пулы	k	$t_{0,5}$	$t_{0,95}$
Лесосечные отходы после заготовки и вывозки древесины и дрова топливные:			
Крупные древесные остатки (пни, отрезки ствола, корни крупные) хвойных древесных пород	0,04	17	75
То же лиственных пород	0,06	12	50
Мелкие древесные остатки (сучья, ветви, вершины), оставляемые на лесосеке	0,08	8,7	37
Корни мелкие, опилки на лесосеке	0,10	6,9	30
Древесная зелень, кора ветвей, сучьев, вершин (в основном флэзма)	0,20	3,5	15
Дрова топливные и мелкие древесные остатки, сжигаемые на лесосеке	0,40	1,7	7,5
Продукты:			
Пиломатериалы	0,04	17	75
Изделия из пиломатериалов	0,01	69	300
Тара	0,02	35	150
Фанера	0,01	69	300
Древесностружечные плиты (ДСтП)	0,01	69	300
Древесноволокнистые « (ДВП)	0,01	69	300
Строительный лес	0,02	35	150
Рудничная стойка	0,02	35	150
Целлюлоза сульфитная и сульфатная	0,02	35	150
Древесная масса	0,02	35	150
Отходы:			
Кора стволов (в основном корка)	0,02	35	150
Отходы древесные лесопиления, деревообработки и целлюлозно-бумажного производства, не вошедшие в состав продуктов:			
вывозимые в отвалы	0,01	69	300
используемые в сельском хозяйстве	0,20	3,5	15
сжигаемые	0,40	1,7	7,5
продукты и отходы глубокой химической переработки	0,40	1,7	7,5

становлением СМ СССР 22.10.1990 (№ 1072). Время службы закрытых сооружений как величина, обратная норме амортизационного отчисления, равно: для жилых зданий с деревянными рублеными или брусчатыми стенами – 50 лет, для производственных и непромышленных, каркасных, щитовых зданий – 20 лет. Время службы открытых сооружений, таких как мосты деревянные, плотины, мачты деревянные, колодцы, заборы, – от 12

до 20 лет. При капитальных ремонтах древесина вторично не используется и обычно сжигается.

Отходы химической переработки, несмотря на различные пути их использования, имеют общую особенность – сравнительно быстро разлагаются. После сульфитной варки целлюлозы образуются сульфитные щелока, используемые для получения этилового спирта и (или) дрожжей, а также товарных лигносульфонатов; часть из них сжигается. После сульфатной варки получают черные щелока, большей частью сжигаемые для регенерации химикатов. Часть органических веществ целлюлозно-бумажного производства попадает в системы биологической очистки. Удельную скорость разложения некоторых продуктов (за исключением целлюлозы, древесной массы и продуктов на их основе) и всех отходов химической переработки принимаем равной 0,40.

Изменение каждого i -го пула C можно представить в виде схемы:

$$\xrightarrow{dV_i/dt} a_i \xrightarrow{k_i} ,$$

где dV/dt – скорость поступления C в соответствующий пул, содержащий C в количестве a_i ; задается, исходя из статистических материалов;

k_i – константа эмиссии C в атмосферу вследствие экспоненциального разрушения материала, содержащего C ; задается, исходя из скорости разрушения или сроков службы материала (табл.1).

Изменение запасов C в пуле a_i описывают дифференциальным уравнением

$$da_i/dt = dV_i/dt - k_i a_i,$$

а запас C в пуле a_i во время t находят интегрированием этого уравнения. Поскольку dV_i/dt , в свою очередь, зависит от времени сложным образом, аналитическое решение в общем случае невозможно. В данной работе выполнено численное интегрирование по методу Эйлера с шагом в 1 год. При отсутствии данных по каждому году dV_i/dt определяют интерполяцией между известными значениями, обычно приходящимися на конец каждой пятилетки. Этот способ оправдан тем, что при плановой экономике резких изменений по годам в течение длительного времени не происходило.

Со временем в каждом пуле устанавливается стационарное состояние \bar{a}_i , определяемое из условия $da_i/dt = 0$:

$$\bar{a}_i = 1/k_i \cdot dV_i/dt.$$

Как видно из последнего уравнения, стационарное состояние i -го пула не зависит от его начального значения, но зависит от скоростей k_i и dV_i/dt . Теоретически в каждый год можно вычислить стационарное состояние, достигаемое при $t \rightarrow \infty$. Практически в некоторых изученных нами случаях оно достигается за десятилетия.

Динамика вывозки углерода в деловой древесине и дровах. После Великой Отечественной войны количество вывозимого С увеличивалось до 1954 г., затем стабилизировалось на уровне примерно 1,3 ... 1,4 Тг/год до 1987 г., после чего резко снизилось, в 1994 г. до уровня 1945 г. В последние годы XX в. вывозка С возросла вплоть до величин, превышающих после 2000 г. ранее наблюдавшиеся стабильные (рис.1) [3].

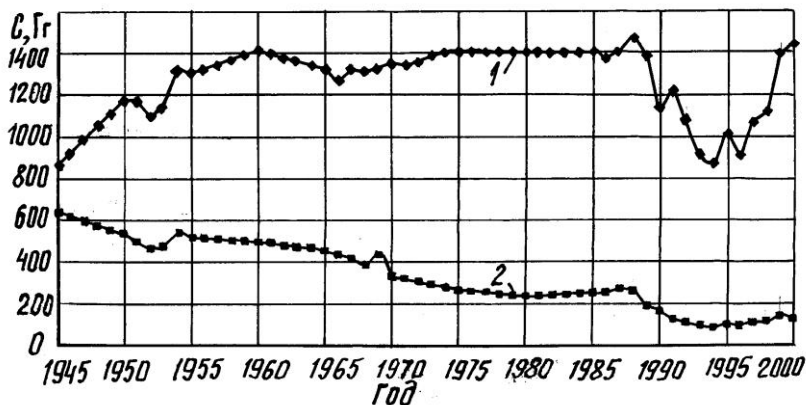


Рис. 1. Вывозка С деловой древесины (1) и дровяного топлива (2) по годам

Депонирование С в порубочных остатках и дровах. В некоторых случаях количество С выходит на стационарный уровень, как в пулах мелких корней, древесной зелени, крупных остатков лиственных пород. В других пулах оно продолжало бы повышаться, но в связи с резким падением вывозки древесины в 1990-е гг. снижалось, как в пулах крупных остатков хвойных пород, мелких остатков, мелких корней.

Наибольшее количество С депонируется в крупных древесных остатках хвойных пород (около 3,5 Тг С) (рис. 2), наименьшее – в древесной

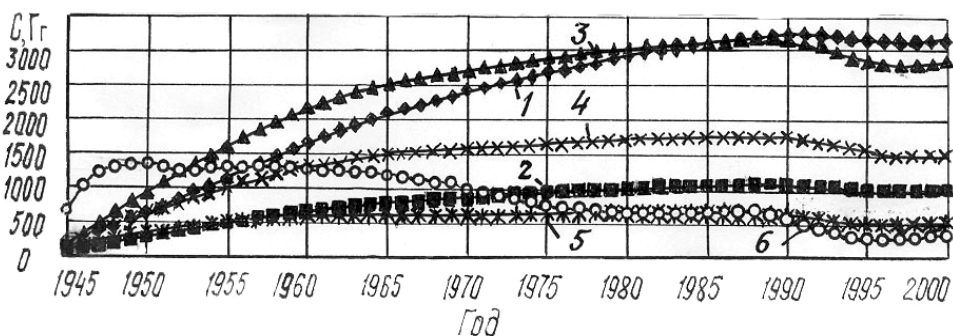


Рис. 2. Депонирование С в порубочных остатках на лесосеке и в дровах: 1 – крупные древесные остатки хвойных пород; 2 – то же лиственных пород; 3 – мелкие древесные остатки, оставляемые на лесосеке; 4 – корни мелкие, опилки на лесосеке; 5 – древесная зелень, кора ветвей, сучьев, вершин (в основном флоэма); 6 – дрова топливные и мелкие древесные остатки, сжигаемые на лесосеке

зелени, коре ветвей, сучьях, вершинах (более 0,5 Тг С). Суммарное увеличение пулов С в порубочных остатках достигло почти стационарного состояния (10 Тг С) примерно к 1990 г. Особенно большое количество С выделяется в атмосферу при заготовке и сжигании дров, а количество остающегося в дровах С ничтожно мало.

Депонирование С в продуктах переработки древесины. Количество С в пиломатериалах достигло стационарного состояния в 1980-е гг. и затем начало снижаться (рис. 3). Эмиссия С в атмосферу за счет этого значительно возросла. Количество С в изделиях из пиломатериалов и таре без учета их разложения практически одинаково, однако в изделиях С депонируется в значительном количестве, с выходом в стационарное состояние, в то время как в таре существенно меньше с более ранним выходом в стационарное состояние и последующим снижением. В фанере, ДСтП и ДВП различия в величине пула С сравнительно невелики, наибольшее количество депонируется в ДСтП (1,7 Тг), наименьшее – в ДВП (0,35 Тг). Наблюдается четкий перелом в депонировании С в фанере и ДСтП со снижением величины пула в 1990-е гг. Депонирование С в ДВП вышло на стационарный уровень. Величина пула С в строительном лесе постоянно увеличивалась, достигнув в 2000 г. почти 2 Тг; напротив, пул С в рудничной стойке в 1980-е гг. достиг стационарного состояния (более 0,25 Тг) с последующим снижением в 1990-е гг. Химическая переработка древесного сырья приводит к депонированию С в значительных количествах в целлюлозе (свыше 5,5 Тг к началу 1990-х гг.) и древесной массе (почти 1,0 Тг).

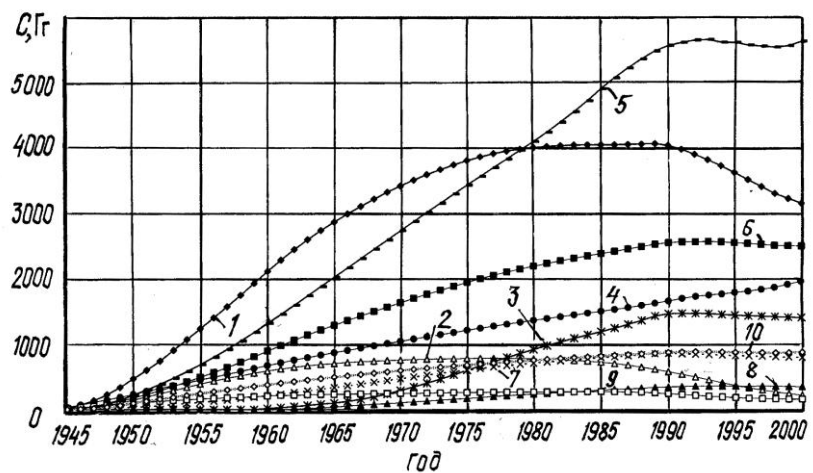


Рис. 3. Депонирование С в продуктах переработки древесины: 1 – пиломатериалы; 2 – тара; 3 – ДСтП; 4 – строительный лес; 5 – целлюлоза сульфитная и сульфатная; 6 – изделия из полуфабрикатов; 7 – фанера; 8 – ДВП; 9 – рудничная стойка; 10 – древесная масса

Суммарное накопление С во всех продуктах переработки древесного сырья достигло 18 Тг и более к началу 1990-х гг. с последующим снижением до 17 Тг к 2000 г.

Депонирование С в отходах переработки древесного сырья. Увеличение пула С значительно в отходах коры (до 5 Тг в 2000 г.) и древесных отходах, вывозимых в отвалы (почти 4 Тг в начале 1990-х гг.) (рис. 4). Остальные отходы в основном быстро выделяют С в атмосферу за счет сжигания или разложения в очистных сооружениях, так что соответствующие пулы не достигают 1 Тг. Пул С в отходах суммарно достиг максимума 10,4 Тг к концу 1980-х гг. и в 1990-е гг. незначительно снижался. При сравнении суммарных пулов видно, что количество С в лесосечных отходах и отходах от предобработки древесного сырья примерно одинаковы (около 10,5 Тг). Наибольшее количество С накапливается в продуктах переработки (свыше 18 Тг). Из общего количества вывезенного С примерно 70 Тг в продуктах и отходах связано около 28,5 Тг С, т. е. 41 %. Остальные 59 % С попадали в атмосферу.

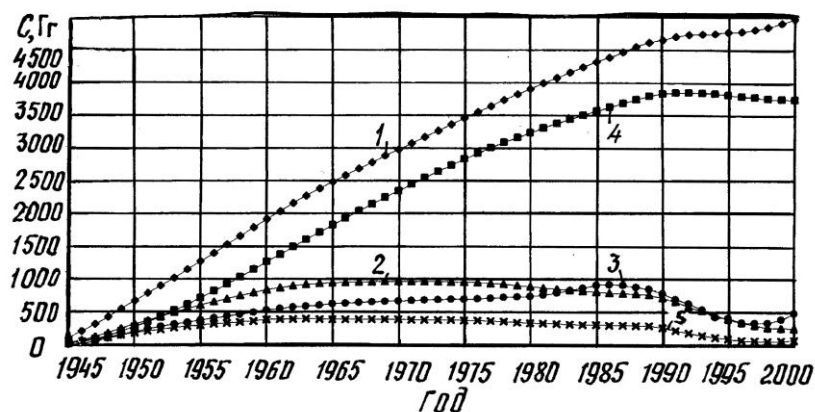


Рис. 4. Депонирование С в отходах, находящихся в естественных условиях разложения: 1 – кора стволов (корка); 2 – используемые в сельском хозяйстве; 3 – продукты и отходы глубокой химической переработки; 4 – вывозимые в отвалы; 5 – сжигаемые

Суммарное депонирование С в результате заготовки и переработки древесного сырья. Хотя суммарно количество С в вывозимой древесине почти линейно возрастало, пулы С в порубочных остатках, продуктах переработки и отходах пришли в стационарное состояние (или близкое к нему) в конце 1980-х – начале 1990-х гг. Почти во всех случаях (кроме дров, строительного леса и коры стволов) наблюдается период длительной стабилизации пула. Среди лесосечных отходов больше всего С накапливается в крупных остатках хвойных пород (3,3 Тг), затем по мере снижения количества С – в мелких древесных остатках (3,2 Тг), корнях мелких и опилках (1,8 Тг), крупных остатках лиственных пород (1,0 Тг) и древесной зелени (более

Таблица 2

Баланс углерода

Потоки	1989		2000	
	Тг	%	Тг	%
Поступление (нарастающим итогом):				
Вывозка	58,80	53,4	70,90	54,4
Образование лесосечных отходов	51,22	46,6	59,37	45,6
Итого	110,02	100,0	130,27	100,0
Депонирование:				
Продукты	18,02	16,4	17,03	13,1
Отходы переработки	10,36	9,4	9,55	7,3
Лесосечные отходы	10,43	9,5	9,43	7,2
Итого	38,81	35,3	36,02	27,6

0,6 Тг). Количество С в дровах после достижения его максимума с конца 1940-х гг. до середины 1960-х гг. неуклонно снижалось.

В табл. 2 представлено сравнение конечных результатов лесозексплуатации и переработки древесного сырья за период 1945–1989 гг. (до спада вывозки С) и 1945–2000 гг.

Как видно из таблицы, за последнее десятилетие снижались запасы С в продуктах, отходах переработки, лесосечных отходах. Однако к концу XX в. примерно 1/3 поступившего с 1945 г. С осталось аккумулированным (к 1989 г. – 35,3, к 2000 г. – 27,6 %). Это 13 % от 276,2 млн т С [4], ассимилированного во всех насаждениях Ленинградской области к 2000 г. Роль лесной и деревообрабатывающей промышленности в депонировании С в перспективе может быть более ощутимой, если не сжигать промышленные отходы и получит развитие глубокая переработка древесины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Исаев А.С.* Экологические проблемы поглощения углекислого газа посредством лесовосстановления и лесоразведения в России: аналитический обзор / А.С. Исаев [и др.]. – М.: Центр экологической политики России, 1995. – 156 с.
2. *Киприанов А.И.* Рациональное использование сырья и безотходная технология на примере организации лесного комплекса / А.И. Киприанов // Рациональное использование природных ресурсов и охрана окружающей среды. – Л.: Изд. ЛПИ, 1987. – Вып. 10. – С. 91–96.
3. Комитет по лесопромышленному комплексу при губернаторе Ленинградской области: обзор лесной промышленности Ленинградской области, 1998. – 24 с.
4. *Трейфельд Р.Ф.* Динамика запасов углерода в живой биомассе лесов Ленинградской области / Р.Ф. Трейфельд, К.И. Кобак, А.В. Грязькин // Динамика запасов углерода в лесах Северо-Запада: экология, экономика и политика: матер. Междунар. науч.-техн. конф. / Под ред. С.Е. Грязнова. – СПб.: СПбГЛТА, 2003. – С. 21–38.

5. *Böswald K.* Present and future options of forests and forestry for CO₂ – mitigation in Germany / K. Böswald // Carbon dioxide mitigation in forestry and wood industry. – Berlin: Springer, 1998. – P. 135–151.

6. *Dewar C.R.* Carbon sequestration in the trees, products and soil of forest plantation: an analysis using UK examples / C.R. Dewar, M.G.R. Cannel // Tree Physiology. – 1992. – 11. – P. 49–71.

7. *Harmon M.E.* Effects on carbon storage of conversion of old-growth forest to young forests / M.E. Harmon, W.K. Ferrell, T.F. Franklin. // Science. – 1990. – 247. – P. 699–702.

8. *Harmon M.E.* Modeling historical patterns of tree utilization in the pacific northwest: carbon sequestration implications / M.E. Harmon, S.L. Garman, W.K. Ferrell // Ecological Application. – 1996. – 6(2). – P. 641–652.

9. *Harmon M.E.* Modeling carbon stores in Oregon and Washington forest products: 1990 – 1992 / M.E. Harmon, J.M. Harmon, W.K. Ferrell, D. Brooks // Climatic Chang. – 1996. – 33. – P. 521–550.

10. *Karjalainen T.* Role of wood-based products in absorbing atmospheric carbon / T. Karjalainen, S. Kellomäki, A. Pussinen // Solva Fennica. 1994. – 28(2). – P. 67–80.

11. *Kurz W.A.* The carbon budget of the Canadian forest sector. Phase I. Forestry Canada, Northwest Region, Northern Forestry Center, Information Report NOR-X-322 / W.A. Kurz, M.J. Apps, T.M. Webb, P.J. McNamee. – Edmonton: Alberta, 1992. – 93 p.

12. *Row C.* Tracing the flow of carbon through U.S. forest product sector / C. Row, R.B. Phelps // Presentation at the 19th World Congress, IUFRO, Monreal, Canada, August 5-11, 1990. – 13 p.

С.-Петербургская государственная
лесотехническая академия

Поступила 16.04.03

V.A. Solovjev, S.V. Nikolaev

Role of Forest Sector in Carbon Balance of the Leningrad Region

Estimation technique for carbon deposition under forest-harvesting in felling residues on the logging site has been developed, as well as in products and wastes of processing over 50 years. Mathematic model allowing to estimate carbon storage and its emission into atmosphere for every fraction of products and wastes has been suggested.

УДК 630*2: 630*652

Н.Ю. Жидкова

Жидкова Надежда Юрьевна родилась в 1978 г., окончила в 2000 г. Архангельский государственный технический университет, в 2001 г. Всероссийский заочный финансово-экономический институт, кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры финансов и кредита АГТУ. Имеет 18 печатных работ по определению стоимостной оценки городских земель и экономического ущерба от загрязнения окружающей среды.



МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ГОРОДСКИХ ЛЕСОВ

Исследовано состояние естественных лесных насаждений, находящихся в городской черте. Показана необходимость их эколого-экономической оценки вследствие усиления антропогенного влияния на окружающую среду.

Ключевые слова: городские леса, санитарное состояние, дехромация, дефолиация, эколого-экономическая оценка.

Роль и значение лесов Европейского Севера трудно переоценить. С одной стороны, это достаточно близкий, доступный для потребителей ресурс древесины и многих других ценных лесных продуктов. С другой, лесная растительность – важная составляющая природной среды, которая оказывает огромное влияние на биосферу, имея наибольшие абсолютные запасы живого органического вещества.

В пределах городской черты Архангельска имеются леса I группы, где лесохозяйственные работы осуществляет Архангельский лесхоз. Общая покрытая лесом площадь составляет 6246 га, наибольшие массивы (3254 га) располагаются в Маймаксанском округе [9]. Преобладающей древесной породой является сосна, которая занимает 48 % лесопокрытой площади (3029,1 га). Отмечено высокое содержание лиственных пород: березы – 22, ивы – 15 %. Условия местопроизрастания массивов свидетельствуют о высокой доле сфагновой группы типов леса (44 %).

Нами исследовано состояние деревьев в сосняках осоково-сфагновых VII класса возраста, V класса бонитета в Маймаксанском округе, квартал 41, выделы 13 и 14. Для выявления результатов антропогенной нагрузки заложено 8 пробных площадей (табл. 1), на которых выполнено таксационное описание общепринятыми методами [1, 5, 6].

Состояние деревьев определяли по сумме биоморфологических признаков с учетом степени дефолиации и дехромации [2, 10, 12, 13, 16]. Подрост подразделяли на категории высоты и качества по И.С. Мелехову [9, 11]. Успешность естественного возобновления оценивали по шкале П.Н. Львова и Л.Ф. Ипатова [8].

Таблица 1

Таксационная характеристика пробных площадей

№ пробной площади	Состав древостоя	Порода	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Абсолютная полнота, м ² /га	Относительная полнота	Запас, м ³ /га
1	9С1Б+Ол	С	19	16	22,2	0,71	175,33
		Б	20	10	1,5	0,08	7,84
2	9С1Б	С	19	15	23,5	0,78	176,44
		Б	16	10	2,4	0,13	12,71
3	6С4Б	С	15	16	6,5	0,21	52,08
		Б	14	16	5,4	0,20	41,60
4	8С2Б	С	16	15	6,3	0,21	47,46
		Б	16	15	2,2	0,09	16,83
5	6С4Б	С	15	16	13,8	0,44	109,10
		Б	13	10	11,5	0,62	60,80
6	7С3Б	С	15	14	16,0	0,56	114,20
		Б	13	13	8,8	0,39	116,60
7	9С1Б	С	14	12	35,6	1,36	221,70
		Б	12	11	1,4	0,07	5,75
8	9С1Б	С	14	11	29,0	1,18	169,90
		Б	12	11	2,3	0,11	12,60

Основой эколого-экономической оценки экосистем является комплексная продуктивность земель лесного фонда, выраженная в стоимостной форме [4]. В методике оценки ресурсов средозащитных функций лесов используется система коэффициентов [7, 14]. Система натуральных и стоимостных исходных нормативов позволяет учесть и дифференцировать оценку по лесорастительным условиям (типам леса), лесоводственно-таксационным особенностям насаждений (порода, запас насаждений на 1 га, средний диаметр, средний объем хлыста, класс товарности, потенциальная продуктивность по древесине, ресурсы прижизненного и побочного пользования лесом, возраст спелости и др.), производственно-экономическим условиям (рыночные цены, себестоимость, районный и северный коэффициенты, уровень рентабельности, расстояние вывозки и др.).

В целях сокращения объема итоговых оценочных показателей можно применять метод построения сравнительно компактных нормативов [15]. При этом показатели приводятся для базисных условий (дающих наибольшую оценку). Для других условий рассчитаны поправочные коэффициенты, что позволяет оценить ресурсы для любого выдела (лесничества, лесхоза) без сложных расчетов.

Актуальность и необходимость таких нормативов бесспорна, так как практическое применение их позволит определить эффективность использования лесных ресурсов; их ценность в составе национального богатства территории и отдельных районов; эколого-экономический ущерб, наносимый лесными пожарами, болезнями, хозяйственной деятельностью человека.

Достаточно объективным способом оценки экосистемы является энергетический подход, предложенный В.Н. Большаковым и др. [3]. Он основан на том, что в любой экосистеме все процессы определяются потоком энергии, которая идет от солнца и частично усваивается на разных трофических уровнях в разных соотношениях. Эта методика дает основу для экономической оценки воздействий человека на экосистемы и позволяет в сопоставимых единицах (мощности или денежных) оценить средообразующую функцию биосферы.

Ярким примером антропогенного влияния может служить древостой, подтопление которого произошло в связи с отсыпкой песком близлежащего кладбища «Южная Маймакса». Здоровые деревья сосны здесь составляют менее 70 %, у большинства деревьев наблюдаются дехромация (75 %) и дефолиация (52 %). Резко сократился предельный возраст хвои на терминальном побеге: у 67 % деревьев он равен 1 году, у 33 % вообще нет хвои текущего года.

О результатах антропогенного влияния свидетельствует и количество подроста, который представлен сосной (18 %), елью (18 %), березой (64 %). Возобновление хвойными породами 500 шт./га и менее характеризуется как неудовлетворительное.

Широкое использование лесных ресурсов оказывает прямое воздействие на воздух, воду, почву, животный мир и другие компоненты природного комплекса. Поэтому любая деятельность, наносящая ущерб экосистемам, должна оцениваться в единых и общих показателях, чтобы определить, вред или пользу получит общество от данной хозяйственной деятельности.

При практических расчетах эколого-экономической оценки 1 га лесного массива в городской черте наблюдается резкое различие результатов по стоимости. Согласно системе натуральных и стоимостных исходных нормативов, относительный коэффициент, учитывающий базисные условия, нормативную рентабельность, запас, районный и северный коэффициенты, расстояние перевозки, равен 16,49; оценка древесины на 1 га – 5308,25 р., с учетом средозащитных и рекреационных функций – 37157,78 р.; оценка 1 га земли – 2800 р.; с учетом средозащитных и рекреационных функций – 39957,78 р. При энергетическом подходе стоимость участка оценивается в 1,6 млн р., (табл. 2), т. е. во много раз выше. Она явно

Таблица 2

Экономическая оценка 1 га лесного участка по энергетическому содержанию [3]

Список видов древесных растений	Теплоемкость, кДж/г	Масса тела особи, г/га	Энергетическое содержание тканей одной особи, кДж/м ³	Условная плотность, г/м ³	Теплота сгорания единицы массы, Дж/г	Энергия самоподдержания, кДж/м ³	Стоимость, р. (при 1 кВт=1р.)
Сосна (древостой)	198,55	41 800 000	48 848 675,7	0,47	20	0,39198	1 612 218
Береза (древостой)	138,11	2 190 000	24 004 833,3	0,42	20	0,35028	

занижена по сравнению с фактической, так как не учитывались другие компоненты экосистемы (растения других ярусов, животные, органические горизонты почвы и т. д.).

Сравнение двух подходов со всей очевидностью показывает, что стоимость биологических объектов (экосистемы леса, луга, болота и т. п.) сильно занижается. Первый подход ведет к нерациональному использованию природных ресурсов и утрате их полезных свойств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Анучин Н.П.* Лесная таксация / Н.П. Анучин. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 552 с.
2. Биоиндикация загрязнения наземных экосистем Р. Шуберта. – М.: Мир, 1988. – 350 с.
3. *Большаков В.Н.* Новый подход к оценке стоимости биотических компонентов экосистем / В.Н. Большаков, Н.С. Корьтин, Ф.В. Кряжковский, В.М. Шишмарев // *Экология*. – 1998. – № 5. – С. 339–348.
4. *Воронков П.Т.* Методика экономической оценки лесов / П.Т. Воронков, Е.А. Дудина. – М.: ВНИИЛМ, 2001. – 25 с.
5. *Гусев И.И.* Лесная таксация / И.И. Гусев. – Л.: ЛТА, 1988. – 61 с.
6. *Гусев И.И.* Таксация древостоя / И.И. Гусев. – Архангельск: АГТУ, 2000. – 71 с.
7. *Есимчик Л.Д.* Нормативы эколого-экономической оценки / Л.Д. Есимчик, Л.В. Порошина, С.В. Довжик, Т.А. Колодий // Матер. конф. «Леса Беларуси и их рациональное использование». – Минск: БелГТУ, 2000. – С. 30–33.
8. *Львов П.Н.* Лесная типология на географической основе / П.Н. Львов, Л.Ф. Ипатов. – Архангельск: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1976. – 196 с.
9. *Мелехов И.С.* Лесоведение / И.С. Мелехов. – М.: Лесн. пром-сть, 1980. – 406 с.
10. *Мозолевская Е.Г.* Методы лесопатологического обследования очагов стволовых вредителей и болезней леса / Е.Г. Мозолевская, О.А. Катаев, Э.С. Соколова. – М.: Лесн. пром-сть, 1984. – 152 с.
11. Полевой справочник таксатора. – Вологда: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1970. – 196 с.
12. Санитарные правила в лесах Российской Федерации. – М.: Экология, 1992. – 15 с.
13. Санитарные правила в лесах СССР. – М.: Гослесхоз, 1970. – 16 с.
14. *Чупров Н.П.* К методике экономической оценки лесных ресурсов и лесных земель в условиях рыночной экономики / Н.П. Чупров, Е.Д. Антуфьева // Матер. отчет. сессии по итогам науч.-исслед. работ за 1992 год. – Архангельск, 1993. – С. 7–10.
15. *Чупров Н.П.* Методические рекомендации по экономической оценке лесов / Н.П. Чупров, П.Т. Воронков. – Архангельск, 2000. – 35 с.
16. Manual of methodologies and critic for harmonised sampling, assessment monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. – Freiburg (FRG), 1986. – 96 p.

Архангельский государственный
технический университет
Поступила 16.10.03

N.Yu. Zhidkova

**Methodical Approach to Ecological-and-economic Evaluation
of Nature-and-resource Potential of Municipal Forests**

State of natural forest stands within the town precincts is investigated. Necessity of their ecological-and-economic evaluation owing to increase of anthropogenic influence on the environment is demonstrated.

УДК 504.73.064.2:630*228.7:582.475.2(470.13)

И.А. Лиханова

Лиханова Ирина Александровна родилась в 1978 г., окончила в 2000 г. Сыктывкарский государственный университет, аспирант Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Имеет 13 печатных работ в области лесной рекультивации нарушенных земель на Крайнем Севере.



КУЛЬТУРЫ ЕЛИ НА РЕКУЛЬТИВИРОВАННЫХ ЗЕМЛЯХ УСИНСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖ- ДЕНИЯ

Оценено состояние 10-11-летних культур ели на рекультивированных территориях в условиях Крайнего Севера, созданных различным посадочным материалом на разных субстратах. Приведены биометрические показатели ели. Выявлены факторы, препятствующие успешному росту ели.

Ключевые слова: культуры ели сибирской, рекультивация, биометрические показатели, фитопатогенные болезни, нефтедобыча.

Проблема восстановления разрушенных природных экосистем, в том числе лесных на северной границе распространения лесов, требует особого внимания. Если в средней полосе России и Западной Сибири имеется положительный опыт рекультивации лесных нарушенных земель [1, 2 и др.], то на территории европейского северо-востока страны он недостаточен.

В последние десятилетия в связи с развитием нефтедобычи в Усинском районе Республики Коми резко возросла площадь сильно нарушенных земель, органогенный слой которых полностью уничтожен, а выходящие на поверхность нижние почвенные слои представляют собой малоплодородный субстрат, часто песчаного или супесчаного состава. Неблагоприятные физические свойства таких субстратов и недостаток в них питательных веществ тормозят процесс естественного восстановления растительности. По нашим данным, даже через 20 лет после окончания антропогенного воздействия описываемые территории практически не имеют растительности (на некоторых участках общее проективное покрытие не достигает и 2 %), а субстрат разносится воздушными и водными потоками, что приводит к активизации эрозионных процессов. Для ускорения формирования лесных экосистем на таких техногенных пустошах нередко ведется посадка ели.

Хотя ель довольно требовательна к влажности и плодородию почвы, но все же может расти и на бедных грунтах. По данным В.В. Миронова и др. [3], в лесной зоне влияние перегнойно-аккумулятивного горизонта на рост ели незначительно. В большей степени он зависит от механического и минерального состава почвообразующей или подстилающей осадочной породы при достаточной дренированности местоположения.

В 1989–2001 гг. в Усинском лесхозе были созданы 177 га культур ели на сильно нарушенных территориях (карьеры, буровые площадки) по

стандартной технологии. 3-летний посадочный материал поступал из Ухтинского питомника. Посадку вели вручную под меч Колесова без предварительной подготовки субстрата. По данным инвентаризации, эти культуры имели низкие приживаемость и сохранность. В среднем в первый год после посадки приживаемость ели составила 66, во второй – 41, в третий – 40 %. Следовательно, стандартная технология не подходит для лесной рекультивации на посттехногенных площадях.

Цель наших исследований заключалась в оценке состояния 10-11-летних культур ели на рекультивированных землях, при использовании различных посадочного материала и способов подготовки субстрата.

Наблюдения за посадками ели проводили в 2000–2002 гг. на территории Усинского нефтяного месторождения (66 °с.ш., 57 °в.д.), относящейся к Усинско-Колвинскому елово-лесотундровому округу Печоро-Уральской подпровинции крайне северной тайги. Для растительности данного округа в целом характерно господство еловых и березово-еловых лесов и редколесий в сочетании с болотами и тундрами.

Исследованы пять участков с посадками ели. На участках № 1, 3, 4, 5 культуры заложены под руководством В.И. Парфенюка в 1991 г., № 2 – Усинским лесхозом в 1992 г.

Участки № 2, 4 и 5 расположены на территории карьеров, № 1 – вблизи скважины, № 3 – на площадке, загрязненной нефтью и пластовыми водами вблизи головных сооружений Усинского нефтяного месторождения. До нарушения на территории участков произрастали ельники зеленомошные на торфянисто-подзолистых иллювиально-железистых почвах. В результате антропогенного воздействия растительный покров был полностью уничтожен. Технический этап рекультивации на участках № 1, 2, 4, 5 включал в себя уборку мусора, выравнивание территории, № 3 – и сбор нефтесодержащей жидкости. Все участки после проведения данного этапа представляли собой пустоши с песчаным (№ 1, 4, 5) или супесчаным (№ 2) низкоплодородным субстратом, кроме участка № 3, песчаный субстрат которого содержал остатки лесной подстилки ельника, произраставшего на этой территории, поэтому условно мы его считали оторфованным. На участках 1, 2, 3 предварительной подготовки субстрата не было, на участках 4 и 5 перед посадкой поверхностно вносили торф из расчета 20 т/га.

На участках № 2, 3, 4 высаживали трехлетние сеянцы ели из Ухтинского питомника, № 1 – дички, № 5 – 3-летний самосев, выкопанный с комом земли из прилежащих ненарушенных лесных экосистем.

Обследование культур выполняли по общепринятым методикам [4]. Измеряли биометрические параметры, определяли процент сохранности, диагностировали грибные болезни, устанавливали их распространенность и интенсивность развития [5]*.

Самые низкие сохранность, высота, диаметр, приросты и высокая интенсивность грибных заболеваний отмечены на участке 1, где ель выса-

* Неоценимую помощь в сборе материала оказала Л.П. Турубанова.

живали 30–50-сантиметровыми дичками с комом земли (25 × 25 см) в не-удобренный песчаный субстрат (см. таблицу). Так, на 11-й год после посадки сохранность культур составила всего 53 %, диаметр – 1,7 см, высота не достигла 60 см. О невысоких темпах роста свидетельствовали очень низкие линейные и боковые приросты (около 2 см). Были отмечены 100 %-я распространенность и 81 %-я интенсивность поражения ели грибами *Lophodermium macrosporum* (Hart.) Rehm. и *Phacidium infestans* Karst., которые вызывают болезни обыкновенное и снежное шютте. Отмечено также поражение ели грибом *Chrysomyxa ledi* DB, возбудителем ржавчины ели.

Показатели	Значения показателей на участках				
	1	2	3	4	5
Сохранность, %	53	57	91	78	95
Возбудители заболеваний:					
<i>Lophodermium macrosporum</i>					
и <i>Phacidium infestans</i> :					
Распространенность, %	100	70	28	100	100
Интенсивность, %	81	31	10	72	11
<i>Chrysomyxa ledi</i> :					
Распространенность, %	6	9	31	8	6
Интенсивность, %	1	2	6	3	10
Высота, см	59,2 ± 3,0	61,1 ± 5,3	148,5 ± 9,7	95,4 ± 5,6	91,3 ± 5,4
Диаметр у шейки корня, см	1,7 ± 0,1	1,5 ± 0,2	3,2 ± 0,2	1,9 ± 0,1	1,7 ± 0,2
Радиус кроны, см:					
поперек ряда	27,5 ± 3,4	21,3 ± 2,3	50,8 ± 3,0	26,4 ± 2,5	25,1 ± 2,1
вдоль ряда	23,9 ± 3,1	20,3 ± 2,2	46,0 ± 2,9	30,3 ± 2,8	27,2 ± 2,2
Линейный прирост					
по годам, см:					
2000	1,5 ± 0,5	6,3 ± 0,9	21,1 ± 1,7	9,4 ± 1,1	12,8 ± 0,9
2001	2,0 ± 0,6	6,7 ± 0,9	24,6 ± 2,4	11,5 ± 1,3	13,6 ± 1,1
2002	2,2 ± 0,6	9,1 ± 1,2	21,5 ± 2,2	8,7 ± 1,0	16,6 ± 1,1
Боковой прирост					
по годам, см:					
2000	2,0 ± 0,3	3,5 ± 0,4	9,7 ± 0,6	5,6 ± 0,8	6,5 ± 0,5
2001	2,2 ± 0,3	5,1 ± 0,6	12,8 ± 0,7	8,0 ± 0,8	7,3 ± 0,5
2002	2,3 ± 0,3	4,9 ± 0,5	10,3 ± 0,6	7,0 ± 0,7	8,4 ± 0,6
Объем древесины, м ³	0,08	0,19	1,74	0,36	0,41

Даже посадка с комом земли не смогла обеспечить удовлетворительный рост ели. Лимитирующими факторами для саженцев являлись низкая влажность (6,1 % в верхнем 10-сантиметровом слое) и бедность песчаного субстрата (содержание органического углерода 0,2 %). Кроме этого, ель слабо адаптируется к резкому изменению светового режима, неизбежному после пересадки дичков, что, по-видимому, тоже сильно повлияло на ее состояние. Ослабленные деревья легко поражались грибными заболеваниями, в результате дополнительно снижались темпы роста растений и ускорялась их гибель.

На участке 2, где посажены сеянцы ели по стандартной технологии, водно-физические свойства субстрата более благоприятны, чем на предыдущем участке. В связи с некоторым увеличением процента глинистых частиц (субстрат супесчаный по механическому составу) полевая влажность его верхнего слоя была в два с лишним раза больше, чем на песчаном субстрате участка 1 (14,7 %). Это способствовало увеличению темпов роста ели. Однако биометрические показатели и сохранность ели также невысоки, что обусловлено недостатком питательных веществ (содержание углерода 0,4 %) и, по-видимому, все-таки низкой для ели влажностью субстрата.

Довольно высокие показатели высоты, диаметра ствола, радиуса кроны и прироста отмечены нами на участке № 4 с посадкой ели в предварительно оторфованный субстрат. Опытный участок расположен на территории песчаного карьера. Изначально свойства его субстрата были крайне неблагоприятными для ели, но оторфованное субстрата, в результате которого влажность верхнего 5-8-сантиметрового слоя увеличилась в среднем до 50 % и содержание органического углерода – до 5 %, обеспечило усиление темпов роста ели. Сохранность ели на 11-й год после посадки составила 78 %, высота ели – 95 см (более чем на 30 см больше по сравнению с участками 1 и 2), диаметр – 1,9 см.

Линейный и боковой приросты у ели на участке 4 в 2002 г. несколько уменьшились, что связано, по-видимому, с грибными заболеваниями. Здесь при 100 %-й распространенности отмечена 72 %-я интенсивность поражения грибами *Lophodermium macrosporum* и *Phacidium infestans*. Это может быть обусловлено либо достаточно большой густотой полога возобновляющихся ив и берез (сомкнутость крон 0,5-0,6), задерживающего снег, либо близостью от источников инфекции. Сырая и холодная погода 2002 г. усиливала развитие патогенных грибов.

Наблюдения показывают, что даже на изначально крайне неблагоприятном для произрастания ели песчаном субстрате этого участка после проведения агротехнических мероприятий, улучшающих его физико-химические свойства (оторфованное), данную породу можно довольно успешно выращивать, но при этом необходимо следить за фитопатологическим состоянием деревьев.

На участке 5 высажен нестандартный для природовосстановительных работ в Усинском районе посадочный материал – сеянцы ели из самосева. Под взрослой семяносеющей елью удаляли моховой покров, препятствующий прорастанию семян. На следующий год появлялись всходы. Когда сеянцы достигали высоты 8 ... 10 см, их выкапывали с комом земли и пересаживали на предварительно оторфованный песчаный субстрат. Сохранность сеянцев на 11-й год после посадки составила 95 %, что связано с улучшением свойств субстрата в результате оторфованного и меньшим повреждением корневой системы. Кроме того, сеянцы, взятые из ненарушенных лесных фитоценозов Усинского района, более адаптированы к местным климатическим условиям, чем сеянцы из питомников, в которые посевной материал поступает из южных районов Республики Коми. Сходство физиче-

ских свойств субстрата участков 4 и 5 и одинаковый способ подготовки его перед посадкой обусловили близость биометрических показателей ели. В то же время низкая интенсивность развития грибных болезней на участке 5 способствовала увеличению линейного и бокового прироста елочек в последние три года.

Самые высокие биометрические параметры ели отмечены нами на участке 3. Здесь средняя высота достигает 148,5 см, что в 1,6 раз больше, чем на оторфованных участках, диаметр – 3,2 см. 28 %-я распространенность и 10 %-я интенсивность поражения грибами характеризуют низкую степень зараженности шютте. Сохранность лишь немного ниже, чем у семян из самосева.

Высокие сохранность, темпы роста ели, низкая распространенность шютте обусловлены оптимальными для ели свойствами субстрата. Он был влажным и обогащен органикой в толще 0 ... 50 см, оставшейся от торфянистой подстилки ельника, произраставшего здесь ранее. И если на участках 4 и 5 под оторфованным слоем количество питательных элементов и влажность резко уменьшались, то субстрат участка 3 по всей толще, в которой располагалось максимальное количество корней ели (0 ... 30 см), имел достаточную влажность (30 ... 50 %) и содержал 2,3 ... 3,3 % органического углерода.

Таким образом, по результатам наших исследований, наиболее адаптированным посадочным материалом на рекультивированных территориях оказались семена ели из самосева. Сеянцы из питомника, хотя их сохранность ниже, тоже пригодны для рекультивационных работ. Дички же ели – самый неподходящий посадочный материал для песчаных субстратов.

При использовании любого посадочного материала необходима предварительная подготовка техногенного субстрата (внесение удобрений), поскольку в силу биологических особенностей ель достаточно требовательна к влажности и содержанию питательных элементов в почве. На песчаных и супесчаных субстратах особенно важно внесение органических удобрений, которые, в отличие от минеральных, улучшают и физические свойства почвы. Для борьбы с грибными заболеваниями необходимо высаживать здоровые сеянцы, проводить плановые обследования культур для выявления заболеваний, в зараженных культурах – использовать системные и контактные фунгициды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранник Л.П. Биоэкологические принципы лесной рекультивации / Л.П. Баранник. – Новосибирск: Наука, 1988. – 88 с.
2. Васильева Н.П. Биоэкологические особенности развития лесных культур на рекультивируемых землях / Н.П. Васильева // Экологические основы рекультивации земель. – М.: Наука, 1985. – С. 82–83.
3. Миронов В.В. Некоторые закономерности саморегуляции роста и его торможения у хвойных пород / В.В. Миронов, А.П. Калякин, Н.Г. Шильников // Лесоведение. – 1974. – № 4. – С. 32–57.

4. *Огиевский В.В.* Обследование и исследование лесных культур / В.В. Огиевский, А.А. Хиров. – М.: Лесн. пром-сть, 1964. – 48 с.

5. *Семенкова И.Г.* Лесная фитопатология / И.Г. Семенкова, Э.С. Соколова. – М.: Экология, 1992. – 352 с.

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Поступила 28.07.04

I.A. Likhanova

Spruce Culture on Reclaimed Soils of Usinsk Oilfield

State of 10-11- age spruce cultures on the reclaimed territories of the North created by different planting stock on different substrates is assessed. Biometric spruce characteristics are provided. Factors hampering the successful spruce growth are revealed.

УДК 630*27:630*181.28 (470.343)

С.М. Лазарева

Лазарева Светлана Михайловна родилась в 1967 г., окончила в 1989 г. Марийский государственный университет, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой садово-паркового строительства, ботаники и дендрологии Марийского государственного технического университета. Имеет более 40 печатных работ в области интродукции и селекции голосеменных и лекарственных растений.



КРАТКИЕ ИТОГИ ИНТРОДУКЦИИ ХВОЙНЫХ В БОТАНИЧЕСКОМ САДУ МарГТУ

Подведены итоги 66-летней работы по интродукции 71 таксона хвойных растений в Ботаническом саду МарГТУ. Дано распределение таксонов по этапам акклиматизации в зависимости от географического положения и характера естественного ареала видов, уровня интродукции и способа мобилизации материала.

Ключевые слова: голосеменные, интродукция, акклиматизация, ареал, происхождение, мобилизационный материал.

Отдел голосеменных растений насчитывает лишь около 800 видов. Но несмотря на малочисленность, хвойные имеют большое экологическое, средообразующее, фитоценотическое и хозяйственное значение. Три четверти планетарного запаса углерода органической массы приурочено к лесам. Более 35 % общего запаса древесины сосредоточено в хвойных лесах, причем более половины в лесах России. Территория Республики Марий Эл (РМЭ) отнесена С.Ф. Курнаевым [4] к зоне подтаежных лесов и может служить уникальной естественной лабораторией для испытаний различных видов хвойных при создании разноцелевых культур интродуцентов.

В Ботаническом саду Марийского государственного технического университета более 60 лет ведется работа по интродукции голосеменных в культуры, отработке методов оценки и повышения их устойчивости при акклиматизации.

Территория Республики Марий Эл отнесена С.Я. Соколовым [1] к 1-му району возможной культуры хвойных пород – «лесная, лесостепная зоны и северная часть (черноземная) степной зоны на восток до Енисея». Приводимый ассортиментный список включает три вида пихты (*Abies balsamea* Mill., *A. concolor* Lindl. et Gord. и *A. sibirica* Ldb.); два вида можжевельника (*Juniperus communis* L. и *J. sabina* L.); десять видов и гибридов лиственницы (*Larix Czekanowskii* Szaf., *L. decidua* Mill., *L. eurolepi* Henry, *L. Gmelini* Ldb., *L. Cajanderi* Mayr., *L. laricina* Koch., *L. Lubarskii* Suk., *L. olgensis* A. Henry, *L. principis Rupprechtii* Mayr., *L. sibirica* Maxim.); семь видов ели (*Picea excelsa* Link., *P. ajanensis* Fisch., *P. Engelmannii* Engelm., *P. glauca* Voss., *P. obovata* Ldb., *P. omorica* Purk., *P. pungens* Engelm.); девять видов сосны (*Pinus Banksiana* Lamb., *P. contorta* Dougl., *P. mugo*, *P. Murrayana* Balf., *P. peuce* Gris., *P. pumila* (Pall.) Rgl., *P. sibirica* (Rupr.) Mayr., *P. sylvestris* L., *P. strobus* L.); два вида лжетсуги (*Pseudotsuga caesia* (Schwer.) Flous

и *P. glauca* Maug.), один вид туи (*Thuja occidentalis* L.). Всего в списке 34 вида и гибрида, в том числе 5 являются местными для Республики Марий Эл. По древокультурному районированию А.И. Колесникова [3], территория республики входит в 7-й район – «зона широколиственно-хвойных лесов, область ели, липы и пихты сибирской». Список дополнен двумя видами лиственницы (*L. leptolepis* Gord. и *L. occidentalis* Nutt.); двумя видами можжевельника (*J. pseudosabina* F. et M. и *J. sibirica* Burgsd.); четырьмя видами пихты (*A. holophilla* Maxim., *A. Fraseri* (Pursh.) Poir., *A. sachalinensis* Mast. и *A. Veitchii* Lindl.); двумя видами сосны (*P. cembra* L. и *P. koraiensis* Sieb. et Zucc.); двумя видами тисса (*Taxus baccata* L. и *T. cuspidata* Sieb. et Zucc.); одним видом туи (*T. plicata* D. Don.). К.К. Калуцкий, Н.А. Болотов и Д.М. Михайленко [2] используют древокультурное районирование А.И. Колесникова [3], но рекомендуемый авторами список видов для интродукции значительно сокращен. Последний включает четыре вида ели (*P. excelsa*, *P. Engelmannii*, *P. omarica* и *P. pungens*), два вида лиственницы (*L. Gmelinii* и *L. sibirica*), четыре вида пихты (*A. balsamea*, *A. concolor*, *A. sibirica* и *A. Veitchii* Lindl.), семь видов сосны (*P. koraiensis*, *P. Murrayana*, *P. nigra* Arn., *P. peuce*, *P. pumila*, *P. sibirica* и *P. strobus*) и два вида тисса (*T. baccata* и *T. cuspidata*).

Таблица 1

Числовые значения показателей интродуцентов

Показатели	Числовые значения
Природный ареал	1
Очаг интродукции:	
первичный	2
вторичный	3
Способ мобилизации материала:	
целое растение	2,5
черенки	5,0
семена	7,5
Прием выращивания:	
открытый грунт	9,9
то же с укрытием хвойной лапкой	6,6
Сохранность	Процент/10
Зимостойкость:	
31	9,8
32	8,4
33	7,0
34	5,6
35	4,2
36	2,8
37	1,4
Состояние интродуцированного растения:	
I	0–9,9
II	10–19,9
III	20–29,9

IV	30–39,9
V	40–49,9
VI	50–59,9
VII	60–69,9

Уровень акклиматизации 99 образцов 71 таксона хвойных интродуцентов открытого грунта Ботанического сада анализировали по методике В.И. Некрасова [5]. Для этого каждому образцу присваивали и вычисляли балл оценки степени акклиматизации. Перевод диагностических признаков в числовые значения приведен в табл. 1.

На I этапе акклиматизации находятся два вида: *Picea Schrenkiana* F. et M. и *Pinus nigra*. Ель Шренка является типичным тянь-шаньским видом, поэтому довольно сложно говорить о перспективности ее введения в культуру в РМЭ. Испытывается один образец, поступивший 4-летними саженцами из региона первичной интродукции (Ботанический сад Нижегородского государственного университета). Сосна черная К.К. Калущим, Н.А. Болотовым и Д.М. Михайленко [2] включена в список видов, рекомендованных для интродукции в зоне широколиственно-хвойных лесов, поэтому следует расширить эксперимент по ее введению в РМЭ. Для этого необходимо, во-первых, создать географические культуры; во-вторых – отработать методы агротехники выращивания, повышающие способность экзотов переносить стрессовые условия; в-третьих – использовать методы активной акклиматизации интродуцентов, связанные с изменением их генетического аппарата.

На II этапе акклиматизации находятся 38 образцов (38,4 %), в том числе пихты – 44,4, кипарисовика – 50,0, можжевельника – 50,0, лиственницы – 9,1, ели – 33,3, сосны – 40,9, лжетсуги – 33,3, тисса – 55,6 %.

Растения подавляющего числа образцов не вступили в генеративную фазу, что связано в основном с их биологическим возрастом, не превышающим 25 лет. Кроме этого, есть другие причины, в частности:

- ель аянская (50 лет, первичная интродукция, мобилизационный материал – семена) растет медленнее, чем на родине, ежегодно поздневесенними заморозками повреждаются тронувшиеся в рост побеги и заложившиеся репродуктивные органы;

- слабо развивается 28-летняя сосна кедровая корейская, полученная растениями из ГБС РАН. Основная причина – низкий уровень агротехники выращивания, высокая конкуренция со стороны аборигенных видов древесных и травянистых растений;

- образцы *Picea pungens* f. *argentea* Beissn., *Abies lasiocarpa* Nutt., *Pseudotsuga caesia* отстают по показателям роста и развития от аналогичных растений в условиях естественного ареала. Тем не менее, они сохранили жизненную форму дерева и имеют удовлетворительное состояние.

На III этапе акклиматизации находятся 5 образцов (5,1 %). Возраст растений от 14 до 28 лет, онтогенетически они характеризуются переходной от виргинильной к генеративной стадии развития. Растения пихты цельно-

листной и сосны стланиковой формируют микростробилы. На трех деревьях сосны кедровой европейской в 2001 г. впервые образовались и макростробилы, но шишки и семена еще не вызрели. Можжевельник китайский (*Juni-perus chinensis* L. форма Пфитцериана) и полусферовидный являются двудомными растениями, а в коллекционных посадках имеются только мужские экземпляры.

На IV этапе акклиматизации находятся 6 образцов (6,1 %): 3 садовые формы тисса ягодного, 2 формы кипарисовика горохоплодного и можжевельник скальный.

Растения V этапа акклиматизации вступают в генеративную фазу развития. При этом формируются семена, имеющие различные классы качества. На этом этапе находятся растения 41 образца (41,4 %): пихты – 5 образцов (видов) (55,6 %), кипарисовика горохоплодного – 1 образец (12,5 %), можжевельника – 2 (14,3 %), лиственницы – 10 (90,9 %), ели – 9 (50,0 %), сосны – 8 (36,4 %), лжетсуги – 2 (33,3 %), тисса среднего – 1 (11,1 %), туи – 3 (75,0 %). Обращает на себя внимание ранний возраст (до 20 лет) вступления в генеративную фазу развития видов и естественных гибридов лиственницы, ели черной, канадской и сербской.

Таблица 2

Естественный ареал	Этап акклиматизации						Итого
	I	II	III	IV	V	VI	
Западная Европа	–	2/28,6	1/14,3	–	4/57,1	–	7/9,5
Южная Европа	1/33,3	1/33,3	–	–	1/33,3	–	3/4,1
Кавказ	–	1/100,0	–	–	–	–	1/1,4
Северо-Восточная Европа, Сибирь	–	3/60,0	–	–	2/40,0	–	5/6,8
Восточная Сибирь	–	2/50,0	1/25,0	–	1/25,0	–	4/5,4
Дальний Восток	–	2/16,7	1/8,3	–	8/66,7	1/8,3	12/16,2
Дальний Восток, Япония	–	1/100,0	–	–	–	–	1/1,4
Япония	–	–	–	–	7/100	–	7/9,5
Китай	–	2/100,0	–	–	–	–	2/2,7
Центральная Азия	1/25,0	2/50,0	1/25,0	–	–	–	4/5,4
Центральная Азия, Кавказ	–	1/50,0	–	–	1/50,0	–	2/2,7
Центральная Азия, Крым, Южная Европа	–	1/100,0	–	–	–	–	1/1,4
Северная Америка	–	8/32,0	–	1/4,0	13/52,0	3/12,0	25/37,5
Всего	–	–	–	–	–	–	74/100,0

Наличие самосева отмечено у пяти интродуцированных видов: *Pseudotsuga Menziesii*, *Pinus koraiensis*, *P. strobus*, *P. Banksiana*, *Thuja occidentalis*. Все они находятся на IV этапе акклиматизации.

Численное и процентное распределение образцов видов хвойных интродуцентов по этапам акклиматизации в зависимости от естественного ареала представлено в табл. 2 (шт. / %). Третья часть произрастающих в Ботаническом саду МарГТУ образцов видов хвойных представляет флору Се-

верной Америки. Более половины из них (52 %) находятся на V этапе акклиматизации, 32 % – на II, 12 % – на VI. Обращает на себя внимание тот факт, что 75 % образцов, находящихся на VI этапе акклиматизации, являются представителями североамериканской, около половины – азиатской флоры.

Наибольший интерес для целей интродукции в Республику Марий Эл представляют голосеменные растения Дальнего Востока (16,2 %) и, как ни парадоксально, Японии (9,5 %). На V этапе акклиматизации находятся две трети (66,7 %) дальневосточных видов и 100 % видов японской флоры. Из азиатских видов только один дальневосточный – *Pinus koraiensis* – находится на VI этапе акклиматизации. Представители Кавказа, Центральной Азии и Китая выше III этапа акклиматизации не продвинулись.

Типичные европейские виды хвойных растений в коллекции представлены 10 образцами (13,6 %). Лучшими адаптивными качествами характеризуются представители Западной Европы: 57,1 % образцов находятся на V этапе акклиматизации, остальные 42,9 % – на II и III. Две трети южноевропейских видов в РМЭ находятся на I и II этапах акклиматизации, одна треть – на V.

Таблица 3

Характер естественного ареала	Этап акклиматизации						Итого
	I	II	III	IV	V	VI	
Горный	1/2,4	18/44,0	3/7,2	1/2,4	18/44,0	–	41/55,4
Горный, частично равнинный	–	2/5,0	–	–	2/5,0	–	4/5,4
Равнинный, нижний пояс гор	1/5,9	5/29,4	–	–	9/52,9	2/11,8	17/23,0
Равнинный	–	1/8,3	1/8,3	–	8/66,7	2/16,7	12/16,2
Всего	–	–	–	–	–	–	74/100,0

Таким образом, предварительный анализ свидетельствует о высокой адаптивной способности североамериканских, дальневосточных и японских видов хвойных растений и перспективности их введения в разноцелевые культуры в Республике Марий Эл. Южноевропейские, кавказские и центральноазиатские виды требуют дополнительных исследований, предусматривающих выявление адаптивных способностей видов и внутривидовых таксонов и возможных районов-доноров мобилизационного материала для целей интродукции в регионе.

В табл. 3 показано распределение интродуцированных образцов видов хвойных растений по этапам акклиматизации в зависимости от характера естественного ареала (шт. / %). Можно видеть, что более 60 % образцов являются представителями горных областей, 40 % – равнинных мест произрастания. Однако отмечено возрастание процента образцов на V этапе акклиматизации от типичных горных (44,0 %) до типичных равнинных видов (66,7 %) и нахождение на VI этапе только равнинных видов.

Кажущееся противоречие можно объяснить следующим образом. Для горных областей характерно большое разнообразие видов голосеменных растений, там сохранились многие третичные реликты в небольших по площади ареалах. На равнинах в условиях конкуренции с прогрессирующими покрытосеменными растениями могут выжить только конкурентоспособные виды голосеменных. Это свидетельствует о более высокой приспособляемости генотипов равнинных видов голосеменных и их относительно высокой адаптивной способности по сравнению с горными видами.

Распределение имеющихся образцов видов хвойных интродуцентов Ботанического сада по этапам акклиматизации в зависимости от происхождения и типа мобилизационного материала представлено в табл. 4 (шт. / %). Образцы вторичной интродукции (83,3 %) в коллекции представлены более широко, чем привезенные из мест естественного произрастания видов (16,7 %). При этом на V и VI этапах акклиматизации находится больше образцов, привезенных саженцами, чем семенами. Это характерно как для материала, взятого из мест естественного произрастания, так и из районов первичной интродукции.

Дисперсионный анализ не выявил влияния естественного ареала, его типа и характера мобилизационного материала на степень акклиматизации

Таблица 4

Характер мобилизационного материала	Этап акклиматизации						Итого
	I	II	III	IV	V	VI	
Первичная интродукция:							
семена	–	3/42,9	2/28,5	–	1/14,3	1/14,3	7/10,6
растения	–	2/50,0	1/25,0	–	1/25,0	–	4/6,1
Вторичная интродукция:							
семена	–	8/47,1	–	–	9/52,9	–	17/25,8
растения	2/5,3	13/34,2	1/2,6	1/2,6	21/55,3	–	38/57,5
Всего	–	–	–	–	–	–	66/100,0

образцов. Во всех трех вариантах фактический критерий достоверности Фишера был ниже табличного значения на 5 %-м уровне значимости.

Выводы

1. Лучшими адаптивными качествами в Республике Марий Эл обладают голосеменные растения североамериканской, дальневосточной и японской флоры.
2. Для целей интродукции предпочтительнее виды равнинных условий мест произрастания.
3. Из естественных условий для первичной интродукции семенной материал представляет больший интерес, чем растительный.
4. Вторичная и третичная интродукция более успешна у сеянцев и саженцев.

5. Ряд видов уже сегодня можно рекомендовать для создания разноцелевых лесных культур: *Pseudotsuga Menziesii*, *Pinus strobus*, *P. Murrajana*, *P. koraiensis*, *P. sibirica*, виды и гибриды рода *Larix*.

6. Высокодекоративные виды и садовые формы с успехом могут использоваться в садово-парковом строительстве, в том числе: *Abies concolor*, *A. balsamea*, *A. lasiocarpa* Lindl., *A. Fraseri*, *A. Veitchii*, *Larix decidua*, *L. leptolepis* Gord., *Picea glauca*, *P. asperata* Mast., *P. mariana* Britt., *P. omorica*, *P. pungens*, *Pinus koraiensis*, *P. mugo*, *P. peuce*, *P. pumila*, *P. sibirica*, *P. strobus*, *Pseudotsuga caesia*, *Chamaecyparis pisifera* Sieb. et Zucc., 9 видов рода *Juniperus*, *Thuja occidentalis*, *T. Standishii* Nakai, *Taxus canadensis* Marsh., *T. cuspidata* × *T. media* Rehd. и устойчивые садовые формы *T. baccata*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Деревья и кустарники СССР. Дикорастущие, культивируемые и перспективные для интродукции. В 6 т. Т. 1. Голосеменные. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1949. – 462 с.
2. Калущкий К.К. Древесные экзоты и их насаждения: справочн. изд. / К.К. Калущкий, Н.А. Болотов, Д.М. Михайленко. – М.: Агропромиздат, 1986. – 271 с.
3. Колесников А.И. Декоративная дендрология / А.И. Колесников. – М.: Лесн. пром-сть, 1974. – 704 с.
4. Курнаев С.Ф. Дробное лесорастительное районирование Нечерноземной зоны / С.Ф. Курнаев. – М.: Наука, 1982.
5. Некрасов В.И. Актуальные вопросы развития теории акклиматизации растений / В.И. Некрасов. – М.: Наука, 1980. – 102 с.

Марийский государственный
технический университет

Поступила 18.06.02

S.M. Lazareva

Brief Results of Coniferous Plants Introduction in the Botanic Garden of Mari State Technical University

The results of 66-years work on introduction of 71 taxons of coniferous plants in the Botanic Garden of Mari State Technical University are summarized. Distribution of taxons is provided according to acclimatization stages and depending on geographical situation and character of natural species habitat, level of introduction and method of material mobilization.

УДК 630*5:630*385

А.М. Тараканов

Тараканов Анатолий Михайлович родился в 1943 г., окончил в 1965 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией лесоведения и гидрлесомелиорации Северного НИИ лесного хозяйства. Имеет около 150 печатных работ в области изучения природы заболоченных лесов, эффективности гидрлесомелиорации, моделирования роста и формирования осушаемых лесов и организации хозяйства в них.



ХОД РОСТА МОДАЛЬНЫХ СОСНОВЫХ И ЕЛОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ НА ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА

Исследованы рост и продуктивность модальных сосняков и ельников после гидрлесомелиоративного воздействия.

Ключевые слова: гидромелиорация, модальные древостои, ход роста, моделирование, класс бонитета, прирост, видовая высота, видовое число.

Таблицы хода роста, разработанные для суходольных и заболоченных лесов, отражают естественный ход развития древостоев в практически неизменных условиях местопроизрастания. Для таксации осушаемых лесов, производства лесоучетных работ, расчетов и контроля за использованием

мелиорируемых земель нужны специальные таблицы или модели хода роста, которые учитывали бы особенности роста древостоев при гидромелиоративном воздействии. Принципы составления их существенно отличаются от общепринятых методов. Таблицы хода роста, протекающего в естественных условиях местопроизрастания, без хозяйственного воздействия, строятся на основе типов леса и классов бонитета. На мелиорируемых землях тип леса и класс бонитета древостоев изменяются во времени в большом диапазоне в зависимости от ряда факторов. Один и тот же исходный тип леса трансформируется в зависимости от интенсивности и давности осушения в различной степени и может иметь несколько производных типов. В то же время при определенном соотношении почвенного плодородия и интенсивности осушения древостои различных исходных типов леса могут иметь сходные линии роста. При построении таблиц на типологической основе необходимо учитывать тип леса как до осушения, так и производный, постоянно изменяющийся с увеличением давности осушения. Поэтому потребуются дополнительные входы в таблицы, что вызовет их большую дифференциацию и громоздкость.

Еще более динамичен текущий бонитет древостоев на осушаемых землях. В зависимости от потенциального плодородия почв, возраста древостоев, степени и давности осушения он может изменяться на 1-5 классов. С ростом потенциального плодородия почв и степени осушения он повыша-

ется, а с увеличением возраста древостоев перед осушением понижается. С давностью мелиорации вначале класс бонитета повышается, затем наступает период стабилизации, после чего происходит снижение. Учет всех этих факторов при построении таблиц хода роста на основе классов текущего бонитета древостоев также вызывает необходимость дополнительных входов и значительные сложности.

Наиболее приемлемой основой для разработки моделей хода роста осушаемых лесов является класс бонитета лесорастительных условий, изменяющихся под воздействием мелиорации. Он позволяет учесть одновременно тип лесорастительных условий, давность и интенсивность осушения.

В наших исследованиях исходным материалом для изучения закономерностей и моделирования роста осушаемых лесов послужили данные об изменении производительности лесорастительных условий и таксационных показателей древостоев, полученные при повторных учетах на стационарах и однократных обследованиях гидролесомелиоративных систем с давностью осушения до 100 лет, а также массовые материалы лесоустройства о характеристике лесов на переувлажненных, в том числе осушаемых, землях по типам леса и классам возраста.

Чтобы проследить динамику возрастного строения и породного состава, каждый элемент леса таксировали отдельно, используя точные методы измерительно-перечислительной таксации. Для установления динамики линейного и объемного прироста срубали модельные деревья. Их число определялось представленностью пород и поколений в насаждении: для древостоев, составляющих три единицы и более, 5 ... 10 моделей в крайних и средних ступенях толщины; менее трех единиц – 2-3 средние модели. Для определения прироста по диаметру в наиболее представленных элементах леса возрастным буровом отбирали по 30 кернов пропорционально числу стволов в ступенях толщины, во второстепенных – 10 ... 15 шт.

Камеральную обработку полевых материалов проводили общепринятыми в лесной таксации методами. Для определения запасов строили графики и уравнения зависимости объема стволов от площади их поперечного сечения, видовой высоты от высоты стволов, видового диаметра от диаметра. Линейный прирост определяли прямым измерением на модельных и учетных деревьях и дальнейшим графическим и аналитическим выравниванием. Прирост запаса древостоев вычисляли по методу М.Л. Дворецкого [1] и приведенному ниже алгоритму. Результаты вычислений этими методами сравнивали между собой. Цель данной операции заключалась в проверке пригодности разработанного алгоритма для обработки материалов на персональном компьютере и снижения трудоемкости камеральных работ.

При повторных учетах особое внимание уделяли динамике отпада. По каждому элементу леса определяли запас, средний диаметр и объем среднего дерева отпада, а также их процент к аналогичным показателям растущих деревьев. Зависимости текущего прироста от различных факторов устанавливали методами регрессионного и дисперсионного анализа.

Дополнительный среднепериодический прирост запаса древостоя, один из основных показателей эффективности лесоосушения, определяли по специальному алгоритму [3].

Естественные ряды развития древостоев подбирали на основе сходства таксационной характеристики и условий местопроизрастания до осушения, общности закономерностей роста и класса производительности лесорастительных условий после мелиорации. Для группировки насаждений по этим признакам рост их подвергали ретроспективному анализу, в результате которого устанавливали таксационные показатели каждого древостоя через определенные периоды (5 или 10 лет) до и после мелиоративного воздействия. Алгоритм ретроспективного анализа заключается в следующем.

1. На основе определения среднепериодического радиального прироста (i) по периодам и среднего диаметра древостоев (D_a) на момент учета устанавливают динамику среднего диаметра и среднепериодического процента прироста по сумме площадей сечений \bar{P}_g :

$$D_{a-n} = D_a - 2in; \quad \bar{P}_g = 400i(D_a - in) / D_a^2.$$

2. По измеренным среднепериодическому приросту в высоту (\bar{z}_h) и высоте древостоя (H_a) определяют динамику средней высоты по периодам:

$$H_{a-n} = H_a - \bar{z}_h n.$$

3. По массовым материалам находят зависимость видовой высоты от средней высоты древостоя:

$$HF = a + bH.$$

4. Выявляют динамику среднепериодического прироста по видовой высоте:

$$\bar{Z}_{hf} = [(HF)_a - (HF)_{a-n}] / n; \quad \bar{P}_{hf} = 100\bar{Z}_{hf} / (HF).$$

5. Определяют среднепериодический прирост запаса древостоя по периодам:

$$\bar{P}_m = \bar{P}_g + \bar{P}_{hf} - \bar{P}_g \bar{P}_{hf} n / 100; \quad \bar{Z}_m = 0,01M\bar{P}_m.$$

6. Выражают динамику запаса наращивания:

$$m_{A-n} = M_a - \bar{Z}_m n.$$

7. На основе повторных учетов устанавливают эмпирически среднепериодический процент отпада по запасу ($\bar{P}_{отп}$) и запас отпада по периодам ($M_{отп}$):

$$M_{отп} = M_a n \bar{P}_{отп} / 100.$$

8. Находят запас древостоя через каждые n лет:

$$M_{a-n} = m_{A-n} + M_{отп}.$$

9. Устанавливают динамику абсолютной полноты и числа стволов:

$$G_{a-n} = M_{a-n} / (HF)_{a-n}; \quad N_{a-n} = 4 \cdot 10^4 G_{a-n} / (\pi D_{a-n}^2).$$

Значения таксационных показателей осушаемых и контрольных насаждений, полученные путем ретроспективного анализа на момент начала осушения, сравнивают между собой и с показателями заболоченных насаждений в том же возрасте. Сходство данных свидетельствует о правильности подбора контролей и проведения ретроспективного анализа. Далее определяют класс бонитета древостоев до осушения и класс производительности условий местопроизрастания после мелиоративного воздействия. На основе этих показателей насаждения группируют по однородности лесорастительных условий. Класс производительности или класс бонитета лесорастительных условий соответствует классу бонитета насаждений, осушенных в молодом возрасте или возникших на мелиорируемых землях, т. е. наивысшему классу бонитета насаждений, которые могут здесь произрастать. Определяют его по специально разработанным нами шкалам [2], входами в которые являются периодический или среднепериодический прирост древостоев в высоту, их возраст и продолжительность периода осушения. Преимущество этого показателя при группировке насаждений в однородные ряды по сравнению с типом леса, постоянно трансформирующимся в зависимости от интенсивности и давности осушения, или классом текущего бонитета древостоев, также изменяющимся и характеризующим продуктивность древостоев в определенном возрасте, заключается в том, что он не зависит от возраста насаждений и позволяет учесть одновременно почвенное плодородие, интенсивность и давность мелиоративного воздействия. На данном уровне научных познаний пока детально не разработана динамическая типология мелиорируемых лесов, он является наиболее приемлемой основой построения различных моделей, которые позволяют, в свою очередь, установить количественные признаки и классифицировать коренные и производные леса по типам в зависимости от степени антропогенного воздействия.

3*

Полученные путем ретроспективы средние высоты, диаметры, запасы и абсолютные полноты древостоев на конец каждого периода в пределах одного естественного ряда и среднепериодические приросты этих показателей для каждого периода в процентах или натуральных единицах измерения подвергаются графическому и аналитическому выравниванию. Данная процедура позволяет дифференцировать таксационные показатели по давности осушения и возрасту древостоев, а также уточнить и объяснить некоторые закономерности и особенности роста.

Используя выравненные значения среднепериодического прироста и таксационных показателей на конец каждого периода, уточняют их динамику с возрастом. Для этого из показателя на конец всего срока осушения последовательно вычитают прирост за каждый пяти- или десятилетний период или к показателю на начало осушения последовательно прибавляют прирост по периодам.

Таким методом бывает достаточно установить ход роста древостоев по высоте, диаметру и запасу. Видовое число, сумму площадей сечений и число стволов определяют посредством функциональных связей.

Графическое или табличное изображение данных динамики таксационных показателей представляет собой, соответственно, графическую или табличную модель хода роста древостоев.

На основе изложенных методических положений, большого количества материала и длительных наблюдений за ростом осушаемых лесов разработаны таблицы хода роста модальных сосновых и еловых древостоев под влиянием гидромелиоративного воздействия. Фрагменты их приведены в табл. 1 и 2. Ход роста древостоев в таблицах дифференцирован по классам бонитета лесорастительных условий и возрасту к началу осушения. Эти показатели позволяют учесть различия в отзывчивости древостоев на мелиоративное воздействие в зависимости от их возраста, почвенного плодородия и интенсивности осушения. Таксационные показатели роста заболоченных сосняков и ельников перед мелиоративным воздействием соответствуют Va классу бонитета. Такие насаждения максимально представлены в гидролесомелиоративном фонде Европейского Севера. Линии роста древостоев в высоту, по диаметру и запасу имеют сложный характер (см. рисунок). Рост древостоев без осушения характеризуется одной линией роста. После мелиоративного воздействия характер кривых резко изменяется и рост древостоев может идти по нескольким кривым, расходящимся веером из одной точки, в зависимости от интенсивности осушения, возраста древостоев и потенциального плодородия почв. Сочетание этих факторов весьма разнообразно, поэтому и кривых роста может быть несколько. Однако все они с той или иной степенью приближения укладываются в диапазон бонитетной шкалы. В условиях Европейского Севера РФ большинство осушаемых пло-

Таблица 1

**Ход роста модальных сосновых древостоев при гидромелиоративном
воздействии в зависимости от лесорастительных условий
и возраста на начало осушения (фрагмент)**

Возраст, лет	Период осушения, лет	Средние		Число деревьев на 1 га, шт.	Сумма площадей сечений на 1 га, м ²	Среднее видовое число	Запас на 1 га, м ³	Изменение запаса на 1 га, м ³		Дополнительный прирост на 1 га, м ³	
		высота, м	диаметр, см					среднее	текущее	средний	текущий
II класс бонитета лесорастительных условий											
Возраст к началу осушения – 20 лет											
20	0	1,7	1,9	10235	2,90	1,0140	5	0,25	0,25	0	0,25
30	10	3,7	4,9	2802	5,28	0,6654	13	0,43	0,8	0,40	0,4
40	20	6,8	9,2	1297	8,62	0,5630	33	0,83	2,0	0,95	1,5
50	30	11,3	13,5	880	12,59	0,5271	75	1,50	4,2	1,83	3,6
60	40	14,7	16,6	792	17,13	0,5123	129	2,15	5,3	2,53	4,6
70	50	16,9	18,9	728	20,40	0,5047	174	2,49	4,5	2,80	3,9
80	60	18,7	20,8	659	22,37	0,4996	209	2,61	3,5	2,82	2,9

90	70	20,0	22,2	609	23,57	0,4964	234	2,60	2,5	2,69	1,9
100	80	21,0	23,2	577	24,37	0,4943	253	2,53	1,9	2,51	1,3
110	90	21,7	24,0	554	25,06	0,4928	268	2,44	1,5	2,34	1,0
120	100	22,3	24,7	531	25,45	0,4916	279	2,33	1,2	2,18	0,7

Возраст к началу осушения – 40 лет

40	0	3,5	4,2	4130	5,72	0,6994	14	0,35	0,4	0	0
50	10	5,7	7,5	1618	7,14	0,5895	24	0,48	1,0	0,40	0,4
60	20	8,8	11,8	928	10,14	0,5379	48	0,80	2,3	1,00	1,6
70	30	12,5	15,8	705	13,81	0,5155	89	1,27	4,1	1,83	3,5
80	40	15,3	18,7	646	17,73	0,5051	137	1,71	4,8	2,43	4,2
90	50	17,3	20,9	601	20,61	0,4993	178	1,98	4,1	2,64	3,5
100	60	18,8	22,6	560	22,44	0,4955	209	2,09	3,1	2,62	2,5
110	70	19,9	23,8	529	23,54	0,4932	231	2,10	2,2	2,49	1,7
120	80	20,7	24,7	509	24,38	0,4915	248	2,07	1,7	2,33	1,2
130	90	21,3	25,4	493	24,99	0,4904	261	2,01	1,3	2,17	0,9
140	100	21,8	26,0	480	25,49	0,4895	272	1,94	1,0	2,01	0,6

Возраст к началу осушения – 60 лет

60	0	5,7	7,2	1956	7,96	0,5951	27	0,45	0,7	0	0
70	10	7,9	10,2	1068	8,72	0,5516	38	0,54	1,1	0,50	0,5
80	20	10,6	14,2	718	11,37	0,5229	63	0,79	2,5	1,20	1,9
90	30	13,5	17,9	586	14,73	0,5078	101	1,12	3,8	1,87	3,2
100	40	15,9	20,5	549	18,11	0,5002	144	1,44	4,3	2,33	3,7
110	50	17,7	22,6	515	20,63	0,4956	181	1,65	3,7	2,50	3,2
120	60	18,9	24,1	492	22,45	0,4926	209	1,74	2,8	2,47	2,3
130	70	19,8	25,2	473	23,56	0,4908	229	1,76	2,0	2,34	1,6

Таблица 2

**Ход роста модальных еловых древостоев при гидромелиоративном
воздействии в зависимости от лесорастительных условий
и возраста на начало осушения (фрагмент)**

Возраст, лет	Период осушения, лет	Средние		Число деревьев на 1 га, шт.	Сумма площадей сечений на 1 га, м ²	Среднее видовое число	Запас на 1 га, м ³	Изменение запаса на 1 га, м ³		Дополнительный прирост на 1 га, м ³	
		высота, м	диаметр, см					среднее	текущее	средний	текущий

II класс бонитета лесорастительных условий

Возраст к началу осушения – 20 лет

20	0	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	10	2,7	1,7	17984	4,08	0,9078	10	0,33	0,7	0,45	0,5
40	20	4,8	4,6	4159	6,91	0,6936	23	0,58	1,3	0,72	1,0
50	30	7,9	8,5	1791	10,16	0,5856	47	0,94	2,4	1,15	2,0
60	40	11,5	12,5	1170	14,35	0,5332	88	1,47	4,1	1,78	3,7
70	50	14,3	16,0	893	17,94	0,5107	131	1,87	4,3	2,19	3,8
80	60	16,5	18,1	813	20,92	0,4984	172	2,15	4,1	2,42	3,6

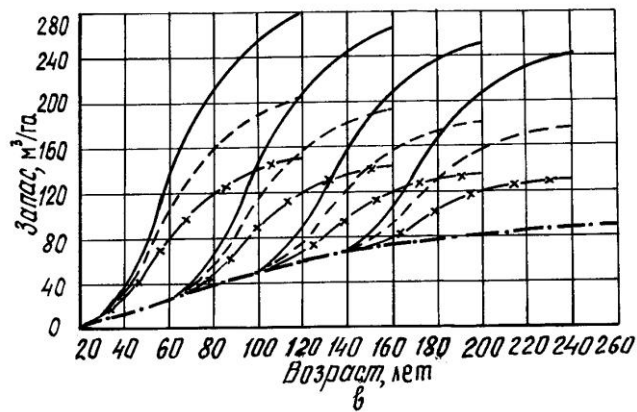
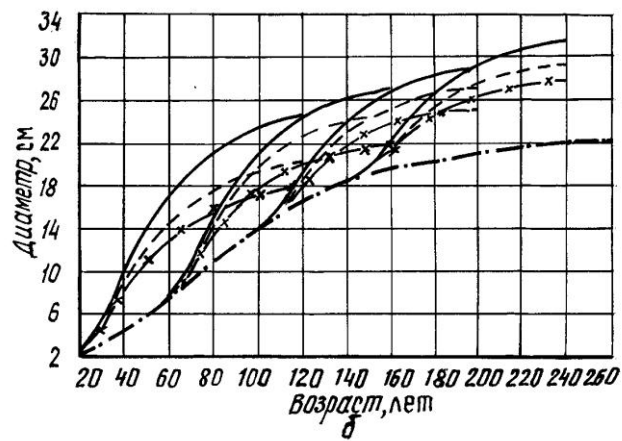
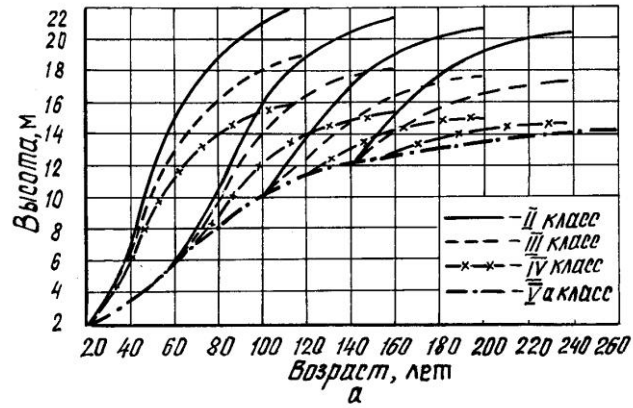
90	70	18,1	19,4	765	22,60	0,4913	201	2,23	2,9	2,41	2,4
100	80	19,2	20,7	709	23,84	0,4871	223	2,23	2,2	2,31	1,6
110	90	20,1	21,6	673	24,66	0,4841	240	2,18	1,7	2,18	1,1
120	100	20,8	22,3	649	25,35	0,4818	254	2,12	1,4	2,04	0,8

Возраст к началу осушения – 40 лет

40	0	2,5	2,4	8408	3,80	0,9469	9	0,23	0,23	0	0
50	10	4,0	4,1	4555	6,01	0,7487	18	0,36	0,9	0,50	0,5
60	20	6,1	6,9	2280	8,52	0,6350	33	0,55	1,5	0,80	1,1
70	30	9,1	10,5	1329	11,51	0,5635	59	0,84	2,6	1,23	2,1
80	40	12,5	14,0	992	15,27	0,5240	100	1,25	4,1	1,83	3,6
90	50	15,1	17,1	810	18,59	0,5058	142	1,58	4,2	2,20	3,7
100	60	17,1	19,0	758	21,48	0,4956	182	1,82	4,0	2,40	3,4
110	70	18,5	20,4	710	23,18	0,4897	210	1,91	2,8	2,37	2,2
120	80	19,6	21,4	675	24,27	0,4857	231	1,93	2,1	2,26	1,5
130	90	20,4	22,2	648	25,07	0,4829	247	1,90	1,6	2,12	1,0
140	100	21,1	22,8	628	25,62	0,4809	260	1,86	1,3	1,98	0,7

Возраст к началу осушения – 60 лет

60	0	4,1	4,8	3278	5,93	0,7406	18	0,30	0,3	0	0
70	10	5,6	6,3	2453	7,64	0,6543	28	0,40	1,0	0,50	0,5
80	20	7,7	9,0	1523	9,69	0,5899	44	0,55	1,6	0,80	1,1
90	30	10,4	12,3	1099	13,05	0,5454	74	0,82	3,0	1,35	2,5
100	40	13,5	15,3	890	16,36	0,5162	114	1,14	4,0	1,87	3,4
110	50	15,8	18,0	768	19,55	0,5019	155	1,41	4,1	2,20	3,5
120	60	17,6	19,8	718	22,11	0,4934	192	1,60	3,7	2,35	3,1
130	70	18,9	21,1	673	23,52	0,4882	217	1,67	2,5	2,28	1,9



Динамика средних высот (а), диаметров (б) и запасов сосновых древостоев (в) в зависимости от возраста их перед осушением по классам бонитета лесорастительных условий (II, III, IV); Va — класс бонитета лесорастительных условий заболоченных сосняков

щадей характеризуется II-IV классами бонитета лесорастительных условий. Диапазон возраста древостоев перед мелиорацией в пределах от 20 до 160 лет также в основном охватывает все возрастные классы осушаемых лесов. Общая закономерность всех линий роста заключается в том, что с момента начала мелиоративного воздействия постепенно увеличивается прирост, далее наступает кульминация его и затем снижение. В связи с этим кривые роста во всех случаях имеют два изгиба и могут аппроксимироваться уравнениями параболы третьего порядка, что важно при разработке прогнозных моделей изменения продуктивности древостоев в зависимости от их исходного состояния, продолжительности и интенсивности мелиоративного воздействия.

Различия в росте древостоев обусловлены разной отзывчивостью их на изменение лесорастительных условий. Среднепериодический линейный и объемный прирост существенно зависит от пород, лесорастительных условий, возрастных категорий и давности осушения. В ельниках при всех прочих равных условиях он почти всегда ниже, чем в сосняках, а кульминация его наступает позднее. Наибольший линейный прирост наблюдается в сосняках и ельниках, осушенных в молодом возрасте (до 60 лет). Максимальный прирост в высоту у них наступает в третьем и четвертом, по диаметру – во втором и третьем десятилетиях с момента начала осушения. Падение прироста после кульминации происходит примерно такими же темпами, как и повышение до нее. С увеличением возраста древостоев перед мелиорацией максимальный прирост в высоту наступает на десятилетие раньше, а по диаметру на десятилетие позднее, чем у молодых древостоев. При этом снижение его после кульминации происходит значительно медленнее, чем повышение до нее. Дифференциация прироста в высоту у ельников в зависимости от возраста выражена намного меньше, чем у сосняков. Этим и объясняется более позднее выравнивание средних высот ельников различных возрастных поколений. Дифференциация прироста по диаметру у сосняков выражена слабее, чем у ельников. Относительное различие в изменении среднепериодического общего и дополнительного прироста запаса в зависимости от возраста древостоев в сосняках примерно такое же, как в приросте по диаметру, а в ельниках, как в приросте по высоте. Максимальные значения их приходятся на четвертое десятилетие в сосняках и четвертое-пятое в ельниках.

Для определения среднего видового числа древостоев были установлены зависимости видовой высоты от средней высоты древостоев и произведения среднего диаметра на видовое число от среднего диаметра. Обе зависимости носят прямолинейный характер и аппроксимируются уравнениями линейной парной регрессии:

в сосняках

$$\begin{array}{lll} HF = 0,8768 + 0,441H; & \eta = 0,988; & m = \pm 0,0817; \\ DF = 1,05167 + 0,4487D; & \eta = 0,999; & m = \pm 0,1009; \end{array}$$

в ельниках

$$\begin{array}{lll} HF = 1,3216 + 0,4183H; & \eta = 0,956; & m = \pm 0,4547; \\ DF = 1,2055 + 0,4387D; & \eta = 0,973; & m = \pm 0,5481. \end{array}$$

Особенностью осушаемых лесов является то, что теснота связи DF с D выше, чем HF с H . Сопоставление видовых высот осушаемых и естественно произрастающих ельников показало, что до высоты 9 м HF осушаемых ельников больше соответствуют значениям HF одновозрастных естественно произрастающих ельников в северо- и среднетаежном подрайонах, при $H = 9 \dots 16$ м – условно разновозрастных, а свыше 16 м – условно разновозрастных и разновозрастных.

Полученная связь между видовой высотой и средней высотой в сосняках Европейского Севера близка к аналогичной зависимости, установленной для осушаемых сосняков Северо-Запада европейской части РФ [4]:

$$HF = 0,962 + 0,422H.$$

Разница в видовых числах, полученных по уравнениям, составляет 1-2 %.

Для использования таблиц в практике таксации (оценки эффективности лесоосушения и уровня ведения хозяйства, контроля за ростом насаждений, выбора хозяйственных решений) необходимо знать возраст древостоев, давность осушения и среднюю высоту. По этим показателям устанавливают класс бонитета лесорастительных условий и соответствующие ему значения таксационных показателей. Если лесорастительные условия у каналов при хорошем их состоянии (зона наилучшего роста) и в центре межканального пространства различаются более чем на один класс бонитета, то можно говорить о слабой интенсивности осушения. Ухудшение лесорастительных условий и роста насаждений на всем межканальном пространстве более чем на один класс бонитета свидетельствует об ухудшении состояния осушительной сети. Когда древостой на всем межканальном пространстве сравнительно однороден и может быть отнесен к одному выделу, место средних условий роста и, соответственно, пункта таксации выбирается примерно на 1/3 расстояния между осушителями в сторону уклона местности от верхового канала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дворецкий М.Л. Текущий прирост древесины ствола и древостоя / М.Л. Дворецкий. – М.: Лесн. пром-сть, 1964. – 123 с.
2. Имитационная модель для прогнозирования технического состояния гидроресомелиоративной сети, роста и продуктивности осушаемых сосняков и ельников / А.М. Тараканов. – Архангельск: СевНИИЛХ, 2000. – 63 с.
3. Методические указания по контролю качества и эффективности лесоосушения при лесоустройстве / А.М. Тараканов, Н.А. Шлендева. – Архангельск: СевНИИЛХ, 1991. – 28 с.
4. Моделирование хода роста осушенных сосняков: метод. рекомендации / А.А. Книзе, Н.А. Пирогов, Н.И. Белоброва, В.В. Морозов. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1981. – 44 с.

Северный НИИ лесного хозяйства
Поступила 04.10.04

A.M. Tarakanov

Growth Progress of Modal Pine and Spruce Stands on Drainage Areas of the European North

Growth and productivity of modal pine and spruce forests after hydro-forest-reclamation influence are investigated.

УДК 630*114.34: 630*182

Л.А. Коваленко

Коваленко Людмила Андреевна родилась в 1947 г., окончила в 1970 г. Воронежский государственный университет, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, старший научный сотрудник кафедры экологии и зооигиены Уральской государственной сельскохозяйственной академии, член-корреспондент АВН. Имеет более 100 печатных работ по изучению состояния биологической активности почвы в районах сильного антропогенного загрязнения.



ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ ЛЕСНЫХ БИОГЕОЦЕНОЗОВ НА ТЕХНОГЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ПРОМЫШЛЕННЫХ РАЙОНОВ

Рассмотрено влияние поллютантов на ферментативную активность почвы в зонах промышленного загрязнения. Обосновано применение коэффициента каталазы почвы и суммарной активности фермента для выявления стадии и фазы стресса.

Ключевые слова: ферментативная активность, почвенная экосистема, аэротехногенные поллютанты, адаптационный синдром, экологический стресс.

Изучение лесных биогеоценозов, расположенных в зоне загрязнения аэротехногенными выбросами промышленных предприятий, с использованием методов определения биологической активности (ферментативная и микробиологическая) в лесных подстилках и почвах дает богатый материал для анализа состояния почвенных экосистем, прогнозирования уровня их функционирования, оценки устойчивости биогеоценоза в целом. Большой интерес для диагностики лесных почв в условиях промышленного загрязнения представляет определение их ферментативной активности, обусловленной интенсивностью микробиологических процессов почвенных микробиоценозов. Показатели активности ферментов отражают динамику катализируемых ими окислительных процессов в почвах. Одним из ферментов, уровень активности которого соответствует интенсивности дыхательного обмена в почве [6], является каталаза (КФ 1.11.1.6).

Работа выполнялась нами в 1989–1992 гг. и была продолжена в 1999–2001 гг. в районе Полевского криолитового завода (ПКЗ) на территории лесного массива Полевского лесхоза, расположенного в 65 км к юго-западу от г. Екатеринбурга. Проведены исследования также вблизи Богословского алюминиевого завода (БАЗ) (Краснотурьинский район Свердловской области, Карпинский лесхоз) и на участках Ревдинского, Билимбаевского лесхозов, находящихся в зоне загрязнения сульфатсодержащими поллютантами, солями тяжелых металлов, попадающими в почву от близко расположенного Среднеуральского медеплавильного завода (СУМЗ).

В районе ПКЗ были заложены пять постоянных пробных площадей (ППП) в культурах сосны одного возраста на расстояниях 1; 1,5; 4 и

7 км в направлении господствующих северо-восточных ветров и на расстоянии 26 км от ПКЗ в юго-восточном направлении (условный контроль).

По лесорастительным условиям и гидротермическому режиму насаждения на всех ППП примерно одинаковы: тип леса – сосняк разнотравный, культуры сосны 30-летнего возраста; почвы серые лесные подзолистые, разной степени оподзоленности; состав древостоя 10С, с единичным включением березы, класс бонитета на ППП 4, 7 и 26 км – II, на ППП 1,0 и 1,5 км – IV, относительная полнота на ППП 1,0 и 1,5 км – 0,3 (распавшиеся культуры), на ППП 26 км – 0,9, на других – 0,8–0,9.

В районе исследований на территории Карпинского лесхоза выделены четыре ППП, расположенные в разных направлениях и на различных расстояниях от БАЗ: 4 км – в северо-западном, 5 км – в северо-восточном, 6 км – в юго-восточном, 11,5 км – в северо-восточном направлениях. Местоположение всех участков ровное. Тип леса сосняк-брусничник, сомкнутость 0,6–0,7.

В районе СУМЗ заложены три ППП на разном расстоянии: 2 и 6 км в направлении господствующих ветров, 24 км – в западном.

Образцы лесной подстилки и почвы отбирали из разрезов и прикопок на всех ППП по горизонтам O_1 , O_2 , A_1 в районе ПКЗ в течение четырех лет (1989–1992 гг.), а в районах БАЗ (1989 г.) и СУМЗ (1991 г.) – одного года. С каждой ППП отбирали по девять образцов одновременно в пяти повторностях способом «конверта» в каждый месяц вегетационного периода (с апреля по октябрь). Устанавливали полевую влажность образцов почвы.

Определяли активность ферментов: каталазы, целлюлазы (КФ 3.2.1.4) – гидролитического фермента, участвующего в разложении целлюлозы; полифенолоксидазы (КФ 1.10.3) – окислительного фермента, обеспечивающего один из процессов гумусообразования – разложение полифенольных соединений, в больших количествах содержащихся в растительном опаде хвойных; сульфатредуктазы (КФ 1.8.3), субстратом которой служат сульфатионы, попадающие в почву с аэротехногенными выбросами от ПКЗ, БАЗ, СУМЗ.

Исследования активности каталазы (АК) в лесной подстилке и почве сосновых насаждений (СН) в фоновых условиях и в зонах сильного и среднего промышленного загрязнения различными по химической природе поллютантами показали, что на всех ППП АК убывает вниз по профилю почвенного разреза. В подгоризонтах лесной подстилки АК изменяется в широких пределах в течение вегетационного периода, по годам и за весь период в целом как в зонах сильного и среднего загрязнения, так и в фоновых условиях. Суммирование показателей АК в подгоризонтах подстилки и верхнем горизонте почвы позволило более объективно оценить уровень окислительных процессов в почвенном профиле СН, выявить закономерное снижение АК в верхнем горизонте почвы (A_1) по мере приближения к источникам загрязнения на фоне усиливающейся либо значительно сниженной АК по всему почвенному профилю (табл. 1). По этой причине введен

коэффициент отношения АК в верхнем горизонте почвы к общей сумме показателей АК горизонтов почвенного профиля ($O_1 + O_2 + A_1$), который обозначен нами ККП (коэффициент каталазы почвы).

Анализ данных об изменении суммарной активности каталазы в почвенном профиле и показателя ККП в насаждениях, подвергавшихся длительному и хроническому, разной интенсивности воздействию промышленных поллютантов (табл. 1), позволил предложить эти показатели в качестве объективных критериев оценки состояния лесорастительных свойств почв [2]. Нами разработан экспресс-метод мониторинга почв в зонах техногенного

Таблица 1

Исследуемая зона загрязнения (ППП, км)	Характер загрязнения	Суммарная активность каталазы, $\text{см}^3\text{O}_2/\text{г}/\text{2мин}$	ККП, %
ПКЗ:			
ППП 1,0 км	Фтор- и серосодержащие поллютанты	$110,0 \pm 10,47$	$5,8 \pm 0,64$
« 1,5 «		$106,8 \pm 10,42$	$6,6 \pm 0,81$
« 4 «		$91,8 \pm 5,68$	$16,8 \pm 1,38$
« 7 «		$95,8 \pm 6,78$	$20,8 \pm 2,36$
БАЗ:			
ППП 4 км	То же	$63,4 \pm 6,28$	$26,9 \pm 2,51$
« 5 «			
« 6 «			
СУМЗ:			
Граница Европа–Азия, ППП 6 км	Транспортные эмиссии, серосодержащие поллютанты, соли тяжелых металлов	$26,4 \pm 2,14$	$33,7 \pm 3,87$
«Магнитка», ППП 2 км			
Условно контрольные ППП:	Транспортные эмиссии, сульфатосодержащие соединения (незначительно)	$94,7 \pm 9,11$	$20,6 \pm 2,15$
26 км ПКЗ			
11,5 км БАЗ			
24 км СУМЗ			

загрязнения. В основу метода положены показатели ККП и суммарной активности каталазы почвенного профиля пробных площадей, которые при нормальном функционировании почвенных экосистем в сосновых насаждениях Свердловской области имеют постоянные значения.

Эти показатели могут быть определены по выведенным нами формулам определения ККП и индекса (I) суммарной активности каталазы почвенного профиля исследуемых пробных площадей. Увеличение или уменьшение постоянных для серых лесных почв значений (принятых за норму) свидетельствуют о нарушении гомеостаза в почвенных экосистемах и могут рассматриваться как их ответная реакция на антропогенное воздействие.

Активность фермента определяют известным газометрическим методом [3, 5, 6], раздельно в образцах подгоризонтов подстилки (O_1, O_2) и почвы (A_1). Затем суммируют показатели активности каталазы почвенного про-

филя исследуемых постоянных пробных площадей (ППП). В качестве контрольных используют сходные по лесорастительным свойствам участки, расположенные вне зоны достоверного загрязнения промышленных и сельскохозяйственных предприятий. Суммарный показатель активности каталазы на контрольной пробной площади принимают за единицу. Индексом суммарной активности почвенного профиля исследуемой пробной площади является соотношение суммарной активности почвенного профиля исследуемой и контрольной пробных площадей. Для оценки состояния почвы используют также дополнительно введенный коэффициент каталазы почвы (ККП), полученный опытным путем на основании многолетних исследований в зонах техногенного загрязнения и влияния животноводческих объектов [4]. Коэффициент каталазной активности (ККП) и индекс суммарной активности каталазы почвенного профиля (I) для исследуемых почв определяют по формулам

$$\text{ККП} = \frac{C \cdot 100}{\sum(a + b + c)},$$

где a, b, c – показатели активности каталазы в подгоризонтах $0_1, 0_2$ и горизонте A_1 , $\text{см}^3\text{O}_2 \text{ }^{1r}/2 \text{ мин}$.

$$I = \frac{\sum(a + b + c)}{\sum(a_k + b_k + c_k)},$$

где a_k, b_k, c_k – показатели активности каталазы на контрольной пробной площади.

При отсутствии стресса $\text{ККП} = 20,6 \%$; $I = 1$.

Используя данный показатель, мы усматриваем в лесных почвах соновых насаждений развитие стресса или общего адаптационного синдрома (согласно теории Г. Селье [8]), специфического по характеру ответных реакций (изменение биологической активности лесной подстилки и почвы) и неспецифического по происхождению (возникающего под действием различных по химической природе поллютантов).

Хотя учение Г. Селье о стрессе и его стадиях касается высших организмов (человек и животные), оно имеет общебиологическое значение, поскольку выявленные им закономерности развития стресса применимы для любого живого организма, а также для биологических систем различного уровня интеграции, а значит, и для почвенных экосистем. Почва, как известно, является биокосным веществом, постоянно присутствующим в ней живые организмы осуществляют сложные биохимические процессы. Следовательно, изучать ее можно только в единстве с биотическим компонентом, т. е. как экосистему, которая заселена различными представителями почвенной биоты, включая микроорганизмы.

В лесной подстилке и почве, как и в любом живом организме, развитие адаптационного синдрома при хроническом действии различных по химической природе поллютантов протекает в несколько стадий, выделенных теорией Г. Селье. В первой стадии в организме происходят ощутимые изменения, свидетельствующие о серьезном нарушении естественных био-

логических процессов при действии стрессора. Во второй стадии для восстановления нормальной функции организма мобилизуются все его защитные резервы и восстанавливаются израсходованные энергетические запасы. Если же действие повреждающего фактора продолжается, то наступает третья стадия, в которой живой организм теряет резистентность, утрачивает адаптацию, в результате чего наступает его истощение и даже гибель.

При изучении интенсивности протекания гидролитических и окислительных реакций и особенностей микробиологических сукцессий в лесной подстилке и почве сосновых насаждений, подвергающихся длительному аэротехногенному загрязнению, нами выделена стадийность в процессе адаптации почвенных экосистем к антропогенному воздействию. По нашим представлениям, выявленные закономерности соответствуют учению об адаптационном синдроме и позволяют обозначить изменения биологической активности почв как экологический стресс почвенных экосистем.

Наиболее информативным способом определения разных стадий стресса является простой экспресс-метод определения показателей ККП и суммарной активности каталазы почвенного профиля. На основании полученных данных можно прогнозировать вероятность восстановления и нормализации лесорастительных свойств почв в зонах техногенного загрязнения.

При сравнении коэффициентов ККП лесных почв под сосновыми насаждениями в районах СУМЗ, БАЗ и ПКЗ проявились различия в степени протекания окислительных процессов (табл. 1). Так, в районе ПКЗ этот показатель на ППП 1,5 км изменялся от 3,6 до 13,0 %, в то время как на условно контрольной ППП 26 км от 12,7 до 31,6 %. В зоне промышленного загрязнения БАЗ колебания ККП на ППП 6 км резко возрастают от 6 до 27 %, на ППП 5 и 4 км от 21,4 до 37,0 %. На ППП 11,5 км коэффициент каталазы почвы составлял 14,5 ... 25,0 % и был примерно таким же, как на условно контрольной ППП в районе ПКЗ. В зоне СУМЗ наблюдалось низкое значение показателя ККП в районе «Магнитки» – 4,9 % (ППП 2 км) и намного превышающее контроль на границе Европа–Азия (33,7 %).

Следовательно, показатель ККП был одинаковым в фоновых условиях загрязнения (на условно контрольных ППП) в районах исследований ПКЗ, СУМЗ и на значительном удалении от источника загрязнения БАЗ (11,5 км). Уровень суммарной активности каталазы был высоким в каждом из почвенных профилей контрольных пробных площадей. В зонах сильного загрязнения показатель ККП либо резко понижался на фоне высокой (ПКЗ, ППП 1,5 км) или значительно сниженной (СУМЗ, ППП 2 км) суммарной активности каталазы по сравнению с условным контролем, либо превышал контрольный уровень при значительно сниженной суммарной активности каталазы (БАЗ, ППП зоны загрязнения; СУМЗ, ППП 6 км). Это являлось отражением возникающего адаптационного синдрома (стресса).

Развитие стресса проявлялось в зоне загрязнения ПКЗ на ППП 1,5 км в резком снижении по сравнению с контролем показателя ККП (более чем в 3 раза) при увеличении на 12,8 % суммарной активности каталазы

в почвенном профиле, т. е. повышении ее в подстилке и уменьшении в почве, что говорит о низком уровне окислительных процессов в почве и высоком в подстилке.

Аналогичное снижение показателя ККП по сравнению с контрольным уровнем в районе СУМЗ (ППП 2 км), напротив, может свидетельствовать о глубоком подавлении окислительных процессов и истощении адаптивных возможностей почвы, поскольку средняя суммарная активность почвенного профиля существенно ниже (в 4 раза) по сравнению с контролем. Превышение контрольного показателя ККП в 1,3 раза в районе БАЗ на фоне уменьшения активности каталазы в почвенном профиле (в 1,5 раза) может свидетельствовать о подавлении окислительных процессов в подстилке при несколько возросшем уровне его в верхнем горизонте почвы. Однако превышение показателя ККП в районе СУМЗ (ППП 6 км) в 1,5 раза по сравнению с контролем при резком снижении суммарной активности каталазы в почвенном профиле (в 3,5 раза) позволяет говорить о глубоком подавлении окислительных процессов в подгоризонтах подстилки. В то же время сохраняется (и даже несколько повышена) активность фермента в верхнем горизонте почвы, что свидетельствует об истощении защитных механизмов в лесной подстилке данной ППП.

Разнонаправленность изменения ККП и суммарной активности каталазы почвенного профиля в зонах промышленного загрязнения характеризуется как глубину стресса, вызванного поллютантами, так и разные стадии развития адаптационного синдрома.

Таким образом, выявленные закономерности позволили предположить о развитии адаптации почвенных экосистем к контаминантам как о стресс-реакции биологической системы или о развитии «общего адаптационного синдрома» почвенной экосистемы.

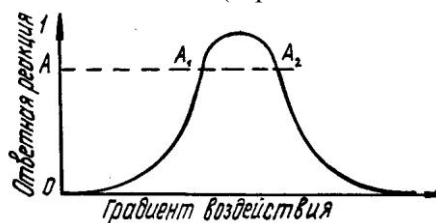
Первой стадии стресса в почвах сосновых насаждений соответствуют изменения ферментативной активности лесной подстилки и почвы в зоне среднего загрязнения фторидами и сульфатсодержащими соединениями. Вторая стадия развивается в зоне сильного загрязнения данными поллютантами, третья обнаружена в зоне критического загрязнения сульфатсодержащими соединениями и солями тяжелых металлов.

Согласно нашим представлениям о развитии экологического стресса снижение ККП по сравнению с контролем на фоне высокой активности каталазы почвенного профиля соответствует второй стадии стресса, т. е. усилению окислительных процессов в лесной подстилке как одному из механизмов адаптации, направленному на восстановление энергетических запасов почвы, израсходованных на ликвидацию нарушений. Вредные поллютанты воздействуют не одновременно на все компоненты лесного биогеоценоза, поэтому каждая стадия адаптационного синдрома развивается постепенно, поэтапно, в несколько фаз.

Нами выделены две фазы в развитии каждой стадии стресса, обусловленные характером почвенного профиля в сосновых насаждениях, под-

вергающихся длительному хроническому воздействию различных по химической природе поллютантов, в том числе отходов животноводства [2, 4].

Экосистема почвы лесного биогеоценоза, вследствие стратификации почвенного профиля на подгоризонты подстилки и горизонты почвы, складывается этими структурными элементами, различными по видовому составу обитающих в них живых организмов, качественным и количественным показателям состояния микробиоценозов в этих структурах, физико-химическим свойствам, биологической активности и др. Поэтому почвенную экосистему лесного биогеоценоза можно представить как интегральную систему, объединяющую множество более мелких: экосистемы подгоризонтов подстилки (O_1, O_2, O_3), горизонтов почвы (A_1, A_2, B). В каждой из них процессы адаптации к различным контаминантам (аэротехногенные поллютанты, различные ксенобиотики, отходы животноводческих хозяйств и т. п.) происходят в соответствии с общими закономерностями по типу кривых Шелфорда (при влиянии любых экологических факторов) и Куражковского – премудрая кривая (при действии антропогенных факторов – см. рисунок).



Лесные подстилки в первую очередь подвергаются воздействию поллютантов, содержание которых там во много раз больше, чем в нижележащих горизонтах почвы (табл. 2). В результате и адаптация к контаминантам в подстилках развивается раньше.

Например, II стадия (усиление окислительных процессов) адаптационного синдрома в подгоризонтах лесной подстилки может быть выявлена, когда в почве (горизонт A_1) окислительные процессы еще подавлены (I стадия), по сравнению с контролем (ПКЗ) – первая фаза II стадии стресса. Ко II же стадии можно отнести такое состояние почвенной экосистемы, когда в верхнем горизонте повышаются окислительные процессы (развивается II стадия), а в лесной подстилке они

График изменения одной переменной при возрастающем действии другой

Таблица 2

Горизонт	Накопление фтора в зоне влияния ПКЗ на расстоянии, км				
	1	1,5	4	7	26
O_1	227	225	85	53	5,2
O_2	877	804	165	155	5,0
A_1	37	29	19	10	1,4

уже снижены (БАЗ), т. е. наблюдается вторая фаза II стадии (см. табл. 1). Дальнейшее снижение уровня суммарной каталазной активности почвенного профиля при повышении показателя ККП по сравнению с контролем свидетельствует о переходе в III стадию стресса (СУМЗ, ППП 6 км). Для первой ее фазы характерно резкое подавление окислительных процессов в лесной подстилке (III стадия) и сохраняющееся усиление их в верхнем го-

ризонте почвы (II стадия). Переход во вторую фазу III стадии синдрома адаптации (истощение) сопровождается резким подавлением окислительных процессов в лесной подстилке и верхнем горизонте почвы (СУМЗ, ППП 2 км). Следовательно, III стадия стресса в почвах исследуемых территорий характеризуется низкими показателями как суммарной активности каталазы в почвенном профиле, так и ККП, что означает истощение защитных механизмов адаптации во всех подуровнях почвенной экосистемы лесного биогеоценоза.

Таким образом, по изменению показателей ККП и суммарной каталазной активности в почвенном профиле сосновых насаждений в зонах сильного промышленного загрязнения были выделены II и III стадии адаптационного синдрома, каждая из которых протекала в двух фазах.

Подтверждением развития разных стадий стресса в почвах в районах с разной степенью промышленного загрязнения является изменение численности микроорганизмов различных трофических групп [1] и активности ферментов целлюлазы, полифенолоксидазы и сульфатредуктазы. Так, согласно данным сотрудников проблемной лаборатории Уральской государственной лесотехнической академии, в условиях сильного промышленного загрязнения ПКЗ, БАЗ, СУМЗ сосновых насаждений при действии различных по химической природе поллютантов выявлен различный характер сукцессий микробоценозов в подгоризонтах лесной подстилки и почве, направленных на поддержание системы в стабильном состоянии.

Данные сукцессии выразались в соотношении псевдомонад, бациллярных форм бактерий и пигментного микрококка в лесных подстилках и почвах районов загрязнений; различиях в численности выделяемых штаммов микроорганизмов; снижении общего содержания микрофлоры по сравнению с почвами контрольных ППП; увеличении численности анаэробных клостридий, предположительно участвующих в детоксикации почвы в зонах загрязнения (СУМЗ).

Активное размножение олигонитрофильных бактерий, при наличии контаминантов в почвах ППП в районах ПКЗ и БАЗ, по нашему мнению, свидетельствует о развитии II стадии адаптационного синдрома, в то время как снижение их численности в районе СУМЗ на ППП 2 и 6 км, а также уменьшение на этих ППП общего содержания микроорганизмов в 32 и в 12 раз указывают на развитие III стадии. Значительное подавление биологической активности в почвенных экосистемах сосновых насаждений в зоне влияния СУМЗ подтверждают наши данные об изменении уровня активности целлюлазы лесной подстилки и почвы. Согласно этим исследованиям, существует тесная корреляционная связь ($r = 0,97$) между общим содержанием микроорганизмов и суммарной активностью фермента целлюлазы в почвенном профиле, особенно заметно выраженная на условно контрольной ППП [2]. Существенно сниженная численность микроорганизмов в верхних горизонтах почв ППП 2 и 6 км в районе СУМЗ в июле 1991 г., по сравнению с таковой в микробоценозах района ПКЗ на ППП 1,0 и 1,5 км, соответствовала значительно более низкой активности целлюлазы в районе СУМЗ. Вы-

деленные нами стадии и фазы развития экологического стресса в почвенных экосистемах сосновых насаждений техногенных зон обусловлены разными уровнями загрязнения почв промышленными поллютантами. Об этом, в частности, можно судить по изменению активности сульфатредуктазы (табл. 3), коррелирующей с концентрацией сульфат-ионов, накапливаемых в почве в середине вегетационного периода.

Нами установлено, что при повышении концентрации сульфат-ионов в определенных интервалах (БАЗ, СУМЗ) активность фермента почв возрастает, и наоборот; в то же время относительно высокие концентрации сульфат-иона подавляют активность фермента. Наибольшая активность фермента выявлена на пробных площадях, где уровень адаптации интегральной экосистемы почвы соответствует II стадии (БАЗ, ПКЗ), тогда как при III его стадии активность фермента подавлена (СУМЗ, ППП 2 км).

Анализ данных изменения биологической активности подстилки и почвы сосновых насаждений района ПКЗ (1989–1992 гг.) на ППП, удаленных от источника загрязнения на 4 и 7 км, позволил убедиться в развитии I стадии стресса (табл. 4). Так, суммарная численность колоний различных физиологических групп микроорганизмов, выросших на специализирован-

Таблица 3

Район исследования	Расстояние от источника загрязнения, км	Направление по розе ветров	Концентрация SO_4 , мг/л	Суммарная активность фермента, мг-экв $SO_4/100$ г	Стадия стресса (фаза)
ПКЗ	1,5	СВ	$8,0 \pm 1,4$	$103,5 \pm 6,41$	II (1)
	26	ЮВ	0	$43,6 \pm 3,24$	Нулевая
БАЗ	5	СВ	$19,8 \pm 2,8$	$68,6 \pm 5,56$	II (2)
	11,5	ЮВ	$4,7 \pm 0,8$	$73,7 \pm 5,63$	Нулевая
СУМЗ	2	СВ	$24,8 \pm 3,7$	$43,1 \pm 3,15$	III (2)
	24	З	$5,3 \pm 0,9$	$95,3 \pm 7,23$	Нулевая

Таблица 4

Расстояние от источника загрязнения, км	Месяц	Горизонт	Содержание основных групп микроорганизмов, тыс./1г абс. сухой почвы					Суммарная активность каталазы, КПП, %	Пределы колебаний за период вегетации
			Мясо-пептонный агар	Эшби-агар (для роста олигонитрофилов)	Крахмало-аммиачный агар	Сусло-агар (для роста микромицетов)	Общее содержание микроорганизмов на ППП/контроль (ППП 26 км)		
4	Май	O ₁	135 ± 12,2	688 ± 71,4	675 ± 64,9	0	1496/1597	90,2	78,0...102,2
		O ₂	2746 ± 284	325 ± 31,4	1964 ± 189	25 ± 2,7	5060/3413		
		A ₁	1401 ± 139	1426 ± 148,4	1240 ± 121	1 ± 0,08	4068/1653		
	Июнь	O ₁	2033 ± 189	3436 ± 384,3	3436 ± 341	49 ± 4,1	8955/3357	13,5	8,7...18,3
		O ₂	101 ± 12,4	4176 ± 398,3	22 ± 1,9	310 ± 29	4609/6111		
		A ₁	183 ± 19,4	2937 ± 311,8	1468 ± 139	48 ± 3,2	4636/4662		
	Август	O ₁	82 ± 10,2	68 ± 5,7	127 ± 11,9	0	277/86	–	–
		O ₂	71,9 ± 7,5	451 ± 47,3	784 ± 79,2	10 ± 1,2	1317/1653		
		A ₁	21 ± 1,2	0	235 ± 21,7	0	267/568		
7	Май	O ₁	525 ± 53,4	333 ± 31,2	10 ± 1,1	2 ± 0,2	871/1597	93,0	85,2...100,8
		O ₂	146 ± 14,9	351 ± 34,8	274 ± 28,1	1 ± 0,1	772/3143		
		A ₁	818 ± 71,9	410 ± 39,9	57 ± 4,8	0,5 ± 0,05	1285/1653		
	Июнь	O ₁	30 ± 2,7	2361 ± 251,4	394 ± 33,9	0,8 ± 0,1	2772/4662	19,5	17,5...21,5
		O ₂	164 ± 14,6	3478 ± 341,2	85 ± 7,9	16 ± 1,4	3740/6110		

Август	A ₁	24 ± 1,8	2971 ± 289,7	168 ± 15,4	9 ± 1,1	2772/4662	-	-
	O ₁	471 ± 39,1	160 ± 14,7	41 ± 4,2	1 ± 0,1	673/86		
	O ₂	1268 ± 134	437 ± 41,3	28 ± 1,9	96 ± 7,7	1829/1653		
	A ₁	41 ± 3,2	355 ± 34,9	6 ± 0,5	0	402/568		

ных плотных питательных средах, в образцах подстилки и почвы ППП 7 км, по сравнению с условно контрольной ППП 26 км, была существенно снижена в подгоризонтах лесной подстилки, особенно в подгоризонте O_2 и верхнем горизонте почвы в весенне-летний период. При этом суммарная активность каталазы в 1991 г. по почвенному профилю существенно не отличалась от контроля, при некотором снижении ККП.

Суммарная каталазная активность почвенного профиля и коэффициент ККП за 4 года исследований на ППП 7 км не отличались от условно контрольной ППП 26 км. Из этого следует, что подавление численности микроорганизмов поллютантами не сопровождалось усилением окислительных процессов в почве. Поэтому выявленные сдвиги в почве ППП 7 км могут быть отнесены, по нашему мнению, к первой фазе I стадии стресса.

В то же время на ППП 4 км суммарное содержание микроорганизмов значительно выше по сравнению с контрольной ППП 26 км, но значительно ниже суммарная активность каталазы и коэффициент ККП за счет небольшого замедления окислительных процессов в подстилке и почве (табл. 4). Усредненные показатели ККП и суммарной активности каталазы почвенного профиля ППП 4 км за четыре года исследований (см. табл. 1) подтверждаются результатами исследований за 1991 г. (табл. 4). Очевидно, данный характер изменений в биологической активности почвенного профиля можно отнести ко второй фазе I стадии стресса, развивающегося в почвенной экосистеме.

Иначе говоря, при I стадии экологического стресса почвенные экосистемы находятся в начальной его стадии и обладают большими адаптационными возможностями для восстановления и стабилизации.

При II стадии стресса почвенные экосистемы находятся в критическом состоянии, обусловленном воздействием поллютантов, но они обладают достаточными адаптационными способностями к восстановлению нормального функционирования нарушенной поллютантами экосистемы.

Таблица 5

Срок проведения исследований	Расстояние от СУМЗ, км	Активность каталазы, $\text{cm}^3\text{O}_2 \cdot 1\text{r} / 2 \text{ мин.}$			
		в подгоризонтах		в горизонте A_1	суммарная
		O_1	O_2		
Середина лета 1991 г.	2	$9,7 \pm 0,87$	$8,3 \pm 0,51$	$2,0 \pm 0,15$	$20,0 \pm 1,53$
	6	$8,6 \pm 0,51$	$8,9 \pm 0,53$	$8,9 \pm 0,68$	$26,4 \pm 1,72$
	24	$26,4 \pm 1,84$	$46,9 \pm 2,74$	$20,7 \pm 1,51$	$94,0 \pm 5,39$
Осень (сентябрь) 1991 г.	2	$15,1 \pm 1,37$	$12,6 \pm 1,17$	$1,2 \pm 0,14$	$28,9 \pm 1,43$
	6	$10,4 \pm 1,25$	$11,0 \pm 1,34$	$9,4 \pm 0,61$	$30,8 \pm 3,21$
	24	$29,5 \pm 2,21$	$47,5 \pm 3,95$	$19,0 \pm 1,04$	$96,0 \pm 7,20$
Середина лета 2001 г.	2	$1,0 \pm 0,08$	$1,4 \pm 0,06$	$0,3 \pm 0,01$	$2,7 \pm 0,15$
	6	$3,8 \pm 0,34$	$1,7 \pm 0,11$	$1,7 \pm 0,18$	$7,2 \pm 0,63$
	24	$32,8 \pm 2,75$	$38,2 \pm 3,34$	$19,5 \pm 1,75$	$90,5 \pm 8,35$

Осень (сентябрь) 2001 г.	2	1,4 ± 0,09	1,6 ± 0,07	0,4 ± 0,03	3,4 ± 0,23
	6	4,0 ± 0,4	4,6 ± 0,36	2,7 ± 0,11	11,3 ± 1,15
	24	31,9 ± 2,63	48,1 ± 3,37	20,5 ± 1,75	100,5 ± 8,35

Таблица 6

Расстояние от ПКЗ, км	Активность каталазы, см ³ O ₂ ^{1г/2 мин}			КПП, %	Стадия (фаза) стресса в почвен- ном профиле
	в горизонте А ₁	в подгори- зонтах 0 ₁ +0 ₂	суммарная		
0,25	1,5 ± 0,22	25,1 ± 2,51	26,5 ± 2,65	5,7	III(2)
0,75	21,0 ± 2,01	31,0 ± 2,99	52,0 ± 4,88	40,0	III(1)
1,0	22,0 ± 1,84	50,0 ± 3,74	72 ± 4,51	30,0	II(2)
1,5	15,1 ± 1,37	105,0 ± 9,17	120 ± 10,2	12,5	II(1)
2,0	14,0 ± 1,25	110,0 ± 10,34	124 ± 12,1	11,3	II(1)
2,5	13,5 ± 1,21	104,5 ± 9,95	118 ± 11,04	11,4	II(1)
4,0	16,0 ± 1,14	70,0 ± 6,31	86,0 ± 8,48	18,6	I(2)
6,5	20,0 ± 1,09	65,0 ± 5,37	85,0 ± 6,37	23,4	I(1)
7,0	20,3 ± 1,88	60,7 ± 5,26	81,0 ± 7,31	24,0	I(1)
13,5	20,5 ± 1,75	80,0 ± 6,34	100,5 ± 8,35	20,5	Нет стресса
14,0	20,8 ± 1,64	81,2 ± 6,54	102,0 ± 9,34	20,4	Нет стресса
26,0	21,0 ± 1,78	81,0 ± 2,14	102 ± 10,04	20,6	Нет стресса

III стадия, особенно вторая фаза ее развития, свидетельствует о глубоких нарушениях и необратимости почвообразовательных процессов, что подтверждается нашими исследованиями на ППП 2 и 6 км в районе СУМЗ, проведенными в 2001 г. (табл. 5).

Исследования, проведенные в зоне загрязнения СУМЗ (ППП 2 и 6 км) позволили обнаружить III стадию стресса почвенных экосистем данной территории, но они были бы неполными, без представления модели развития экологического стресса на примере какого-либо района загрязнения аэротехногенными поллютантами.

Исследования в зоне влияния ПКЗ, проведенные в 2001 г. на тех же ППП и на дополнительных пробных площадях, расположенных вблизи завода, подтвердили закономерность развития экологического стресса в почвенных экосистемах техногенных территорий и могут служить моделью этого процесса (табл. 6).

Анализ данных об изменении биологической активности в почвах сосновых насаждений техногенных территорий промышленных районов Свердловской области с применением обобщающих показателей позволил разработать принципиальную схему развития адаптации к различного рода поллютантам в почвенных экосистемах (табл. 7).

Обнаруженные процессы определяют уровни деградации почв на земной поверхности. Кроме того, биоиндикация состояния почвенных экосистем методом ферментативного анализа в условиях сильного техногенного загрязнения позволяет установить пределы толерантности почвенной биоты к уровню контаминантов в почве, что может служить основанием

для разработки нормативов предельно допустимой нагрузки на почвы техногенных территорий, а также для экологического нормирования.

Предложенный метод экспресс-диагностики лесных почв, позволяющий выявить необходимость рекультивационных мероприятий и не тре-

Таблица 7

Г почвенного профиля	ККП, %	Стадия стресса			Стадия (фаза) стресса в почвенном профиле
		в экосистемах лесных подстилок (подгоризонты O ₁ , O ₂)	в экосистемах почв (горизонт A ₁)	в почвенных микробеценозах	
1,0	20,6 ± 2,15	Нет стресса	Нет стресса	Нет стресса	Нет стресса
0,9	20,8 ± 3,38	I	Нет стресса	I	I(1)
0,9...1,1	16,8 ± 2,98	I	I	II	I(2)
1,1...1,3	8,6 ± 2,81	II	II	II	II(1)
0,6...0,8	26,9 ± 2,51	III	II	III	II(2)
0,2...0,5	33,0 ± 6,87	III	II	III	III(1)
0,2...0,3	4,8 ± 0,48	III	III	Сукцессия*	III(2)

* Увеличение численности анаэробной микрофлоры при резко сниженном содержании (на три и более порядков) всех других физиологических групп микроорганизмов. Фактически это гибель аборигенных и формирование техногенных микробеценозов [1].

бующий больших экономических затрат, может быть применен и в других почвенных условиях РФ для оценки степени деградации лесных почв под влиянием техногенного фактора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коваленко Л.А. Дестабилизация микробеценозов при развитии адаптационного синдрома в почвах лесных биогеоценозов Свердловской области, подверженных техногенному загрязнению / Л.А. Коваленко // Сб. докл. конф. «Продовольственная безопасность – 21 век». – Т. 2. – Екатеринбург: УрГСХА, 2000. – С. 212–236.
2. Коваленко Л.А. Суммарная активность каталазы и коэффициент каталазы почвы как показатели стрессового воздействия различных по химической природе поллютантов на почвы сосновых насаждений в зонах загрязнений / Л.А. Коваленко, Л.Г. Бабушкина, Н.М. Шебалова // Биологическая рекультивация нарушенных земель: матер. Междунар. совещ. – Екатеринбург: УрО РАН, 1997. – С. 113–124.
3. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д.С. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1980. – С. 145–219.
4. Судаков В.Г. Состояние биологической активности почвы в зонах загрязнения отходами свиноводства / В.Г. Судаков, Л.А. Коваленко, Г.А. Сюндюков // Сб. науч. статей фак-та технологии животноводства. – Екатеринбург: УрСХА, 2000. – С. 88–100.
5. Хазиев Ф.Х. Ферментативная активность почв / Ф.Х. Хазиев. – М.: Знание, 1976. – 276 с.
6. Щербакова Т.А. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества / Т.А. Щербакова. – Мн.: Наука и техника, 1983. – 222 с.
7. Selye H. A syndrome produced by diverse noxious agents // Natur. – London, 1936.
8. Selye H. Perspective in Stress Reseach // J. Biol. a Medicin. – 1959. – N 11.

Уральская государственная
сельскохозяйственная академия
Поступила 07.07.04

L.A. Kovalenko

Assessment of Soil Ecosystem State for Forest Biogeocenoses on Technogenic Territories in Industrial Regions

The influence of pollutants on enzymatic soil activity in industrial pollution zones is analyzed. The use of soil catalase and total enzyme activity for revealing stress stage and phase is substantiated



УДК 625.711.84+625.31

В.С. Морозов

Морозов Владимир Станиславович родился в 1955 г., окончил в 1978 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры строительной механики и сопротивления материалов Архангельского государственного технического университета. Имеет около 45 печатных работ в области строительства и эксплуатации зимних лесовозных дорог.



МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ РАСЧЕТА ТОЛЩИНЫ ОСНОВАНИЙ ЗИМ- НИХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА БОЛОТАХ

Выполнено обоснование математической модели в виде совокупности расчетных уравнений для определения минимальной толщины слоя мерзлого торфа, обеспечивающей движение транспортных средств заданной грузоподъемности по одно- и двухслойным зимним дорогам.

Ключевые слова: тип болота, тип дороги, математические модели, расчет на прочность, рекомендации.

Северные территории России характеризуются суровым климатом, продолжительной и многоснежной зимой с устойчивыми морозами, слабым развитием транспортных коммуникаций, значительной заболоченностью и т. д. При освоении этих территорий требуется построить развитую транспортную сеть, в том числе сезонные зимние автомобильные дороги.

Достоинством их являются: сравнительно низкая стоимость строительства и эксплуатации, высокая пропускная способность.

К недостаткам относят: временный и ограниченный срок эксплуатации, зависимость прочностных показателей от погодно-климатических условий местности в зимний период, быстрое разрушение проезжей части во время оттепелей и весной.

Сдерживающим фактором, определяющим срок эксплуатации сезонных зимних дорог, являются переходы через болота и водотоки, так как продолжительность их промерзания выше, чем у минерального грунта. Поэтому следует уделить больше внимания разработке методов расчета оснований зимних автомобильных дорог на переходах через болота и новых конструкций дорог, обеспечивающих продление срока их эксплуатации в осенний и весенний периоды.

Цель настоящей работы – обоснование математической модели для определения минимальной толщины слоя мерзлого торфа, обеспечивающей движение в течение всего осенне-зимне-весеннего сезона.

Для обоснования такой модели используем следующие предпосылки:

при кратковременных нагружениях допустимо рассматривать мерзлый торф как упругое тело и для расчета зимних дорог на прочность применять методы теории упругости;

для этих условий связь между напряжениями и деформациями является линейной, однако модуль упругости и предел прочности мерзлого торфа зависят от его температуры;

мерзлый торф является разномодульным материалом и имеет различные модули упругости при растяжении и сжатии;

зимние дороги на болотах являются, как правило, многослойными (минимум два слоя);

дорожную одежду зимних дорог на болотах можно рассматривать как тонкую плиту, лежащую на линейно-деформируемом основании из талого торфа, механические свойства которого оценивают коэффициентом постели основания C ;

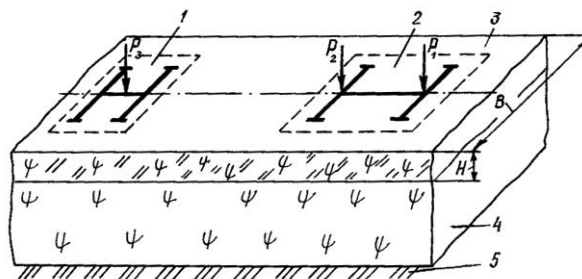
расчет требуемой толщины дорожной одежды зимних дорог на болотах ведут на прочность по допускаемым напряжениям, а возможность проезда автомобильного транспорта оценивают в наиболее неблагоприятных условиях их эксплуатации.

Отметим также, что начало ввода зимних дорог в эксплуатацию осенью совпадает с наступлением устойчивой морозной погоды. Поверхность проезжей части к этому времени имеет тонкий снежный покров (часто уплотненный), и ее температура близка к температуре воздуха, которая в этот период существенно ниже нуля. Следовательно, осенью мерзлый торф имеет сравнительно высокие механические характеристики, что допускает движение тяжелого автомобильного транспорта при толщине слоя мерзлого торфа 20 ... 35 см (в зависимости от типа болота и нагрузки от транспортного средства).

В весенний период мерзлый торф имеет значительную толщину (40 ... 50 см и более), однако его температура близка к $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, т. е. механические свойства невысоки.

В качестве расчетной схемы рассматриваем узкую плиту неограниченной длины, лежащую на линейно-деформируемом основании (рис. 1).

Рис. 1. Расчетная схема:
1 – прицеп-ропуск; 2 – автомобиль-тягач; 3 – плита из мерзлого торфа; 4 – талый торф; 5 – минеральное дно болота; P_1 , P_2 , P_3 – нагрузка на дорогу



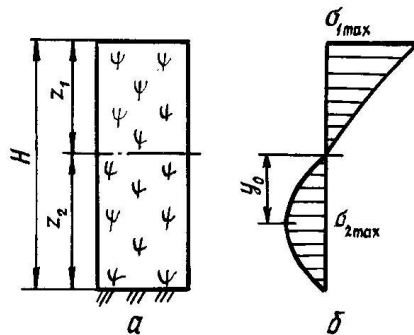


Рис. 2. Однослойная дорожная конструкция: *a* – схема дорожной конструкции; *б* – эпюра нормальных напряжений

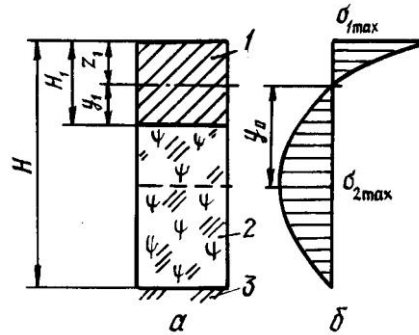


Рис. 3. Двухслойная дорожная конструкция: *a* – схема; *б* – эпюра нормальных напряжений; 1 – верхнее строение; 2 – мерзлый торф; 3 – подстилающий слой

Влияние поперечного изгиба плиты учитываем введением коэффициента поперечного изгиба α . Поперечное сечение плиты – прямоугольник со сторонами B и H . Внешняя нагрузка представлена сосредоточенными силами P , действующими от колес транспортного средства на поверхность дороги.

Методика расчета приведена в работе [2]. Схемы поперечного сечения дорожной одежды и эпюры распределения нормальных напряжений представлены на рис. 2 и 3.

Основные расчетные зависимости однослойной дорожной одежды имеют вид:

– для определения положения нейтральной плоскости:

$$v = \sqrt{\frac{E_{20}(1-\nu)^3}{E_{10}(3-\nu)}}, \quad (1)$$

где ν – относительное расстояние от поверхности проезжей части до нейтральной плоскости, $\nu = z_1/H$;

z_1 – расстояние от поверхности проезжей части до нейтральной плоскости;

H – толщина слоя мерзлого торфа;

E_{10}, E_{20} – модули упругости мерзлого торфа соответственно на сжатие и растяжение;

– для определения значений эквивалентного модуля упругости:

$$E_3 = E_{10}\nu^3(4-\nu) + E_{20}(1-\nu)^4; \quad (2)$$

– для определения значений максимальных растягивающих напряжений:

$$\sigma_{2\max} = \frac{0,3ME_{20}(1-\mu^2)(z_2y_0 + y_0^2)}{BE_3H^4k}, \quad (3)$$

где $z_2 = H - z_1$;

y_0 – расстояние от нейтральной плоскости до сечения, в котором σ_2 принимает максимальные значения, $y_0 = -z_2 / 2$;

B – ширина проезжей части;

μ – коэффициент поперечной деформации (коэффициент Пуассона);

M – система эквивалентных грузов при определении напряжений,

$$M = \sum P_i \mu_i;$$

k – коэффициент относительной жесткости основания и плиты,

$$k = \sqrt[4]{\frac{U}{4E_3 J}};$$

U – модуль упругости основания, $U = \alpha CB$;

J – момент инерции поперечного сечения, $J = BH^3 / 12$;

C – коэффициент постели;

α – коэффициент поперечного изгиба;

– условие для определения минимальной толщины дороги:

$$|\sigma_{2\max}| = [\sigma_2], \quad (4)$$

где $[\sigma_2]$ – предел прочности на растяжение, $[\sigma_2] = R_2$;

– для определения максимального прогиба полотна дороги ω :

$$\omega = k \frac{\sum P_i \eta_i}{2U}, \quad (5)$$

где $\sum P_i \eta_i$ – система эквивалентных грузов при определении прогибов;

– для определения минимальной толщины слоя мерзлого торфа:

$$H_{\min} = \left[\frac{0,075 E_{20} (1 - \mu^2) (1 - \nu)^2 \sum P_i \eta_i}{B [\sigma_2] (0,3 C \alpha E_3^3)^{0,25}} \right]^{0,8}. \quad (6)$$

В уравнении (6) линейные величины имеют размерности: длина – см; сила – Н, модуль упругости и напряжение – МПа. Множители 0,075 и 0,3 служат для согласования размерностей.

Двухслойные дороги состоят из слоя мерзлого торфа и лежащего на нем верхнего строения (снеголед, минеральный грунт, деревянные колесо-проводы и т. д.). Расчетные зависимости для них (рис. 3) имеют вид:

– нейтральная плоскость проходит по верхнему слою:

$$E_{\bar{y}} = \{ B_1 E_0 [v^3 (4 - \nu) - (\nu - \nu_1)^3 (4 - \nu - 3\nu_1)] - B_2 E_{20} [(1 - \nu)^4 - (\nu_1 - \nu)^3 (4 - \nu - 3\nu_1)] \} / B; \quad (7)$$

– нейтральная плоскость проходит по нижнему слою:

$$E_{\bar{y}} = \{ B_1 E_0 [v^3 (4 - \nu) - (\nu - \nu_1)^3 (4 - \nu - 3\nu_1)] + B_2 E_{10} [(\nu - \nu_1)^3 (4 - \nu - 3\nu_1)] + B_2 E_{20} (1 - \nu)^4 \} / B; \quad (8)$$

– нейтральная ось проходит по границе между слоями:

$$E_{\bar{y}} = [B_1 E_0 v^3 (4 - v) + B_2 E_{20} (1 - v)^4] / B; \quad (9)$$

где $v = z_1/H$; $v_1 = H_1/H$;

H_1, B_1 – соответственно толщина и ширина верхнего слоя;

H – толщина дорожной одежды;

B_2 – ширина нижнего слоя;

E_0 – модуль упругости материала верхнего слоя;

B – эквивалентная ширина дорожной одежды.

Нормальные напряжения и прогибы дорожной одежды находят по формулам (3)–(5). Если верхний слой представляет собой минеральный грунт или снеголед, то можно принять $B_1 = B_2 = B$. Для определения максимума нормальных растягивающих напряжений следует определить y_0 – расстояние от нейтральной оси до точек максимума (значение σ_2):

$$y_0 = -\frac{H - z_1}{2}. \quad (10)$$

Обозначим расстояние от нейтральной оси до нижней грани верхнего слоя $y_1 = z_1 - H$. Если $|y_0| > |y_1|$, то нейтральная ось проходит по нижнему слою, т. е. по мерзлому торфу, и $[\sigma] = [\sigma_2]$. Если $|y_0| < |y_1|$, то нейтральная ось проходит по верхнему слою и $[\sigma] = [\sigma_1]$ – пределу прочности мерзлого минерального грунта.

Для обеспечения прочности дорожных одежд при их минимальной толщине максимум нормальных растягивающих напряжений должен находиться в слое мерзлого торфа, т. е.

$$H_1 \leq \frac{H + z_1}{2}. \quad (11)$$

При температурах, близких к нулю, чрезмерное увеличение высоты насыпи для обеспечения проезда по зимним дорогам на болотах нецелесообразно.

Расчет на прочность конструкций зимних дорожных одежд на болотах многовариантен. Его результаты существенно зависят от таких факторов, как тип болота, тип грунта насыпи, температура воздуха, механические свойства материалов слоев, ширина дороги и т. п.

Приведенные формулы позволяют выполнить расчет минимальной толщины слоя мерзлого торфа для пропуска транспортных средств заданной грузоподъемности [2] по болотам различных типов и при разной температуре. Некоторые результаты расчета для однослойных дорог в сравнении с экспериментальными данными, полученными при температуре мерзлого торфа – (1 ... 10) °С, приведены в табл. 1. Данные показывают, что экспериментальные и расчетные значения хорошо сходятся при достаточно большой ширине проезжей части зимних дорог на болотах. Экспериментальные значения следует рассматривать как ориентировочные. Для практических условий их надо увеличивать на 20 ... 30 %.

Таблица 1

Тип нагрузки	Тип болота	Расчетное значение P , кН	Значения H_{\min} , см				
			экспериментальные [1]*	расчетные при B , см			
				300	500	700	900
Гусеничные машины массой до 20 т, автомобили с нагрузкой на колесо 45 кН	I	90	7/12	23	17	13	11
	II	90	8/15	28	18	15	13
Гусеничные машины массой до 45 т, автомобили с нагрузкой на колесо до 75 кН	I	140	8/15	31	22	17	14
	II	140	15/20	38	25	21	18

* В числителе данные при наличии проломов от заданной нагрузки; в знаменателе – без проломов.

Как видно из приведенных результатов, значения расчетной толщины слоя промерзания H_p зависят от четырех факторов: нагрузки P , коэффициента постели C , ширины дороги B и температуры Θ . Это позволяет записать с помощью метода множественной регрессии обобщенное уравнение для определения расчетной толщины слоя мерзлого торфа H_p :

$$H_p = 5,875 + 0,04518P + 1,1190C + 0,1690\Theta + \frac{1}{B}(6040,798 + 46,7716P + 1084,31C + 139,506\Theta). \quad (12)$$

Его можно использовать для вычисления H_p в различных производственных условиях.

Для повышения несущей способности зимних дорог на болотах применяют обычно двух-, трех- и (в общем случае) многослойные дорожные одежды.

К двухслойным (рис. 3) относят такие дороги, у которых нижним слоем является мерзлый торф, а верхним – слой из минерального грунта (насыпь), льда или снегольда, продольный (или поперечный) деревянный настил. В отдельных случаях (при соответствующем технико-экономическом обосновании) в качестве верхнего слоя допустимо использовать железобетонные плиты.

Двухслойная дорожная одежда первого типа (мерзлый торф + минеральный грунт или мерзлый торф + лед, снеголед) одинаково хорошо сопротивляется изгибу как вдоль, так и поперек дороги.

Рекомендуемые значения толщины верхнего слоя двухслойных зимних автомобильных дорог на болотах трех типов при разных температурах приведены в табл. 2.

Оптимальная толщина верхнего строения из минерального грунта составляет 25 ... 35 см. Если расчетные значения толщин меньше оптимальных, то следует рассмотреть вопрос об отказе от укладки верхнего слоя на мерзлый торф; если больше, то надо рассмотреть вопрос о применении трехслойной дорожной одежды.

Таблица 2

Тип болота	Температура, °С	Расчетные значения H_{\min} в зависимости от типа верхнего строения и ширины дороги B , см							
		Насыпь из влажного песка				Насыпь из супеси			
		300	500	700	900	300	500	700	900
I	-1	27,5	22,5	20,0	17,5	35,0	30,0	25,0	20,0
	-5	25,0	17,5	17,5	7,5	25,0	20,0	17,5	15,0
	-10	15,0	12,5	10,0	7,5	20,0	17,5	15,0	12,5
II	-1	27,5	22,5	20,0	17,5	35,0	30,0	25,0	20,0
	-5	25,0	20,0	17,5	15,0	25,0	20,0	17,5	15,0
	-10	20,0	15,0	10,0	10,0	20,0	17,5	15,0	12,5
III	-1	40,0	30,0	27,5	22,5	40,0	35,0	30,0	15,0
	-5	30,0	25,0	20,0	20,0	30,0	22,5	20,0	20,0
	-10	25,0	20,0	17,5	15,0	27,5	20,0	17,5	17,5

Укладка верхнего слоя расчетной толщины позволяет эксплуатировать дорогу при наступлении устойчивой морозной погоды, не дожидаясь образования слоя мерзлого торфа достаточной толщины. Это способствует продлению срока действия зимних дорог, что экономически оправдано.

Таким образом, применение двухслойных зимних дорог на болотах экономически целесообразно, так как позволяет эксплуатировать большегрузные транспортные средства без опасности разрушения дорожной одежды ранней осенью, при оттепелях зимой и ранней весной.

На основании представленного материала можно сделать заключение, что рассмотренные математические модели и результаты расчетов, выполненные для одно- и двухслойных зимних дорог на болотах, хорошо согласуются с опытными данными. Кроме того, в работе впервые получены расчетные зависимости и рассмотрены результаты расчетов H_{\min} в зависимости от следующих факторов: нагрузка на дорогу, тип болота (коэффициент постели), ширина дороги и температура.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вялов С.С. Строительство промысловых сооружений на мерзлом торфе / С.С. Вялов [и др.]. – М.: Недра, 1980. – 144 с.
2. Морозов В.С. Рекомендации по применению сезонных зимних лесовозных дорог на болотах: справ. пособие / В.С. Морозов. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2000. – 124 с.

Архангельский государственный
технический университет
Поступила 01.11.02

V.S. Morozov

Mathematical Model for Estimating Bed Thickness of Winter Highways on Bogs

Substantiation of mathematical model is carried out as a complex of estimated equations for determining minimal thickness of a frozen peat layer, ensuring movement of the vehicles with specified carrying capacity along single- and two-layer winter roads.

УДК 630*383.4.001.63:658.012.011.56

В.К. Курьянов, Д.Н. Афоничев

Курьянов Виктор Кузьмич родился в 1934 г., окончил в 1959 г. Воронежский лесотехнический институт., доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой транспорта леса и инженерной геодезии Воронежской государственной лесотехнической академии, академик РАЕН, заслуженный работник высшей школы РФ. Имеет более 350 печатных работ по проблемам транспорта леса, проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог, охраны окружающей среды, информационных технологий лесного комплекса.



Афоничев Дмитрий Николаевич родился в 1972 г., окончил в 1995 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, кандидат технических наук, доцент, докторант кафедры транспорта леса и инженерной геодезии ВГЛТА. Имеет 105 печатных работ по проблемам транспорта леса, проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог.



ПАРАМЕТРЫ СБОРНЫХ ПОКРЫТИЙ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Предложены методы и математические модели обоснования конструктивных параметров сборных дорожных покрытий в автоматизированном режиме на ЭВМ, учитывающие особенности эксплуатации в условиях лесного комплекса.

Ключевые слова: дорожная одежда, сборное покрытие, плита, колесопровод, проезжая часть, автопоезд, нагрузка, усилие.

Сборные покрытия автомобильных дорог являются прогрессивными и перспективными конструкциями. Они нашли применение на дорогах общего пользования и ведомственных (в том числе в лесном комплексе), постоянного и временного действия. Плиты изготавливают из железобетона, для покрытий лесовозных усов используют деревянные щиты.

Применение сборных покрытий на постоянных лесовозных автомобильных дорогах позволяет:

- 1) сократить сроки строительства и ввода дороги в эксплуатацию;
- 2) при устройстве дорожной одежды стабилизировать экологическую обстановку и уменьшить объем дорожно-строительных работ;
- 3) уменьшить объем строительного мусора в придорожной полосе;
- 4) повысить срок службы покрытия;
- 5) улучшить качество поверхности проезжей части.

Использование переносных жестких элементов в виде железобетонных плит и деревянных щитов на временных лесовозных автомобильных дорогах дает возможность:

- 1) обеспечить сохранность лесных почвогрунтов;
- 2) многократно использовать элементы покрытия;

- 3) экономить денежные и материальные ресурсы;
- 4) улучшить условия движения автопоездов на временных дорогах;
- 5) использовать лесосечные отходы для укрепления основания.

Несмотря на преимущества лесовозных дорог со сборными покрытиями, их фактический срок эксплуатации (до капитального ремонта) на многих предприятиях отрасли в 2–3 раза ниже нормативного [6, 12]. Типовые конструкции плит колесных покрытий лесовозных дорог не отвечают требованиям эксплуатации, в частности возросшим скоростям движения. Эти обстоятельства, а также высокая стоимость плит являются основной причиной отказа от широкого использования дорог со сборными покрытиями, в том числе на предприятиях лесного комплекса.

Работоспособность плит сборных дорожных покрытий определяют толщиной слоя износа. Ее оценивают общей массой груза, перевезенного по дороге [6]. В табл. 1 приведены значения износа верхнего слоя железобетонных плит в зависимости от годового грузооборота дороги.

Как видно из этой таблицы, износ дорожных плит изменяется в значительных пределах (от 0,5 до 1,0 мм в год). При толщине слоя износа плит 10 мм потенциальный срок их службы составляет 20 ... 10 лет. В большинстве случаев срок сокращается из-за осадки оснований, просадки торцов плит, механических повреждений [6, 7], что свидетельствует о несоответствии конструкций плит и покрытий реальным условиям эксплуатации. Требуются новые научно обоснованные подходы к совершенствованию методов проектирования таких дорожных конструкций.

Кафедра транспорта леса и инженерной геодезии Воронежской государственной лесотехнической академии проводит научные исследования в области ресурсосберегающих и экологически перспективных технологий эксплуатации лесовозного автомобильного транспорта. Одним из направлений работы является совершенствование строительства и проектирования

Таблица 1

Грузооборот дороги, млн т/год	Износ покрытия, мм/год, при коэффициентах a/b				
	0,40 / 0,25	0,45 / 0,35	0,50 / 0,45	0,55 / 0,55	0,60 / 0,65
0,25	0,46	0,54	0,61	0,69	0,76
0,30	0,48	0,56	0,64	0,72	0,80
0,35	0,49	0,57	0,66	0,74	0,83
0,40	0,50	0,59	0,68	0,77	0,86
0,45	0,51	0,61	0,70	0,80	0,89
0,50	0,53	0,63	0,73	0,83	0,93
0,55	0,54	0,64	0,75	0,85	0,96
0,60	0,55	0,66	0,77	0,88	0,99
0,65	0,56	0,68	0,79	0,91	1,02
0,70	0,58	0,70	0,82	0,94	1,06

Примечание. a – износ от влияния атмосферных осадков, мм/год; b – параметр, зависящий от конструкции дорожной одежды и материала покрытия, мм/млн т.

сборных и сборно-разборных покрытий лесовозных автомобильных дорог. Разработаны математические модели автоматизированного проектирования, учитывающие реальные условия и особенности эксплуатации дорог на предприятиях лесного комплекса, в частности, многоосевую подвижную нагрузку от лесовозных автопоездов, сложность транспортного потока, неблагоприятные гидрологические условия.

Ширину колесопроводов и плит B сборных колеиных покрытий определяют в зависимости от состава транспортного потока и скоростей движения транспортных средств. Задачу решают в декартовой системе координат на прямой. Находят координаты внутренней Y_0 , Y'_0 и внешней Y_1 , Y'_1 (по отношению к оси покрытия для однополосных и к кромке проезжей части для двухполосных дорог) кромок колесопроводов и кромки проезжей части (однополосная дорога) или оси покрытия (двухполосная дорога).

Ширина колесопровода B представляет собой разность координат Y_1 и Y_0 или Y'_1 и Y'_0 . Ширину межколейного b_0 и межпутного b_m пространств рассчитывают в зависимости от числа полос движения по формулам:

а) для однополосной дороги

$$b_0 = 2Y_0;$$

б) для двухполосной

$$b_0 = Y'_0 - Y_1, b_m = 2(C - Y'_1),$$

где C – ширина полосы движения, м, определяемая по методике [3].

Для транспортного средства i -го типа предельные координаты отклонения колес определяют по формулам

$$Y_{0i} = Y_A - \frac{S_{i \max}}{2} - 0,5 - 0,018v_i; Y_{1i} = Y_A - \frac{S_{i \min}}{2} + 0,5 + 0,018v_i; \quad (1)$$

$$Y'_{0i} = Y_A + \frac{S_{i \min}}{2} - 0,5 - 0,018v_i; Y'_{1i} = Y_A + \frac{S_{i \max}}{2} + 0,5 + 0,018v_i, \quad (2)$$

где $S_{i \max}$, $S_{i \min}$ – соответственно ширина наибольшей и наименьшей колеи транспортных средств i -го типа, м;

v_i – расчетная скорость движения транспортных средств i -го типа, м/с;

Y_A – координата положения оси движущегося транспортного средства при оптимальном положении его на полосе движения, м (для однополосной дороги $Y_A = 0$),

$$Y_A = 0,35 + 0,018v_0 + \frac{d_0 + S_{\max}}{4}, \quad (3)$$

где v_0 – скорость транспортного средства, для которого ширина коридора движения равна ширине полосы движения, м/с [5];

d_0 , S_{\max} – соответственно габаритная ширина и ширина колеи данного транспортного средства, м.

Таблица 2

Число полос движения	Ширина полосы C , м	Ширина коле-сопровода B , м	Ширина межколейного пространства b_0 , м
2	3,81	1,57	0,32
1	<u>3,46</u>	<u>1,57</u>	<u>0,32</u>
	3,63	1,74	0,15

Примечание. В числителе параметры при движении в одном, в знаменателе – в двух направлениях.

Из полученных совокупностей координат предельного отклонения колес транспортных средств выбирают максимальные и минимальные, которые будут координатами соответственно внешних и внутренних кромок колесопроводов.

Результаты расчета параметров проезжей части дорог с колежными покрытиями приведены в табл. 2, из которых следует, что в современных условиях требуется увеличить ширину дорожной плиты. Это продиктовано параметрами парка автотранспортных средств на предприятиях лесного комплекса и составом транспортных потоков.

При проектировании сборных покрытий необходимо установить усилия в их конструктивных элементах от внешней многоосевой подвижной нагрузки, моделируя на ЭВМ нагружение покрытий. Производят имитацию перемещения внешних грузов (колес автопоезда), реализуемую специальными алгоритмами и ЭВМ-программами, разработанными авторами. В основе расчета лежит метод проф. Б.Н. Жемочкина [2, 5]. Математическое обеспечение автоматизированного расчета позволило повысить точность определения усилий в конструктивных элементах сборных дорожных покрытий.

Задачу оценки напряженного состояния сборного дорожного покрытия решают в два этапа: определяют давление на основание с расчетом его толщины и устанавливают экстремальные изгибающие моменты в плите с расчетом усилий в стыковых соединениях. При помощи специально разработанного алгоритма на ЭВМ моделируют все возможные положения внешней нагрузки от автомобиля.

Давление, передаваемое плитой на основание, зависит от расположения внешних грузов [3]. Оно сложным образом распределено по опорной поверхности плиты и связано со свойствами материалов слоев основания дорожной одежды. Толщину основания дорожной одежды h_0 , которая обеспечивает его необходимую несущую способность, устанавливают по максимальному давлению p_{max} , возникающему под плитой при движении транспортного средства. Таким образом, разработка конструкции основания и поиск максимального давления, передаваемого на него плитой, представляют одну задачу, целевая функция решения которой имеет вид

$$\begin{cases} h_0 = f(p_{\max}) \rightarrow \max; \\ p_{\max} = f(\alpha, x_\alpha, P_0, P_1, \dots, P_n, x_1, x_2, \dots, x_n) \rightarrow \max, \end{cases} \quad (4)$$

где P_0 – вес плиты, представленный в виде распределенной нагрузки по ее длине, Н/м;
 P_1, P_2, \dots, P_n – сосредоточенные нагрузки на плиту от колес автопоезда и в стыковых соединениях (P_1 и P_n), Н;
 x_1, x_2, \dots, x_n – координаты сосредоточенных сил от левого конца плиты, м;
 α – номер оси автопоезда, для которой задается исходная координата положения на плите x_α и определяются координаты расположения внешних нагрузок на расчетной схеме из трех плит [5, 10].

Результаты расчета толщины основания и максимального давления от плиты на основание приводят в виде диаграмм распределения.

Для задаваемых и варьируемых параметров плиты (толщина H и длина L) устанавливают экстремальные значения продольного изгибающего момента $M(x)$:

$$\begin{cases} \dot{I}(\delta) = (f(\alpha, x_\alpha) > 0) \rightarrow \max; \\ \dot{I}(\delta) = (f(\alpha, x_\alpha) < 0) \rightarrow \min. \end{cases} \quad (5)$$

Экстремальные значения положительного M_{\max} и отрицательного M_{\min} моментов в плите позволяют предварительно оценить параметры последней:

$$\begin{cases} \dot{I}_{\max} = f(H, L) \rightarrow \min; \\ |\dot{I}_{\min}| = |f(H, L)| \rightarrow \min. \end{cases} \quad (6)$$

Задачу поиска экстремальных изгибающих моментов решают на ЭВМ при реализации метода улучшенного перебора. В результате строят диаграммы распределения экстремальных моментов в зависимости от параметров плит.

Конструктивные параметры сборных покрытий лесовозных автомобильных дорог оптимизируют методом улучшенного перебора. Критерием оптимизации служит минимум – суммарных приведенных затрат на строительство и эксплуатацию дорожной одежды со сборным покрытием:

$$Z_0 = Z + Z' + Z'' \rightarrow \min, \quad (7)$$

где Z, Z', Z'' – соответственно приведенные строительные, эксплуатационные затраты и эксплуатационные потери, р./м.

По каждому из показателей Z, Z', Z'' составляют калькуляции соответствующих затрат в зависимости от конструкции дорожной плиты и покрытия (материалы плит и оснований, стыковые соединения) [4]. Последний показатель включает потери от дорожно-транспортных происшествий, обу-

словенных неровностями сборного покрытия – пороговыми уступами в поперечных швах [1, 9].

Применение плит шириной 1,50 ... 1,75 м на лесовозных дорогах приведет к увеличению строительных затрат по сравнению с типовыми конструкциями плит шириной 1,0 ... 1,2 м. Увеличение ширины колесопроводов способствует повышению скорости и безопасности движения [5, 8, 11] и производительности подвижного состава. Так, при ширине колесопровода 1,0 ... 1,4; 1,5; 1,6; 1,7 и 1,75 м обеспеченная скорость движения автопоезда КраЗ-6437+ГКБ-9362 составляет соответственно 4,0 ... 6,9; 7,2; 10,0; 12,8 и 14,2 м/с.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Высоцкий Ю.Н.* Оценка эксплуатационного состояния сборных дорожных покрытий / Ю.Н. Высоцкий, Ю.В. Петешов // Вопросы проектирования дорожных одежд со сборными и монолитными цементобетонными покрытиями: сб. науч. тр. / СоюздорНИИ. – М.: Транспорт, 1983. – С. 42–48.
2. *Жемочкин Б.Н.* Практические методы расчета фундаментальных балок и плит на упругом основании / Б.Н. Жемочкин, А.П. Сеницын. – М.: Стройиздат, 1962. – 239 с.
3. *Коновалов С.В.* Общая методика исследований железобетонных колеиных покрытий и некоторые результаты выполненных на ее основе испытаний / С.В. Коновалов // Механизация лесозаготовок и транспорт леса: тр. ЦНИИМЭ. – Химки, 1964. – С. 41–118.
4. *Кузнецов Д.М.* Вопросы разработки экономически эффективных конструкций плит сборных дорожных покрытий / Д.М. Кузнецов // Совершенствование конструкции дорожных бетонных покрытий и повышение качества бетона: тр. СоюздорНИИ. – Балашиха, 1968. – С. 193–204.
5. *Курьянов В.К.* Совершенствование проектных решений сборных покрытий автомобильных дорог в системе автоматизированного проектирования / В.К. Курьянов, Д.Н. Афоничев. – Воронеж: ВГЛТА, 2000. – 180 с.
6. *Леонович И.И.* Эксплуатация лесных дорог / И.И. Леонович, А.Л. Оковтый. – Минск: Высш. шк., 1972. – 446 с.
7. *Петровский Л.В.* О работе железобетонных плит дорожных покрытий на лесовозных дорогах / Л.В. Петровский // Лесосечные, лесоскладские работы и транспорт леса: межвуз. сб. науч. тр. – Л.: ЛТА, 1970. – С. 28.
8. *Савельев В.В.* Совершенствование конструкций железобетонных плит из мелкозернистых бетонов для колеиных покрытий лесовозных автомобильных дорог: дис. ... канд. техн. наук / В.В. Савельев; Мар. гос. техн. ун-т, 1997. – 287 с.
9. *Сергеев П.Г.* Исследование неровностей порогового типа лесовозных дорог с колеиным покрытием из плит / П.Г. Сергеев, Г.З. Ильин // Организация строительства и эксплуатации лесовозных дорог: межвуз. сб. науч. тр. – Свердловск: УПИ, 1977. – С. 110–115.
10. *Симвулиди И.А.* Составные балки на упругом основании / И.А. Симвулиди. – М.: Высш. шк., 1961. – 204 с.
11. *Слезкин А.В.* Магистральным путям – надежное покрытие / А.В. Слезкин, Л.В. Петровский, М.Н. Леонтьев // Лесн. пром-сть. – 1987. – № 2. – С. 19.

12. Чубов Н.И. Стабилизация устойчивости лесовозных колейных автомобильных дорог / Н.И. Чубов, В.К. Курьянов, Д.Н. Афоничев; Воронеж. гос. лесотехн. акад. – Воронеж, 1995. – 173 с. – Деп. в ВИНТИ 20.12.95, № 1651–В95.

Воронежская государственная
лесотехническая академия

Поступила 15.04.03

V.K. Kuryanov, D.N. Afonichev

Parameters of Prefabricated Surfacing for Wood Tracks

Methods and mathematical models proving constructive parameters of prefabricated surfacing in the PC automated mode are offered, taking into account the operational peculiarities of forest complex.

УДК 630*848.7: 621.798.4

П. Ф. Войтко

Войтко Петр Филиппович родился в 1945 г., окончил в 1968 г. Марийский политехнический институт, кандидат технических наук, профессор кафедры транспорта леса Марийского государственного технического университета, заслуженный деятель науки Республики Марий Эл. Имеет 86 печатных работ в области водного транспорта леса и лесоперевалочных процессов.



МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ ПЕРЕДВИЖНЫХ И ПЕРЕНОСНЫХ ТОРЦЕВЫРАВНИВАТЕЛЕЙ НА РЕЙДАХ ПРИПЛАВА ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Составлена методика и получены экспериментальные результаты производственных испытаний передвижных ТПК-10, ЛВ-169 и переносных К-127, К-142, К-153 торцевывравнивателей на предприятиях с рейдами приплава.

Ключевые слова: методика экспериментальных исследований, производственные испытания передвижных и переносных торцевывравнивателей, предприятия с рейдами приплава.

Цель наших экспериментальных исследований – проведение производственных испытаний торцевывравнивающих устройств, обеспечивающих качественное формирование пачек круглых лесоматериалов на лесопромышленных предприятиях для последующей их погрузки на транспортные средства.

Объектами производственных испытаний служили изготовленные на ЭПЗ ВКНИИВОЛТ экспериментальные образцы торцевывравнивателей: передвижных ТПК-10, ЛВ-169 к башенным кранам КБ-572, КБ-578; гравитационных с поворотными щитами К-127, К-142, К-153 для формирования пачек круглых лесоматериалов в технологических процессах лесоперевалочных и лесоскладских работ предприятий лесного комплекса.

Предметом исследований являются: усилия торцевания пачек круглых лесоматериалов передвижными и гравитационными торцевывравнивателями; основные параметры торцевывравнивающих устройств, адаптированных к производственным условиям лесопромышленных предприятий.

Разработаны программа и методика экспериментальных исследований торцевывравнивающих устройств к башенным и порталным кранам в заводских и производственных условиях (табл. 1).

Таблица 1

Методика экспериментальных исследований

Этапы исследований	Содержание работы и метод исследований
1. Подготовка экспериментальных исследований	1.1.1. Определение усилий торцевания пачек и пакетов круглых лесоматериалов передвижными и гравитационными торцевывравнителями тензометрическим методом
1.1. Выявление цели и постановка задачи	1.1.2. Установление дополнительных нагрузок на башенный кран от действия передвижного торцевывравнителя тензометрическим методом
	1.1.3. Измерение мощности механизма привода торцевывравнителя электрическим методом
	1.1.4. Установление геометрических параметров и структуры пучков, пакетов, пачек круглых лесоматериалов фотографическим методом
	1.1.5. Уточнение основных параметров торцевывравняющих устройств методом сравнения
1.2. Выбор поверхности отклика	1.2.1. Теоретический анализ процесса торцевания круглых лесоматериалов методом математического моделирования
	1.2.2. Постановка эксперимента с применением метода экспертных оценок
	1.2.3. Литературный и патентный поиск
1.3. Определение варьируемых независимых факторов	1.3.1. Постановка отсеивающих экспериментов классическим методом
1.4. Выбор уровней варьируемых факторов	1.4.1. Определение количественных и качественных факторов
	1.4.2. Определение фиксированных и случайных факторов
1.5. Планирование эксперимента	1.5.1. Составление плана эксперимента методом исследования существенных факторов
	1.5.2. Установление порядка постановки опытов с помощью таблицы случайных чисел

Продолжение табл. 1

Этапы исследований	Содержание работы и метод исследований
2. Проведение экспериментальных исследований	2.1. Разработка программы и методики производственных исследований передвижных торцевывравнителей
	2.2. Конструирование и изготовление измерительных приборов и аппаратуры для экспериментальных исследований системы машин КБ-572 и ТПК-10, ЛВ-169
	2.3. Проведение производственных испытаний передвижных торцевывравнителей ТПК-10, ЛВ-169 на Кировской ЛПБ
	2.4. Разработка программы и методики экспериментальных исследований гравитационных торцевывравнителей К-127, К-142, К-153
	2.5. Конструирование и изготовление измерительных приборов и аппаратуры для экспериментальных исследований гравитационных торцевывравнителей
	2.6. Проведение экспериментальных исследований гравитационных торцевывравнителей на монтажной площадке ЭПЗ ВКНИИВОЛТ

- | | |
|---|--|
| <p>3. Обработка и анализ полученных результатов</p> <p>3.1. Обработка осциллограмм тензометрирования</p> <p>3.2. Обработка фотографий торцов пакетов и пачек круглых лесоматериалов</p> <p>3.3. Обработка опытных данных с использованием ПВМ по стандартным программам</p> <p>3.4. Анализ обработанных результатов</p> | <p>2.7. Проведение производственных испытаний гравитационного торцевывравнивателя К-127 на Болтинской ЛПБ</p> <p>2.8. Проведение производственных испытаний торцевывравнивателей К-142 на Болтинской и Лимендской ЛПБ</p> <p>2.9. Проведение производственных испытаний торцевывравнивателей К-153 на Човской и Жешартской ЛПБ, в Сыктывдинском ЛПХ</p> <p>3.1.1. Расшифровка осциллограмм тензометрирования с помощью преобразователя диаграмм типа Ф001 методом ПИК без учета собственных колебаний измерительных приборов</p> <p>3.2.1. Установление количества: сортиментов в пачке, выступающих круглых лесоматериалов в торцах методом пересчета</p> <p>3.2.2. Определение площади торцов пакета круглых лесоматериалов с помощью полярного планиметра</p> <p>3.3.1. Отбрасывание грубых измерений</p> <p>3.3.2. Вычисление главных статистических гипотез и их проверка</p> <p>3.3.3. Дисперсионный анализ</p> <p>3.3.4. Корреляционный анализ</p> <p>3.3.5. Регрессионный анализ</p> <p>3.4.1. Составление сводной таблицы обработанных результатов и построение графоаналитических зависимостей</p> <p>3.4.2. Сравнение данных теоретических и экспериментальных исследований</p> |
|---|--|

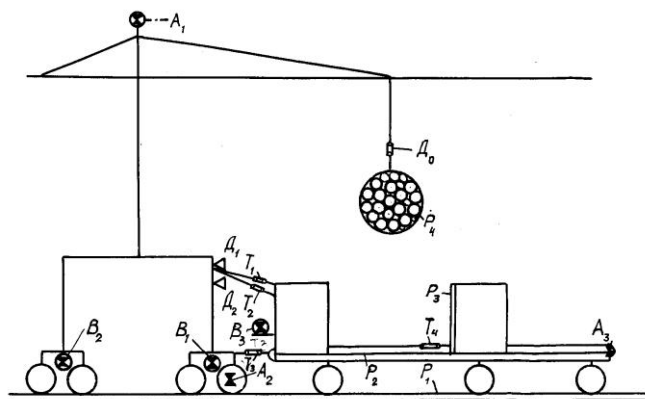


Рис. 1. Схема расположения измерительных приборов при тензометрических испытаниях торцевателя ТПК-10 и крана КБ-572

Торцевывравниватели испытывали в заводских условиях на промышленной площадке ЭПЗ ВКНИИВОЛТ [1], где расположены: консольно-

козловой кран ККС-10; различные пачки круглых лесоматериалов по породам, длинам, диаметрам, сбежистости, закомелистости, высоте сучьев; необходимые измерительные приборы и регистрирующая аппаратура. В результате заводских испытаний уточняли основные параметры тоцевыравнивающих устройств. Тензометрические исследования показали, что усилия торцевания пачек круглых лесоматериалов были выше расчетных, что потребовало доработки ряда узлов, а следовательно, дополнительных исследований модернизированных конструкций торцевыравнивателей в производственных условиях.

Производственные испытания передвижных торцевыравнивателей ТПК-10 и ЛВ-169 (рис. 1) проводили на Кировской лесоперевалочной базе [4, 5], при совместной работе с башенными кранами КБ-572А, КБ-572Б (табл. 2) на погрузке круглых лесоматериалов в вагоны МПС по схемам: автомобиль – вагон или штабель – вагон. В процессе экспериментальных исследований торцевыравнивающие устройства подвергали статическим и динамическим испытаниям в рабочем состоянии. Статические испытания производили для следующих операций: 1) учет влияния собственного веса торцевыравнивателя на лесопогрузчик; 2) погрузка лесоматериалов в торцевыравниватель; 3) подъем груза из торцевыравнивателя; 4) опускание груза на край торцевыравнивателя; 5) удар груза о торцеватель; 6) торцевание пачек круглых лесоматериалов различных параметров. Номинальная масса груза 10 т, скорость подъема – 20 м/мин, поворота – 0,6 об/мин.

Динамические испытания торцевыравнивателей в рабочем состоянии проводили при следующих положениях стрелы крана КБ-572: 1) перпендикулярно подкрановым путям, когда груз на крюке крана расположен в сторону рельса, на котором смонтирован торцевыравниватель; 2) парал-

Таблица 2

Измерительные приборы, применяемые при испытаниях торцевыравнивателя ТПК-10 и крана КБ-572

Прибор	Тип	Обозначение на рис. 1	Назначение
Тензорезистор	2ПКТП-20-200ГВ	D_1 D_2	Измерение напряжений в портале крана
Тензотяга	2ПКТП-20-200ГВ	T_1 T_2 T_3 T_4	Измерение усилий в талрепах крепления торцевыравнивателя ТПК-10 к лесопогрузчику КБ-572 Измерение усилий торцевания
Динамометр	ДР-8 ДПЧ-5	D_0 D_0	Измерение статических нагрузок на крюк крана
Ваттметр	Н-348 Н-348 Н-348	B_1 B_2 B_3	Измерение мощностей электродвигателей механизма передвижения крана Измерение мощностей электродвигателя механизма торцевания

Рейка	Металлическая лента	P_1	Измерение перемещений крана
		P_2	Измерение перемещений люльки торцевателя
	Высотомерная линейка	P_3	Измерение перемещений груза в торцевателе
		P_4	Измерение геометрических параметров круглых лесоматериалов
Анемометр Секундомер	М-95	A_1	Измерение скорости ветра
		A_2	Измерение скорости движения крана и подвижной люльки ТПК-10
		A_3	

лельно оси подкранового пути, груз расположен со стороны торцевывравнителя. Масса груза в торцевывравнителе превышала его номинальную грузоподъемность на 25 % и составляла 12,5 т; на крюке башенного крана груз массой 10 т на максимальном вылете стрелы. Проводили также испытания при аварийных ситуациях на случай схода торцевывравнителя с рельса.

Анализ результатов тензометрических испытаний [2] системы машин КБ-572 и торцевывравнителей ТПК-10, ЛВ-169 показал:

- нагрузки на кран от торцевывравнителя при статических и динамических испытаниях составляют 80 % от расчетных [4] и достигают максимума при опускании груза на удаленный край торцевывравнителя;

- нагрузка ведущей и ведомой пар электродвигателей механизма передвижения крана КБ-572 совместно с торцевывравнителем максимальна при аварийной ситуации наезда торцевывравнителя на башмак и равна соответственно 7,89 и 7,81 кВт, что превышает номинальную мощность на 11,5 и 11,0 %;

- фактические усилия торцевания передвижными торцевывравнителями различных пачек круглых лесоматериалов подтвердили теоретические зависимости [4] с максимальным отклонением 5,14 %, а фактическое усилие торцевывравнивания 121,18 кН не превышало расчетного 150 кН, принятого при проектировании торцевывравнителей;

- максимальная мощность электродвигателя привода ТПК-10 достигала 29,2 кВт при торцевании сортиментной пачки весом 98 кН, что ниже расчетной 40 кВт;

- положительный результат экспериментальных исследований на Кировской ЛПБ послужил основанием для согласования с ВНИИстройдормашем и Госгортехнадзором совместной эксплуатации лесопогрузчика КБ-572 и передвижных торцевывравнителей ТПК-10 или ЛВ-169.

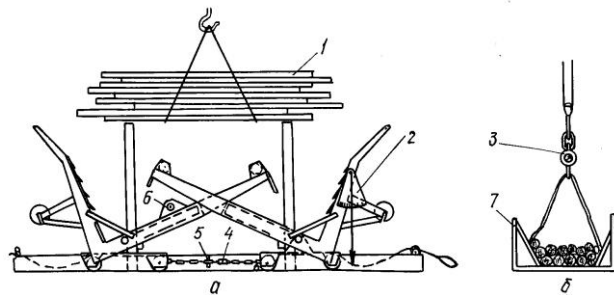
Производственные испытания переносных гравитационных торцевывравнителей К-127, К-142, К-153 проводили на лесопромышленных предприятиях с рейдами приплава ЛПО «Архангельсклеспром» и «Комилеспром». На Болтинской ЛПБ выполняли испытания К-127, К-142 на участке выгрузки пучков листовых балансов из р. Малая Сев. Двина и погрузки их на автомобили для перевозки на Котласский ЦБК. Торцевывравнители устанавливали на подкрановых путях башенных кранов БКСМ-4ПМ и КБ-572 рядом с приемными эстакадами выгрузочных устройств К-125.

На Лимендской ЛПБ торцевывравниватель К-142 находился в составе поточной линии ЦЛР-160 для погрузки экспортных березовых балансов консольно-козловым краном ККС-10 или железнодорожным краном в полувагоны МПС по технологическим схемам: накопитель – вагон, штабель – вагон, вода – вагон.

Торцевывравниватели К-153 испытывали на предприятиях: Човской ЛПБ для перегрузки круглых лесоматериалов краном КБ-572А с автомобильного на железнодорожный транспорт по вариантам автомобиль – вагон, штабель – вагон, накопитель – вагон; Жешартской ЛПБ для перегрузки древесины кранами Ганц и КБ-572 с водного на железнодорожный транспорт по вариантам: плот – вагон, штабель – вагон; Сыктывдинском ЛПХ для погрузки круглых лесоматериалов консольно-козловым краном ККС-10 на железнодорожный или автомобильный транспорт по вариантам: накопитель – вагон, штабель – вагон, накопитель – автомобиль, штабель – автомобиль.

В процессе приемо-сдаточных испытаний гравитационные торцевывравниватели подвергали статическим и динамическим испытаниям в рабочем состоянии. Объем наработки гравитационного торцевывравнивателя в производственных условиях составлял не менее 5400 м³. При статических и динамических испытаниях (рис. 2) измеряли следующие параметры гравитационного торцевывравнивателя: конструктивную массу m ; удельную массу $K_{у.м}$; угол наклона горизонтальной части Г-образных щитов в исходном положении α_1 ; минимальное усилие торцевывравнивающих щитов F_{\min} , действующее на рычагах торцевывравнивателя; усилие торцевания, развиваемое щитом $F_{\text{тор}}$; наименьшую L_{\min} и наибольшую L_{\max} длину формируемых пачек бревен; работоспособность трособлочной системы по перестановке щитов на требуемую длину пачек бревен; наибольший объем пачки бревен W_{\max} , размещаемой в формирующем устройстве торцевывравнивателя; раз-

Рис. 2. Схема расположения измерительных приборов на торцевывравнивателе К-142: а – вид сбоку; б – вид с торца; 1 – пачка бревен; 2 – угломер из оргстекла; 3, 4 – динамометры; 5 – промежуточная опора; 6 – угломер УУБ-1; 7 – накопитель



брос торцов круглых лесоматериалов в пачке $\pm \Delta L$; влияние горизонтальных ребер на качество торцевания пачек бревен.

Производственные испытания позволили уточнить основные параметры переносных торцевывравнивающих устройств К-127, К-142, К-153 (табл. 3). Экспериментальные исследования гравитационных торцевывравнивателей подтвердили повышение качества торцевания пачек круглых лесоматериалов поворотными щитами, оснащенными горизонтальными

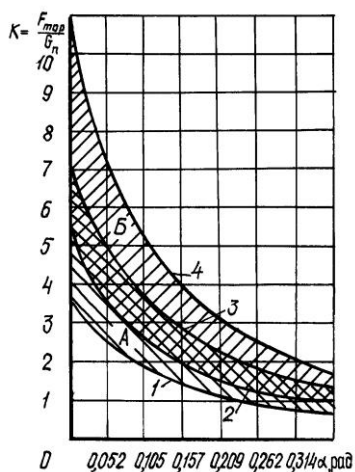
Таблица 3

Основные параметры гравитационных торцевывравнивателей

с поворотными щитами

Параметр	К-127	К-142	К-153
Тип торцевывравнивателя	Гравитационный, переносной		
Тип крана	БКСМ-14ПМ	ККС-10	ККС-10
Установка щитов на требуемую длину бревен	Краном		
Длина выравниваемых пачек бревен, м	4 ... 6		
Наибольший объем пачки, м ³	12	14	12
Разброс торцов бревен в пачке, м	±0,7	±0,7	±0,7
Угол наклона рычагов в исходном положении, рад	0,4014	0,4014	0,4014
Минимальное усилие на рычагах, кН	1,57	1,86	1,90
Усилие торцевания щита, кН	111,7	296,7	264,9
Масса конструктивная, кг	5500	6500	7000
Удельная масса, кг/м ³	458,3	465,0	465,0
Геометрические размеры, м:			
длина	9,00	8,50	8,00
ширина	3,116	3,13	3,80
высота	3,20	3,45	3,90
Конструкция горизонтальной части Г-образного щита	Нераздвижная	Телескопическая	
Угол наклона ребер к поверхности щита, рад	0,07	0,014	0,105
Высота выступа ребра, мм	40	45	35
Удельная трудоемкость изготовления, ч/м ³	115	127	130
Время цикла, с	59	48	48
Расчетная производительность, м ³ /ч	36	72	72
Ориентировочная стоимость, тыс. р.	226	269	288
Срок службы до первого капитального ремонта, лет	5	5	5

Рис. 3. График зависимости относительного усилия торцевания, развиваемого поворотным щитом без ребер (K), от угла поворота щита (α): A , B – зоны усилия торцевания, развиваемые поворотным щитом, соответственно со смещенной осью поворота и осью поворота, размещенной на одной линии с рабочей поверхностью щита; $1 - a = 0$; $2 - a_1 = 0$; $3 - a = g$; $4 - a_1 = g$;



ребрами, а также закономерности изменения усилия торцевания от значимых факторов (рис. 3). Расхождение результатов теоретических [3, 4] и экспериментальных исследований не превышало 8 ... 10 % (рис. 4).

Благодаря оснащению внутренней рабочей поверхности вертикальной части Г-образных щитов гравитационного торцевывравнивателя горизонтальными и вертикальными ребрами улучшился процесс торцевания, уменьшилось костврение круглых лесоматериалов в торцевывравнивателе, возросло усилие торцевания щита на 30 % [6].

Разработаны улучшения конструктивных параметров торцевывравнивателей с тами. Необходимо, ружкция горизонтальной

образного щита была телескопической; 2) ось поворота щита находилась на одной линии с вертикальной частью Г-образного щита; 3) соблюдалось постоянство расстояния между грузовыми балками; 4) угол наклона горизонтальных ребер к поверхности щита составлял 0,0524 ... 0,1047 рад, а высота выступа ребра – 30 ... 40 мм; 5) высота размещения ребер от верха щита не превышала 1/3 высоты, занимаемой пачкой; 6) пачка бревен опускалась в торцевывравниватель с ускорением, равным ускорению свободного падения; 7) разброс торцов бревен в пачке не превышал $\pm 0,7$ м; 8) фактический коэффициент выравнивания пачек бревен был не более 0,482.

Внедрены в производство лесопромышленных предприятий с рейдами приплава переносные гравитационные торцевывравниватели с поворотными щитами: на Болтинской ЛПБ – два К-127 и К-142; на Лимендской ЛПБ – К-142; три модернизированных К-153 на Човской и Жешартской ЛПБ, в Сыктывдинском ЛПХ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисов М.В. Торцеватель ЛВ-169 / В.В. Борисов, В.В. Мишин // Лесоэксплуатация и лесосплав: науч.-техн. реф. сб. / ВНИПИЭИлеспром. – 1981. – № 5. – С. 8.
2. Войтко П.Ф. Расчет нагрузки на башенный кран от действия передвижного торцевывравнивателя / П.Ф. Войтко // Лесн. журн.– 2002. – № 4. – С. 77–83. – (Изв. высш. учеб. заведений).
3. Войтко П.Ф. Математические модели формирования лесных грузов гравитационными торцевывравнивателями / П.Ф. Войтко // Лесн. журн. – 2003. – № 4. – С. 56–65. – (Изв. высш. учеб. заведений).
4. Войтко П.Ф. Формирование лесных грузов на предприятиях с рейдами приплава / П.Ф. Войтко. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2003. – 495с. – Деп. в ВИНТИ 24.07.03; №1458-В2003.

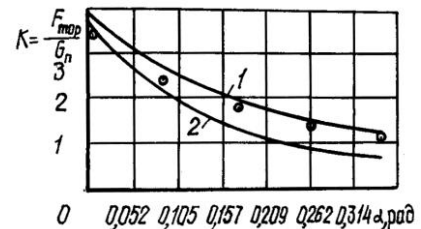


Рис. 4. График зависимости расчетного и фактического относительного усилия торцевания (K), развиваемого поворотным щитом, снабженным ребрами (1) и без них (2), от угла поворота щита (α)

рекомендации по тивных и техно- гравитационных поворотных щит- чтобы: 1) конст- части Г-

5. *Мишин В.В.* Экспериментальное определение нагрузок, передаваемых торцевателем ТПК-10 на кран КБ-572 / В.В. Мишин, П.Ф. Войтко // Сб. тр. / ЦНИИ-лесосплава. – М.: Лесн. пром-сть, 1980. – Вып. 37. – С. 59–61.

6. *Фадеев А.С.* Обоснование параметров гравитационного торцевывравнивателя с поворотными щитами для формирования пачек круглых лесоматериалов: дис. ... канд. техн. наук / А.С. Фадеев. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 1999. – 249 с.

Марийский государственный
технический университет

Поступила 09.08.04

P.F. Vojtko

Technique and Results of Production Testing of Mobile and Portable Butt Edgers in Log Receiving Ports of Forest-industrial Enterprises

Technique is developed and experimental results are received for production testing of mobile ТПК-10, ЛВ-169 and portable butt edgers К-127, К-142, К-153 at the enterprises with log receiving ports.





МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.048.3

Н.В. Вилейшикова, В.Б. Снопков, Н.А. Белясова

Вилейшикова Наталья Владимировна родилась в 1977 г., окончила в 1999 г. Белорусский технологический институт, после аспирантуры работает в Белорусском государственном технологическом университете. Имеет 6 печатных трудов в области гидротермической обработки и защиты древесины.



Снопков Василий Борисович родился в 1952 г., окончил в 1974 г. Белорусский технологический институт, кандидат технических наук, заведующий кафедрой технологии клееных материалов и плит Белорусского государственного технологического университета. Имеет более 130 печатных работ в области технологии древесных плит и пластика, гидротермической обработки и защиты древесины.



Белясова Наталья Александровна родилась в 1954 г., окончила в 1976 г. Белорусский технологический институт, кандидат биологических наук, доцент кафедры биотехнологии и биоэкологии Белорусского государственного технологического университета. Имеет 69 печатных трудов в области биохимии, микробиологии и молекулярной биологии.



ЭКСПРЕСС-МЕТОД ИСПЫТАНИЯ ЗАЩИТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ДРЕВЕСИНЫ

Проанализированы основные достоинства и недостатки действующего на территории Республики Беларусь метода испытания токсичности защитных средств для древесины; предложен альтернативный метод, позволяющий значительно упростить процедуру испытаний, сократить ее продолжительность и повысить воспроизводимость результатов.

Ключевые слова: древесина, биоповреждения, грибы, средства защиты, эффективность, испытания, стандартный метод, новый экспресс-метод, преимущества.

Древесина как природный материал поражается грибами, бактериями, а также беспозвоночными (жуками, термитами, моллюсками и ракооб-

разными). Защита от биоповреждений позволяет в несколько раз увеличить срок ее службы. В последнее время появилось много средств защиты древесины от биоповреждений как отечественного, так и импортного производства. Однако часто отсутствуют доказательства, подтверждающие их эффективность. Кроме того, в нормативных документах испытания защищающей способности не предусмотрены. Причины этого – необязательность сертификации защитных средств для древесины от биоповреждения, а также отсутствие методик, которые позволили бы быстро и надежно определить их эффективность.

Основной поражающий древесину фактор – грибы. Поэтому в большинстве известных способов оценки эффективности защитных средств от биопоражения используют различные культуры грибов. При выборе культуры для испытания, как правило, учитывают степень опасности данного вида гриба и частоту встречаемости его в естественных условиях. Традиционно различают методы, направленные на определение токсичности средств по отношению к плесневым, деревоокрашивающим и дереворазрушающим грибам. Подобное деление на группы не совсем корректно, так как все грибы, поражающие древесину, в той или иной степени изменяют ее цвет и снижают прочностные показатели. В существующих методах используют грибы – представители классов зигомицетов, аскомицетов, несовершенных (которые, как правило, относят к группе плесневых и деревоокрашивающих) и базидиомицетов (активных разрушителей целлюлозы и лигнина).

Видовой диапазон плесневых и деревоокрашивающих грибов, применяемых для испытаний защитных средств, достаточно широк. Методы оценки токсического воздействия защитных средств на дереворазрушающие грибы класса базидиомицетов основаны на использовании пленчатого домашнего гриба (*Coniophora puteana*). Этот гриб широко распространен, обладает высокой устойчивостью к действию антисептиков, способен активно регулировать влажность разрушаемой древесины, приводя ее к оптимальному для себя уровню, хорошо сохраняется (не теряя высокую разрушительную активность), что удобно при проведении лабораторных опытов. Значительно реже встречаются данные об использовании для опытов других базидиомицетов – *Serpula lacrymans*, *Coriolellus sinuosus*, *Paxillus panuoides*, *Lentinus lepideus*, *Cloeophyllum trabeum* и др.

Широкий перечень грибов, применяемых при испытании защитных средств, оправдан их специфичностью к породам древесины, избирательной чувствительностью к защитным средствам и условиям культивирования, различиями в требованиях к влажности субстрата, скорости и характере спорообразования и разрушения древесины, которые определяют продолжительность и технологию проведения испытаний.

Существующие в настоящее время методы оценки эффективности защитных средств нельзя считать совершенными. Причем, если в методах, базирующихся на использовании небазидиальных грибов, наблюдается постоянный поиск путей их усовершенствования, то методы оценки защи-

щающей способности антисептиков по отношению к базидиомицетам считаются более устойчивыми и потому менее разнообразны. В мировой практике известны два основных направления в методике проведения подобных исследований.

Наиболее простым является агаровый метод, в котором оценивается скорость роста мицелия гриба на искусственной питательной среде, в которую добавляется защитное средство в различных концентрациях. Несмотря на простоту и малую продолжительность, этот метод используется только для предварительной оценки степени токсичности антисептика по отношению к грибам, поскольку результаты, полученные на искусственной питательной среде и древесине, не всегда совпадают.

Другой наиболее распространенный метод – метод древесных блоков. Испытание проводят в два приема: вначале на искусственной питательной среде выращивают чистые культуры дереворазрушающих грибов, а затем на них помещают образцы древесины, пропитанные защитным средством различной концентрации. Защищенность древесины оценивают по потере массы (весовой метод) или изменению физико-механических и других характеристик древесины. Особенность метода древесных блоков – его значительная продолжительность (от нескольких месяцев до нескольких лет).

До 1951 г. в СССР не существовало единого метода испытания эффективности защитных средств для древесины. Русские исследователи В.В. Миллер, Е.И. Майер [8] и П.И. Рыкачев [9] усовершенствовали метод древесных блоков, стандартизированный в 30-х годах в США, Германии и Англии. Этот метод был принят в качестве стандартного для оценки эффективности защитных средств против базидиальных грибов и просуществовал до настоящего времени без каких-либо существенных изменений [4, 5, 7]. Важным достоинством этого метода является построение кривой, которая, помимо определения предельной дозы, характеризует токсичность антисептика по всей шкале применяемых концентраций. Однако существуют работы [1, 2], доказывающие практическую несостоятельность метода, регламентируемого ГОСТ 16712–95. При этом подчеркивается крайне низкая воспроизводимость результатов испытаний. Например, для наиболее распространенного антисептика ХМ-11 в качестве предельной дозы поглощения при испытании по стандартному методу получены значения от 7 до 15 % [3]. Явно неприемлемая погрешность измерений обусловлена следующими причинами.

1. Непостоянство условий испытания. В частности, используемая в качестве компонента питательной среды земля из верхнего структурного слоя перегной смешанного леса неоднородна по механическому и химическому составу.

2. Неоднородность плотности древесины сосны приводит к тому, что содержание антисептика в объеме образца неодинаково. Снижение массы образца происходит в основном за счет деструкции слабо пропитанных зон, объемную долю которых, как и концентрацию защитного средства в них, учесть невозможно. В случае непропитанных образцов важную роль играет

различная скорость разрушения зон поздней и ранней древесины. Неравномерное разрушение образца грибом искажает результаты опыта.

3. Определение массы образца древесины по окончании испытания производится после очистки его поверхности от мицелия гриба. Однако при этом масса мицелия, остающаяся в толще образца, не учитывается. Кроме того, если образец разрушен сильно (деструкция непропитанных образцов, например, составляет не менее 55 %), очистка его поверхности неизбежно сопряжена с отделением мелких и крупных фрагментов древесины, что влияет на результат взвешивания.

К существенным недостаткам указанного способа оценки эффективности антисептиков можно отнести его трудоемкость и продолжительность, составляющую 2 мес. без учета продолжительности подготовительных работ, что делает метод малопримемым для проведения сертификационных испытаний. Стандарт предусматривает испытание токсического действия защитных средств по отношению только к одному быстрорастущему базидиальному грибу – *Coniophora puteana*. При использовании других культур грибов продолжительность испытания возрастает до 4 мес. [6].

В научно-исследовательской лаборатории защиты строительных конструкций и материалов БГТУ был разработан новый экспресс-метод испытания токсичности защитных средств для древесины. Сущность предлагаемого метода заключается в помещении инокулятов на древесину, пропитанную антисептиком, и замера через определенные промежутки времени ширины формирующейся вокруг инокулятов зоны разрастания мицелия. Показателем степени защищенности древесины служит отношение ширины разрастания на пропитанной древесине к ширине зоны разрастания, сформировавшейся на древесине, не обработанной антисептиком.

В качестве инокуляционного материала используют агаровые блоки, вырезанные из плотной питательной среды, содержащей на поверхности «газон» мицелиального гриба. Подготовительный этап получения инокулята состоит в следующем. Выращивают культуру гриба на скошенной агаризованной среде в пробирке. Смывают мицелий и споры 1 мл сусло-бульона (стерильное пивное сусло, рН 5,6), суспензию тщательно диспергируют и наносят 0,8 мл на поверхность подсушенной сусло-агаровой среды (сусло-бульон с добавлением 2 % агар-агара, объем среды в чашке 30 мл). Суспензию тщательно распределяют по поверхности среды стерильным шпателем. Лучшие результаты (более равномерный газон) получены при подрачивании разведенной в 10 раз в сусло-бульоне суспензии с аэрацией (48 ч) перед нанесением на поверхность агаризованной среды. Посевы инкубируют при температуре ($23 \pm 0,7$) °С до образования равномерного газона. Данная технология позволяет гарантировать однородность плотности газона, а также стадии роста гриба в каждой его точке, что выгодно отличает разработанный экспресс-метод от методов, в которых инокулят содержит произвольное количество спор или фрагментов гиф гриба.

Роль образца древесины играет лущеный березовый шпон толщиной 1,6 мм. Непропитанные образцы в течение 2 сут. выдерживают при темпера-

туре $(22 \pm 2)^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха $(65 \pm 5)\%$. После этого их взвешивают с точностью до $\pm 0,005$ г и маркируют простым карандашом. Образцы пропитывают, вымачивая в растворе антисептика выбранной концентрации до достижения максимального поглощения, что обеспечивает высокую степень однородности пропитки. По окончании пропитки образцы шпона вынимают из пропитанного сосуда, вновь кондиционируют и взвешивают с погрешностью не более $\pm 0,005$ г. Поглощение защитного средства определяют по формуле

$$\dot{I} = \frac{m_2 - m_1}{m_1} 100 \%,$$

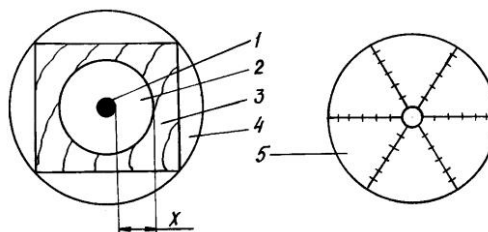
где m_1 и m_2 – масса образца до и после пропитки, г.

Пропитанный шпон укладывают в чашки Петри (причем в одной чашке находятся образцы с одинаковым поглощением защитного средства) и стерилизуют 40 мин автоклавированием (0,15 МПа). В отдельной чашке стерилизуют непропитанные образцы.

Процедура проведения испытаний выглядит следующим образом (см. рисунок). В стерильные чашки Петри заливают по 20 мл полужидкой среды Чапека, которая служит для минеральной подкормки развивающегося гриба, а также поддерживает влажность шпона на постоянном уровне. После того, как среда застынет, на ее поверхность помещают образец шпона. Предварительно вырезанные с помощью пробочного сверла агаровые блоки переносят стерильным пинцетом в центр испытываемой древесины так, чтобы мицелий плотно прилегал к поверхности шпона. Обязательным условием является одновременный засев блоками чашек Петри, содержащих пропитанную защитным составом различных концентраций и непропитанную древесину. Засеянные чашки выдерживают при температуре $(23,0 \pm 0,7)^\circ\text{C}$ до тех пор, пока мицелий гриба на непропитанной древесине не достигнет границы шпона (~ 4 сут). После этого эксперимент считается законченным, производится обработка результатов.

Ширина зоны обрастания (X , мм) в каждой чашке Петри является средним арифметическим 6-ти измерений. Практика показывает, что при строгом соблюдении правил проведения испытаний (однородность газона, равномерность пропитки) зона обрастания образует практически идеальную

Измерение ширины зоны обрастания мицелием: 1 – агаровый блок с мицелием гриба; 2 – зона обрастания мицелием; 3 – шпон; 4 – агаризованная среда; 5 – накладной измеритель



окружность. Ингибирующий эффект (ИЭ) защитного средства каждой концентрации определяют по формуле

$$\text{ИЭ} = (1 - X/X_0) 100,$$

где X и X_0 – ширина зоны обрастания блока мицелием гриба в опыте с древесиной, пропитанной защитным средством данной концентрации, и с непропитанной древесиной, мм.

Таким образом, предложенный экспресс-метод позволяет значительно сократить трудоемкость и продолжительность испытания токсичности защитных средств, что делает его пригодным для проведения сертификационных испытаний древесины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беленков Д.А. Вероятностный метод исследования антисептиков для древесины / Д.А. Беленков. – М., 1991.
2. Беленков Д.А. Несостоятельность предельной дозы как критерия оценки токсичности антисептиков для дереворазрушающих грибов / Д.А. Беленков // Лесн. журн. – 1971. – № 6. – (Изв. высш. учеб. заведений).
3. Горшин С.Н. Консервирование древесины / С.Н. Горшин. – М.: Лесн. пром-сть, 1977.
4. ГОСТ 11540–65. Антисептики для древесины. Метод испытания на токсичность. – М.: Изд-во стандартов, 1965.
5. ГОСТ 16712–71. Защитные средства для древесины. Метод испытания на токсичность. – М.: Изд-во стандартов, 1971.
6. ГОСТ 28184–89 (СТ СЭВ 6471–88). Средства защитные для древесины. Метод определения предела воздействия на дереворазрушающие грибы класса базидиомицетов. – М.: Изд-во стандартов, 1989.
7. ГОСТ 16712–95. Средства защитные для древесины. Метод испытания токсичности. – М.: Изд-во стандартов, 1995.
8. Миллер В.В. Экспериментальная разработка методики сравнительных испытаний антисептиков для древесины / В.В. Миллер, Е.И. Майер // Тр. ЦНИИМОД. – 1951. – Вып. 2 (8).
9. Рыкачев П.Н. Критика метода предельной дозы и пути создания нового метода испытания антисептиков для древесины / П.Н. Рыкачев // Тр. Ин-та леса АН СССР. – 1950.

Белорусский государственный
технологический университет

Поступила 12.04.04

N.V. Vileishikova, V.B. Snopkov, N.A. Belyasova

Express-method for Testing Wood-protective Agents

The main advantages and disadvantages of testing toxicity method for wood-protective agents currently used on the territory of the republic of Belarus are analyzed; the alternative method is suggested allowing to simplify the testing procedure, reduce its duration and enhance the results reproducibility.

УДК 674.093

А.В. Старкова

РАСКРОЙ ПАРАБОЛИЧЕСКОЙ ЗОНЫ БРЕВНА НА ЗАГОТОВКИ

Предложен способ раскроя, при котором параболическая зона бревна раскраивается на заготовки для строительных и мебельных деталей; за критерий рациональности принят объемный выход заготовок.

Ключевые слова: специализированный способ раскроя, пиловочное сырье, профиль заготовок, коэффициент толщины заготовок, горбыль-сегмент, пифагорическая и параболическая зоны бревна, сбежистость.

В настоящее время большинство лесопильных предприятий специализируются на выпуске обрезных пиломатериалов. При этом предпочтение отдают брусово-развальному способу распиловки пиловочника. Согласно теории раскроя, наиболее рациональное использование древесины достигается при выпилке бруса квадратного сечения толщиной $0,707d$ (d – диаметр бревна в вершинном торце). В производственных условиях толщину бруса рекомендуют принимать в пределах $(0,6 \dots 0,8)d$, что приводит к уменьшению выхода продукции на 4 % по сравнению с теоретическим расчетом. Выпилка бруса с толщиной, выходящей за указанные пределы, приводит к резкому снижению эффективности использования древесного сырья.

При раскрое пифагорической зоны $(0,6 \dots 0,8)d$, как правило, получают пиломатериалы, не требующие дальнейшей обрезки и составляющие большую долю от общего объема пиломатериалов, поэтому предприятия следуют рекомендациям теории раскроя. Раскрою боковой зоны уделяется меньше внимания. Анализ применяемых поставов и исследования, проведенные на лесопильных предприятиях г. Архангельска, показали, что около 30 % крайних боковых досок имеют длину 1,0 ... 1,8 м. Их часто исключают из дальнейшего процесса и перерабатывают на технологическую щепу.

Более остро проблема рационального использования древесины встает на предприятиях с производственной мощностью 15...30 тыс. м³/год, которые вынуждены выпиливать толстые пиломатериалы одного сечения и тонкие доски ограниченного числа ширин из всех диаметров бревен. При этом занижается толщина бруса и уменьшается использование его пласти. Распиловка бревен нескольких смежных диаметров одним брусово-развальным поставом приводит не только к нерациональному соотношению толстых и тонких досок, но и получению горбылей и реек больших размеров. Таким образом, при выпилке толстых пиломатериалов требуемого сечения попутно из сбеговой зоны получают трудно реализуемые тонкие пиломатериалы с большими потерями древесного сырья.

В сложившейся ситуации необходимо ограничивать объем выпилки тонких досок, а горбыли-сегменты отправлять для дальнейшей обработки и получения продукции, востребованной рынком.

Для решения поставленной задачи предлагаем схему специализированного раскря (рис. 1). На первом проходе оставляем зону размерами $H \times A = (0,6 \dots 0,8)d$ для выпилки бруса согласно требованиям потребителя (контракта) и два сегмента; на втором проходе брус распиливаем на пиломатериалы необходимого сечения и два полусегмента. Горбыли-сегменты (S_1, S_2), полученные на первом и втором проходах, отличаются шириной пласти. На первом проходе ширина пласти увеличивается по сбегу до ширины, получаемой в комлевом торце, на втором проходе – не может быть больше толщины бруса.

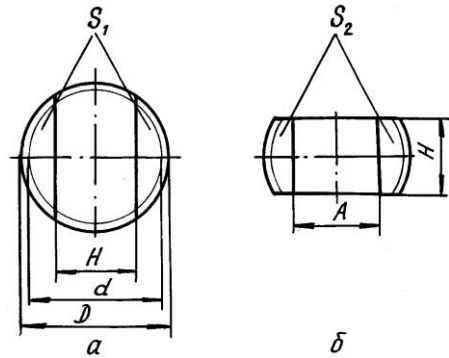


Рис. 1. Зоны поперечного сечения бревна при специализированном способе раскря: D – диаметр бревна в комлевом торце; H – толщина бруса; A – ширина постава, расходуемая на доски, выпиленные из пласти бруса; S_1, S_2 – горбыли-сегменты, полученные на первом (а) и втором (б) проходах

Нами рассмотрен раскря зоны горбылей-сегментов. Сегмент – часть круга, поэтому наиболее полное использование его площади будет достигнуто при вписывании в него симметричных профилей заготовок. Для оценки рациональности расположения заготовки необходимо ввести понятие оси горбыля-сегмента. Будем считать, что она соответствует оси сегмента как геометрической фигуры.

При рекомендуемом способе раскря предлагается использовать горбыли-сегменты не на клееную продукцию [3, 5], а для получения строительных и мебельных деталей с более широким диапазоном размеров и форм сечений по сравнению с размерами пиломатериалов.

Проведенный анализ форм и размеров сечений погонажных изделий показал, что все заготовки можно разделить на четыре типа [1]: прямоугольной формы (доски обшивки с различными профилями на одной или обеих пластиах, наличники, плинтуса); клиновидной формы (доски обшивки); для соединения в четверть (доски обшивки); трапециевидной формы (поручни, наличники, плинтуса).

За критерий оценки рациональности применения специализированного способа раскря принята эффективность использования древесины горбыля-сегмента. Наша задача – определить размеры заготовок, при которых достигается наилучшее использование древесины горбыля-сегмента, полученного из бревен различной сбежистости, при разных толщинах бруса и расходе ширины постава на выпилку досок из пласти бруса. В дальнейшем такие размеры заготовки будем называть максимальными.

Для получения общей закономерности и упрощения расчетов абсолютные размеры сырья и пиломатериалов переведем в относительные, диаметр и длину бревна примем за единицу. Дальнейшие расчеты будем проводить в долях диаметра и длины бревна.

Длина заготовки определенной формы и размера сечения меняется по длине бревна и зависит от величины сбежистости.

Бревно принято за усеченный параболоид вращения, величину сбежистости в долях вершинного диаметра в i -м сечении можно определить по формуле

$$S_i = \sqrt{1 + l_x(S_k^2 + 2S_k)} - 1, \quad (1)$$

где l_x – расстояние от вершинного торца бревна до i -го поперечного сечения, в долях длины бревна;

S_k – относительная величина сбежистости в комлевом торце бревна.

Для анализа выхода заготовок различных профилей, выпиленных из горбылей-сегментов, за критерий принят объемный выход заготовки:

$$O_s = \frac{V}{q_{г-с}} 100\%,$$

где V – объем заготовки;

$q_{г-с}$ – объем горбыля-сегмента.

Для определения $q_{г-с}$ предложена формула

$$q_{г-с} = \frac{L}{4} \left(\arccos\left(\frac{H}{d}\right) \left(\frac{d^2 + D^2}{2} \right) - H \left(\sqrt{d^2 - H^2} \right) \right),$$

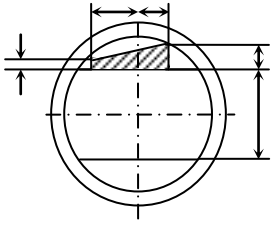
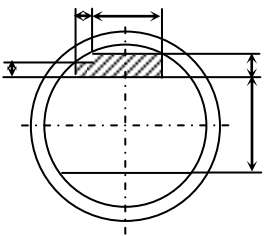
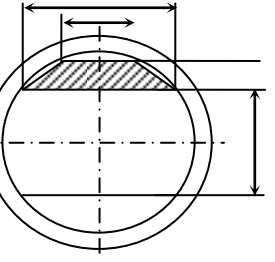
где L – длина бревна.

Как показал анализ данных, величина сбежистости, учитываемая на единицу длины, в относительных единицах уменьшается с увеличением диаметра [4]. Максимальная длина пиловочного сырья согласно ГОСТ равна 7 м, тогда максимально-допустимое значение сбега в комлевом торце составит $0,43d$ [2].

В таблице приведены схемы раскроя и модели оптимизации объема трех типов заготовок. Заготовка прямоугольного профиля будет частным случаем для первого и второго типов.

В зависимости от профиля отношение толщин (a_1/a_2) для различных заготовок может изменяться. Для упрощения расчетов введем коэффициент толщины заготовки $k = a_1/a_2$. Минимальное значение коэффициента толщины $k = 1$ соответствует заготовке с прямоугольным профилем сечения.

Схемы раскря горбыльно-сегментной зоны бревна

Вид профиля заготовки и схема раскря	Модель оптимизации объема заготовок различных профилей
<p>Клиновидный</p> 	$V = \frac{1}{2}l(b_2 + b_1)(a_1 + a_2)$ $b_1 = \sqrt{r_i^2 - \left(\frac{H}{2} + a_1\right)^2}; \quad b_2 = \sqrt{r_i^2 - \left(\frac{H}{2} + a_2\right)^2}$ $V = \frac{1}{2}(1-l) \left(\sqrt{r_i^2 - \left(\frac{H}{2} + a_1\right)^2} + \sqrt{r_i^2 - \left(\frac{H}{2} + a_2\right)^2} \right) (a_1 + a_2) \rightarrow \max$
<p>Соединение в четверть</p> 	$V = l(a_1b_1 + a_2b_2)$ $b_1 = 2\sqrt{r_i^2 - \left(a_1 + \frac{H}{2}\right)^2}$ $b_2 = \sqrt{r_i^2 - \left(a_2 + \frac{H}{2}\right)^2} - \sqrt{r_i^2 - \left(a_1 + \frac{H}{2}\right)^2}$ $V = (1-l) \left(2a_1\sqrt{r_i^2 - \left(a_1 + \frac{H}{2}\right)^2} + a_2 \left(\sqrt{r_i^2 - \left(a_2 + \frac{H}{2}\right)^2} - \sqrt{r_i^2 - \left(a_1 + \frac{H}{2}\right)^2} \right) \right) \rightarrow \max$
<p>Трапецидальный</p> 	$V = l \frac{(b_1 + b_2)}{2} a$ $b_1 = 2\sqrt{r_i^2 - \frac{H^2}{4}}; \quad b_2 = 2\sqrt{r_i^2 - \left(\frac{H}{2} + a\right)^2}$ $V = l \left(\sqrt{r_i^2 - \frac{H^2}{4}} - \sqrt{r_i^2 - \left(\frac{H}{2} + a\right)^2} \right) a \rightarrow \max$

Примечание: l – длина заготовки; $r_i = r + \frac{S_i}{2}$.

Коэффициент рациональности использования древесины горбылей сегментов определяют при следующих условиях и ограничениях:

модель бревна принята за усеченный параболоид вращения;

расчеты ведут в долях вершинного диаметра бревна, который принят за единицу ($d = 1$);

использование пифагорической зоны ограничивается пределами $(0,6 \dots 0,8)d$;

все возможные размеры пифагорической зоны ($H \times A$) приняты в виде трех сечений: $(0,6 \times 0,8)d$; $(0,707 \times 0,707)d$; $(0,8 \times 0,6)d$;

длина пиловочного бревна принята за единицу ($L = 1$);
 длина заготовки выражается в долях длины бревна с градацией $0,1L$,
 минимальное значение длины заготовки принято $l_{\min} = 0,25L$;
 из горбыля-сегмента выпиливают только одну заготовку любого профиля;
 сбежистость установлена в диапазоне от 0 до 0,45 в долях вершинного диаметра с градацией 0,05;
 значение коэффициента толщины $k = a_1/a_2$ установлено в пределах $1,0 \dots 2,5$ с градацией 0,25;
 радиус максимального сечения ограничен пределом $r_i (r \dots R_i)$,
 R_i – радиус в сечении, где возможно получение минимально-допустимой длины заготовки;
 толщина заготовки: $a_2 \geq 0$; $a_1 = ka_2$; $a_1 < r_i - H/2$.

Изменение объемного выхода заготовок в зависимости от формы профиля при разных толщинах бруса, коэффициентах толщины, сбежистости представлено на рис. 2.

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Размеры и объем заготовок любых профилей, выпиленных из горбылей-сегментов, возрастают с увеличением сбежистости s , а объемный выход уменьшается.

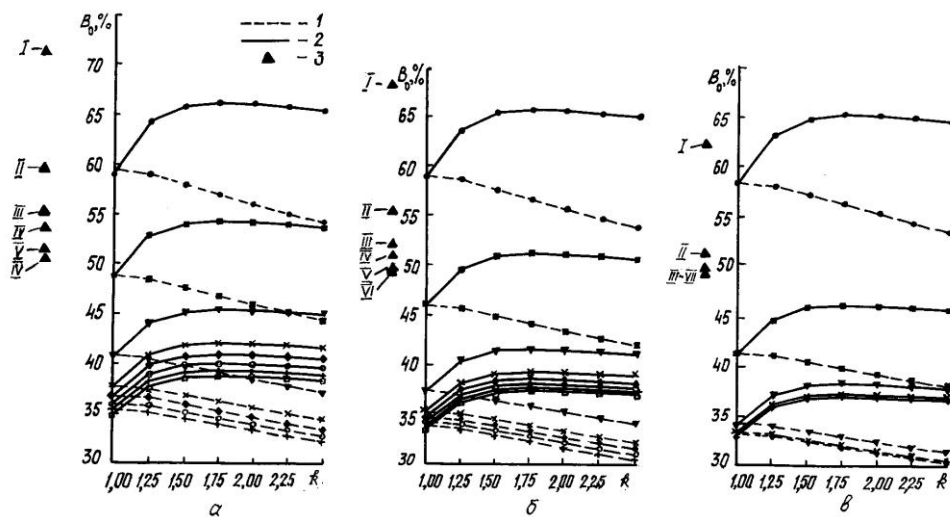


Рис. 2. Объемный выход B_0 заготовок: $a - H = 0,6d$; $b - 0,7d$; $v - 0,8d$;
 I – клиновидный профиль заготовок; 2 – соединение в четверть; 3 – трапеци-
 дальный профиль ($\bullet - s = 0$; $\blacksquare - 0,100$; $\blacktriangle - 0,200$; $\times - 0,225$; $\blacklozenge - 0,250$;
 $\circ - 0,275$; $+$ – 0,300; $\square - 0,325$; $\Delta - 0,350$; для \blacktriangle :
 I – $s = 0,100$; II – 0,200; III – 0,225; IV – 0,250; V – 0,275; VI – 0,300; VII – 0,325)

2. С увеличением толщины бруса уменьшается размер горбыльно-сегментной зоны, основное влияние на выход заготовок оказывает сбежистость бревна.

3. При принятых условиях наибольший выход (%) соответствует заготовке с трапецеидальным профилем в зависимости от сбежистости ($s = (0 \dots 0,35)d$), для $H = 0,6d$ составляя 87,00 ... 50,70 %, для $H = 0,7d - 87,50 \dots 49,47$ %, для $H = 0,8d - 88,04 \dots 49,60$ %; наименьший – клиновидному профилю, соответственно составляя 59,53 ... 31,69; 59,03 ... 29,97; 58,57 ... 27,23 %, для заготовок с профилем «соединение в четверть» – 66,15 ... 38,36; 65,7 ... 37,07; 65,28 ... 36,85 %.

4. Отклонение размеров заготовок всех профилей от оптимальных приводит к снижению выхода.

5. С увеличением коэффициента толщины заготовки k от 1,00 до 1,75 выход заготовок с профилем «соединение в четверть» увеличивается на 3 ... 6 % в зависимости от сбежистости, при дальнейшем увеличении k от 1,76 до 2,25 – уменьшается на 1 %.

6. Выход заготовок клиновидного профиля снижается на 4 % при увеличении k от 1,0 до 2,5.

7. Заготовку с профилем «соединение в четверть» рекомендуется выпиливать, когда оптимальные размеры верхнего основания трапеции не соответствуют требуемым.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 8242–88. Детали профильные из древесины и древесных материалов для строительства. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – [3].
2. ГОСТ 9463–88. Лесоматериалы круглые хвойный пород. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – [3].
3. Межов И.С. Экономико-математическая модель переработки древесины с применением брусово-сегментного способа раскря бревен / И.С. Межов // Лесн. журн. – 1994. – № 1. – С. 71–74. – (Изв. высш. учеб. заведений).
4. Титков Г.Г. Краткое руководство по составлению и расчету поставок / Г.Г. Титков. – М.; Л., 1955. – 50 с.
5. Ясинский В.С. Сравнительный анализ выхода пиломатериалов при различных способах раскря бревен / В.С. Ясинский, И.С. Межов, Г.Э. Тумашев // Технология и оборудование деревообрабатывающих производств: Межвуз. сб. тр. ЛТА. – 1992. – С. 4–7.

Архангельский государственный технический университет

Поступила 21.01.04

A. V. Starkova

Sawing of Log Parabolic Zone into Workpieces

Sawing method according to which the log parabolic zone is sawn into workpieces to be used for constructional and furniture elements is suggested. Volume recovery is taken for rationality criterion.

УДК. 674.048

У.У. Сугаипов

Сугаипов Узум-Хаджи Усманович, родился в 1964 г., окончил в 1991 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии лесозаготовительных производств С.-Петербургской государственной лесотехнической академии. Имеет 6 печатных трудов в области изучения новых способов обработки и переработки лесоматериалов, получения профилированных изделий из модифицированной древесины с заданными физико-механическими свойствами.



МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКОЙ ПРОПИТКИ ДРЕВЕСИНЫ

Предложена математическая модель электрокинетической пропитки древесных материалов; изучены факторы, определяющие этот процесс.

Ключевые слова: пропитка древесины, математическая модель пропитки, силовое электрическое поле.

Известно, что биполярное истечение жидкости обусловлено материалом анода, вызывающего изменение знака электрокинетического потенциала. Знак потенциала может изменяться на противоположный при изменении в растворе концентрации потенциалопределяющих ионов или ионов, способных к сверхэквивалентной адсорбции. Следовательно, биполярное истечение жидкости, обусловленное наличием двух электроосмотических составляющих переноса, может наблюдаться при создании по длине диафрагмы неравномерной концентрации именно таких ионов.

Движение жидкости в древесине определяется ее сложной пространственно-временной структурой, в которой следует выделять макроскопическую (состоящую из сосудов и трахеид) и микроскопическую (в форме межмицеллярных и межфибриллярных образований) составляющие. Разница в строении древесины приводит к различному характеру движения жидкости в продольном, радиальном и тангентальном направлениях*.

Цель статьи – разработать математическую модель для описания процесса обезвоживания–пропитки древесины в силовом электрическом поле.

Построение модели начинается с моделирования формы пор. В поперечном сечении поры по форме близки как к кругу, так и к прямоугольни-

* *Патякин В.И.* Техническая гидродинамика древесины / В.И. Патякин, Ю.Г. Тишин, С.М. Базаров. – М.: Лесн. пром-сть, 1990. – 304 с.

ку. Поэтому с позиций гидродинамики следует решать задачи течения жидкости как в круглых, так и плоских капиллярах.

Рассмотрим слоистое течение жидкости в плоском капилляре при наличии электрического поля. Эту задачу можно описать системой уравнений

$$\rho \frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\rho_3 I_x}{S\chi} + \mu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}; \quad (1)$$

$$\rho \frac{\partial v}{\partial t} = -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\rho_3 I_y}{S\chi} + \mu \frac{\partial^2 v}{\partial y^2}, \quad (2)$$

где ρ – плотность жидкости;

u, v – скорости жидкости вдоль прямоугольных координат x, y ;

t – время;

P – давление;

ρ_3 – плотность заряда;

I_x, I_y – сила тока в направлении координат x, y ;

S – площадь сечения капилляра;

χ – удельная электропроводность жидкости;

μ – вязкость.

Рассматриваемое движение жидкости можно разделить на два характерных режима: разгонное течение, которое возникает из состояния покоя при включении электрического поля, и асимптотическое течение в форме «стула», когда осевая скорость равна скорости движения монослоя, прилегающего к стенке капилляра.

При включении электрического поля разгонное течение можно описать следующей системой уравнений:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + \nu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}; \quad (3)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} + \nu \frac{\partial^2 v}{\partial y^2}, \quad (4)$$

где ν – кинематическая вязкость.

В этой системе электрическое поле представлено как граничное условие в форме движения монослоя жидкости, прилегающего к твердой стенке и вовлекающего в движение за счет действия силы вязкости остальную жидкость.

Поставленная задача асимптотически становится эквивалентной задаче, когда плоская покоящаяся стенка внезапно приводится в движение с постоянной скоростью и необходимо выяснить в каком движении при этом участвует остальная жидкость.

Выполнив операцию *rot*, вместо уравнений (3), (4) получим уравнение

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} = \nu \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2}, \quad (5)$$

где завихренность

$$\omega = \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial x}. \quad (6)$$

В рассматриваемых условиях справедливо неравенство

$$\frac{\partial u}{\partial y} \gg \frac{\partial v}{\partial x}, \quad (7)$$

поэтому примем

$$\omega = \frac{\partial u}{\partial y}. \quad (8)$$

Уравнение (5) решено при следующих начальных и граничных условиях

$$\left. \begin{aligned} t \leq 0; \omega = 0 \text{ для всех } y; \\ t > 0; \omega = \omega_0; \\ \omega = \omega_0 \text{ при } y = h/2, \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

где h – расстояние между стенками.

Решение уравнения (5) имеет вид

$$\omega = -\omega_0 \left(1 - \frac{\int_0^{\eta_n} \int_0^{\eta} \exp(-\eta^2) d\eta d\eta}{\int_0^{\eta_n} \int_0^{\eta} \exp(-\eta^2) d\eta d\eta} \right), \quad (10)$$

где ω_0 – начальная завихренность на стенках при включении электрического поля;

η – безразмерная координата,

$$\eta = \frac{y}{2\sqrt{\nu t}}; \quad (11)$$

Y – расстояние от стенки в направлении координаты y ;

$$\eta_n = \frac{h}{4\sqrt{\nu t}}. \quad (12)$$

Из (10) следует, что разгонное течение

$$u = u_e - 2\sqrt{\nu t} \omega_0 \left(\eta - \frac{\int_0^{\eta_n} \int_0^{\eta} \exp(-\eta^2) d\eta d\eta}{\int_0^{\eta_n} \int_0^{\eta} \exp(\eta^2) d\eta d\eta} \right), \quad (13)$$

где u_e – скорость тонкого монослоя жидкости, прилегающего к стенке при включении электрического поля.

Для асимптотического течения характерно условие $u = u_e$, поэтому время перехода к этому режиму отражает формула

$$t_p = \left(\frac{h}{12} \right)^2 v^{-1}, \quad (14)$$

где t_p – время разгона жидкости от момента включения электрического поля до асимптотического режима.

Для определения скорости движения в этом режиме предложено уравнение

$$\frac{\rho_3 I_x}{S\chi} + \mu \frac{d^2 u}{dy^2} = 0. \quad (15)$$

Из уравнения Пуассона, связывающего плотность заряда с потенциалом электрического поля ϕ , следует

$$\rho_3 = \frac{D}{4\pi} \nabla^2 \phi, \quad (16)$$

где D – диэлектрическая проницаемость жидкости.

После подстановки (16) в (15) получим

$$\frac{ID}{4\pi\chi S} \frac{d^2 \phi}{dy^2} = \mu \frac{d^2 u}{dy^2}. \quad (17)$$

Тогда общее решение

$$u = \frac{ID\phi}{4\pi\chi S\mu} + c_1 + yf_1(x) + f_2(x), \quad (18)$$

где c_1 – постоянная;

f_1, f_2 – функции.

Для условий асимптотического режима течения, когда $u = f(y)$, применима формула для расчета асимптотической скорости при электроосмотическом течении:

$$u_e = \frac{ID}{4\pi\chi S\mu} (\phi_1 - \phi_{01}) \quad \text{или} \quad u_e = \frac{ID}{4\pi\chi S\mu} \xi, \quad (20)$$

где ξ – разность потенциалов в тонком мономолекулярном слое, прилегающем к стенке капилляров (пор),

$$\xi = \phi_1 - \phi_{01}. \quad (21)$$

Из формулы (14) следует, что для древесных капилляров размером от 10^{-8} до 10^{-4} м время наступления асимптотического режима составляет от 10^{-8} до 10^{-4} с. Поэтому для расчета времени заполнения капилляра пропиточной жидкостью можно воспользоваться формулой

$$t_{\text{тв}} = \frac{L}{u_e} = L \frac{4\pi\chi S\mu}{ID\xi}, \quad (22)$$

где L – длина капилляра.

Запишем уравнения течения жидкости при электроосмосе в поровом пространстве:

$$u \frac{\partial u}{\partial X} + v \frac{\partial u}{\partial Y} + w \frac{\partial u}{\partial Z} = -u + k \frac{\partial U}{\partial X}; \quad (23)$$

$$u \frac{\partial v}{\partial X} + v \frac{\partial v}{\partial Y} + w \frac{\partial v}{\partial Z} = -v + k \frac{\partial U}{\partial Y}; \quad (24)$$

$$u \frac{\partial w}{\partial X} + v \frac{\partial w}{\partial Y} + w \frac{\partial w}{\partial Z} = -w + k \frac{\partial U}{\partial Z}, \quad (25)$$

где X, Y, Z – прямоугольные координаты;

u, v, w – скорости течения жидкости в направлении координат X, Y, Z .

Для слоистых течений уравнения (23)–(25) переводят к следующим:

$$u = k \frac{\partial U}{\partial X}; \quad (26)$$

$$v = k \frac{\partial U}{\partial Y}; \quad (27)$$

$$w = k \frac{\partial U}{\partial Z}. \quad (28)$$

Здесь k – коэффициент электроосмоса, $k = (1 + k_{3y})k_3$;

k_3 – коэффициент однополярного электроосмоса;

k_{3y} – коэффициент биполярного электроосмоса;

U – напряжение электрического поля.

При одномерном течении

$$u = k \frac{dU}{dX} = (1 + k_{3y})k_3 \frac{dU}{dX}. \quad (29)$$

Учитывая, что

$$\frac{dU}{dX} = E \quad (30)$$

(где E – напряженность электрического поля), уравнение (29) примет вид уравнения Гельмгольца – Смолуховского:

$$u = kE = (1 + k_{3y})k_3 E. \quad (31)$$

Тогда в совмещенном пьезоэлектроосмотическом поле имеем уравнение движения жидкости в древесине:

$$u = k \frac{dU}{dX} - k_\phi \frac{dP}{dY}, \quad (32)$$

где k_ϕ – коэффициент фильтрации;

P – давление.

Построенная математическая модель может быть использована в качестве основы при разработке технологии процесса обезвоживания-пропитки лесоматериалов в силовом электрическом поле.

С.-Петербургская государственная
лесотехническая академия

Поступила 21.04.04

U.U. Sugaipov

Mathematical Model of Electrokinetic Wood Impregnation Process

The mathematical model of electrokinetic impregnation of wood materials is suggested and factors determining this process are studied.

УДК 674.093

А.Д. Голяков, Ю.Ф. Воронцов

Голяков Александр Дмитриевич родился в 1939 г., окончил в 1969 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат технических наук, профессор кафедры лесопильно-строгальных производств Архангельского государственного технического университета. Имеет более 60 печатных трудов в области механической технологии древесины и изучения показателей механических свойств пилопродукции.



Воронцов Юрий Филиппович родился в 1938 г., окончил в 1960 г. Архангельский лесотехнический институт, в 1967 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой безопасности технологических процессов и производств Архангельского государственного технического университета. Имеет более 20 печатных работ в области технологии лесопильного производства.

**СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ ЛЕСОПИЛЬНЫХ ЗАВОДОВ**

Проведены расчеты некоторых технико-экономических эффектов специализации лесопильного предприятия на переработку пиловочника ограниченных групп диаметров.

Ключевые слова: специализация, партия запуска полуфабрикатов, кондиционный транспортный пакет пиломатериалов.

Специализация лесопильных заводов на распиловку бревен ограниченной группы диаметров автоматически приводит к снижению числа сечений вырабатываемых пиломатериалов, укрупнению партий выпуска полуфабрикатов для отдельных технологических установок и уменьшению объемов незавершенного производства [1].

Правильность этих выводов* показана на примере одного из Архангельских заводов (с реальной спецификацией сырья), оснащенного фрезерно-брусующей линией (ФБЛ), четырьмя рамными потоками на базе двухэтажных рам первого и второго ряда (2Р75-1, 2) и полуавтоматической линией окончательной обработки пиломатериалов (торцовка, сортировка и пакетирование) фирмы «План-Селл».

На рис. 1 представлены результаты расчетов производственной мощности по распилу сырья и объемов производства по базовому варианту

* В работе принимали участие студенты АГТУ С.В. Автономова и М.А. Шабунина.

при специализации бревнопильного оборудования на сырье средних (первый вариант) и крупных (второй вариант) диаметров.

При использовании сырья всей спецификации для полной загрузки ФБЛ на заводе не хватает качественного (кривизна до 1,5 %) тонкомера ($d = 14 \dots 16$ см). Коэффициент сменности составляет 1,8. В случае ориентирования на сырье средних диаметров процент качественного тонкомера возрастает, коэффициент загрузки агрегатной линии принят равным сменности работы лесопильного цеха – 2. Вместо рам 2Р75 на двух потоках могут быть использованы узкопросветные рамы 2Р50-1, 2.

В случае специализации завода на крупном сырье – можно предложить ликвидировать агрегатный поток, а вместо одного из рамных потоков 2Р75 установить 2Р100 со сменными пильными рамками, что позволит несколько расширить спецификацию сырья в сторону больших диаметров. (Сейчас завод не закупает сырье толщиной свыше 44 см). Сменная (более узкая) пильная рамка дает возможность для распиловки не очень толстых бревен использовать широ-

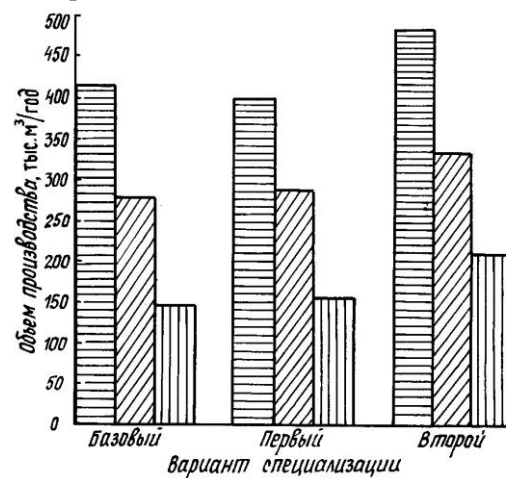


Рис. 1. Объем производства: □ – расчетный по распилу; ▨ – реальный по распилу с учетом процента использования; ▤ – расчетный для сырых пиломатериалов

копросветные рамы наравне с рамами 2Р75 (при той же частоте хода).

тоте хода).

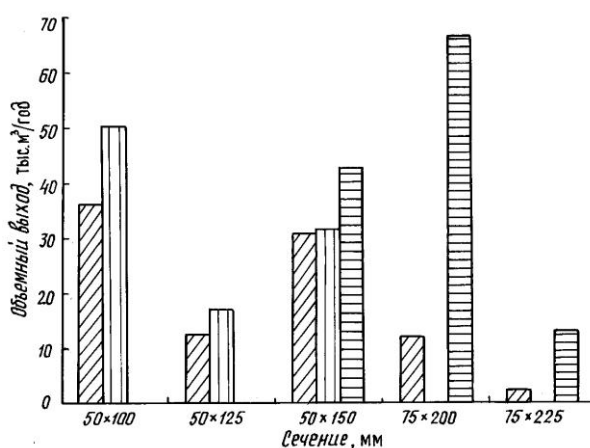
Из рис. 1 видно, что производственная мощность по распилу сырья (объемы распиловки) в первом варианте специализации по сравнению с базовым вариантом несколько снижается (400 тыс. м³), а во втором – значительно возрастает (484 тыс. м³).

Производственная мощность по распилу сырья, рассчитываемая по инструкции ЦНИИМОД [2], на большинстве заводов не достигается. В нашем случае по базовому варианту реальный коэффициент использования составил 67 % (второй столбец гистограмм). В результате замены двух потоков новым оборудованием процент использования расчетной мощности увеличивается до 72. При этом реальный объем распиловки по первому варианту специализации возрастает, составляя 288 тыс. м³ против 278 тыс. м³ по базовому варианту.

В таком случае, расчетный объемный выход сырых (неторцованных) пиломатериалов (третий столбец) по базовому и первому вариантам специализации не снижается, а по второму – значительно увеличивается (210 против 147 тыс. м³ в год).

На рис. 2 на примере выхода толстых пиломатериалов представлено сравнение вариантов специализации завода по сечениям. Как и ожидалось, выход отдельных сечений пиломатериалов при специализации значительно возрастает, некоторые сечения совсем исчезают.

Так, при специализации завода на сырье средних диаметров (первый вариант) выход пиломатериалов сечением 50×100 , 50×125 , 22×100 , 22×75 мм возрастает в 1,35 – 1,45 раза, исчезают пиломатериалы сечением 75×200 , 75×225 , 22×175 , 22×200 , 22×225 мм. При специализации завода на сырье крупных



диаметров (второй вариант) исчезают сечения 50×100 , 50×125 мм, пиломатериалов сечением 50×150 становится больше в 1,37 раза, 75×200 – в 5,2 раза. Похожее положение и с тон-

кими досками, но при этом узкие доски сечением 22×75 , 22×100 не исчезают совсем, лишь в несколько раз уменьшается их количество.

Без специализации завода при окончательной обработке пиломатериалов на линии «План-Селл» для полной ее загрузки необходимо было последовательно обрабатывать 7 сечений, при специализации завода достаточно будет 5 сечений. В результате этого укрупняются партии запуска и сокращаются потери времени на переналадку установки (продолжительность перехода с одного сечения на другое составляет 4 ч [3]), условная экономия машиномен только по первому варианту специализации может достичь 24 %. Одновременно с ростом производительности линии «План-Селл» и уменьшением числа обрабатываемых сечений выход кондиционных (из досок одной длины) транспортных пакетов возрастает с 76,1 до 80,5 %.

Все рассчитанные технические показатели эффективности специализации предприятия должны дать высокий экономический эффект. Стоимость машиномены торцовочно-сортировочно-пакетирующей линии около 10 тыс. руб., т. е. в масштабах предприятия экономия машиномен может составить 5250 тыс. руб./год, разница в цене кондиционных пакетов и пакетов из досок трех и более длин – около 270 руб./пакет, годовой экономический эффект – 1,5 млн руб.

Расчет экономической эффективности специализации предприятий на участках формирования сечений требует специальных исследований, так как рост объемов распиловки при переработке крупного сырья в большей части происходит за счет упущенной выгоды предприятия, работающего на

Рис. 2. Выход толстых пиломатериалов: □ – базовый вариант; □ – первый вариант; □ – второй вариант

среднем сырье. Собственно специализация положительно влияет на объем распиловки (только через уменьшение простоев из-за неплановых замен поставов) и более стабильную работу оборудования. Эти показатели при расчете производственной мощности по инструкции [2] не учитываются, поэтому требуются дополнительные экспериментальные исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Воронцов Ю.Ф.* Ресурсосберегающая технология в лесопилении / Ю.Ф. Воронцов, А.Д. Голяков // Лесн. журн. – 2004. – № 4. – С. 74–80. – (Изв. высш. учеб. заведений).
2. Инструкция по расчету производственных мощностей лесопильных цехов, потоков и установок. – Архангельск: ЦНИИМОД, 1978. – 80 с.
3. *Турушев В.Г.* Технология и оборудование для обработки пиломатериалов и подготовки их к реализации / В.Г. Турушев, Д.В. Иванов. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2002. – 120 с.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 04.09.03

A.D. Golyakov, Yu.F. Vorontsov

Specialization of Sawmills

The calculations of some technical-and-economic effects of sawmill specialization are provided for sawlogs processing of limited diameter groups.



ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.16.

**Ю.Д. Алашкевич, В.И. Ковалев, А.И. Невзоров,
В.П. Барановский, Г.С. Сакаш**

Алашкевич Юрий Давыдович родился в 1940 г., окончил в 1964 г. Сибирский технологический институт, доктор технических наук, профессор. Имеет 280 научных работ в области размола волокнистых материалов и в др. областях.



ЭФФЕКТ ТРАНСФОРМИРОВАНИЯ МАЛОСКОРОСТНОЙ СТРУИ СУСПЕНЗИИ В ВЫСОКОСКОРОСТНУЮ

Изложены теоретические предпосылки получения высокоскоростной струи, дана оценка силовых факторов при контакте высокоскоростной струи с неподвижной преградой.

Ключевые слова: волокнистая суспензия, малоскоростная струя, высокоскоростная струя, удар, поток, преграда.

Известно, что при получении бумаги основной операцией технологического процесса является предварительная обработка волокнистой массы (размол) перед напуском ее на сетку бумагоделательной машины. От качества размола зависит качество готовой бумаги. В существующих способах ножевого и безножевого размола присутствует гидродинамический эффект при течении волокнистой суспензии в рабочих органах размалывающей машины. При безножевом размолу волокна в установке «струя–преграда» этот эффект превалирует.

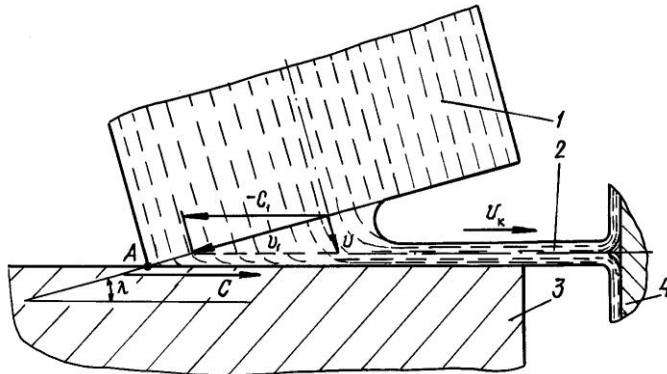
Цель настоящей работы – анализ эффективности трансформирования малоскоростной струи волокнистой суспензии в высокоскоростную для усиления воздействия на волокно в процессе его обработки.

Известно, что в момент удара фронта струи о неподвижную преграду количество выделяющейся энергии значительно выше, чем в процессе неразрывного контакта с преградой при непрерывном истечении [2, 3].

Глубокая степень разработки волокнистого полуфабриката, равномерно распределенного в струе суспензии, при ударе ее фронта о неподвижную преграду зависит от количества энергии, выделяющейся при ударе, скорости струи и числа ее соударений с преградой в единицу времени.

Более предпочтительна возможность трансформирования малоскоростной струи в высокоскоростную (кумулятивную) при малых энергозатратах. Например, такая струя появляется, когда фронт потока суспензии ударяется о преграду под определенным углом [2].

Рассмотрим взаимодействие высокоскоростной струи с преградой (см. рисунок). Струя 2 возникает при столкновении потока суспензии 1 и с



Взаимодействие высокоскоростной струи с преградой

плоскостью 3. Угол между плоскостью 3 и фронтом потока 1 обозначим через λ . Найдем скорость v_k струи 2, возникающей при столкновении с преградой 4.

На рисунке видно, что точка A пересечения фронта потока 1 и плоскости 3 перемещается вдоль нее со скоростью C . При этом скорость v_1 набегающего на нее потока 1, образует с плоскостью 3 угол λ и может быть рассчитана по формуле

$$v_1 = v - C. \quad (1)$$

Так как вектор v_1 перпендикулярен вектору v , то

$$C = \frac{v}{\sin \lambda}; \quad (2)$$

$$v_1 = v \operatorname{ctg} \lambda. \quad (3)$$

В неподвижной системе отсчета, в которой покоится плоскость 3, скорость струи 2

$$v_k = C + v_1. \quad (4)$$

Подставив выражения (2) и (3) в выражение (4), получим

$$v_k = \frac{v}{\sin \lambda} + v \operatorname{ctg} \lambda. \quad (5)$$

После преобразования имеем

$$v_k = v \left(\frac{1}{\sin \lambda} + \frac{\cos \lambda}{\sin \lambda} \right) = v \left(\frac{1 + \cos \lambda}{\sin \lambda} \right) = v \operatorname{ctg} \frac{\lambda}{2}, \quad (6)$$

поскольку $\frac{1 + \cos \lambda}{\sin \lambda} = \operatorname{ctg} \frac{\lambda}{2}$, как функция половинного угла.

Давление фронта струи 2 на преграду 4 [2, 3]:
при непрерывном истечении

$$P_{к.и} = \rho v_k^2; \quad (7)$$

при ударе о преграду 4

$$P_{к.у} = \rho v_k v_{з.в}, \quad (8)$$

где ρ – плотность суспензии, кг/м³;

$v_{з.в}$ – скорость звука в воде, $v_{з.в} \approx 1500$ м/с.

7*

Подставляя в уравнение (6) значения угла λ в диапазоне от 4 ... 6 ° при скорости потока I от 1 м/с до сверхзвуковых, определяем скорость v_k вновь сформированной высокоскоростной струи 2.

Полученные значения v_k подставляем в уравнения (7) и (8) и определяем давление струи 2 на преграду 4 при непрерывном истечении $P_{к.и}$ и ударе о нее $P_{к.у}$ во всех диапазонах.

Чтобы сравнить силовые факторы, действующие при истечении и ударе струи 2 о преграду 4, определим соотношения $\frac{P_{к.у}}{P_y}$ и $\frac{P_{к.и}}{P_y}$ во всех диапазонах. Полученные результаты представим в виде таблицы.

Удар струи о преграду		$P_{к.и} / P_{к.у}$	Истечение струи $P_{к.и}, \text{кг/см}^2$	Скорость струи $v_1, \text{м/с}$
$v_k, \text{м/с}$	$P_{к.у}, \text{кг/см}^2$			
$\lambda = 4^\circ, \text{ctg } \lambda/2 = 28,640$				
28,6	429,6	0,0190933	8,202496	1
143,2	2148	0,0954667	205,0624	5
286,4	4296	0,1909333	820,2496	10
429,6	6444	0,2864	1845,5616	15
572,8	8592	0,3818667	3280,9984	20
859,2	12888	0,5728	7382,2464	30
1145,6	17184	0,7637333	13123,9936	40
1432,0	21480	0,9546667	20506,2400	50
1500	22500	1	22500	52,37
1718,4	25776	1,1456	29528,9856	60
2004,8	30072	1,3365333	40192,2304	70
2291,2	34368	1,5274667	52495,9744	80
2577,6	38664	1,7184	66440,2176	90
2864,0	42960	1,9093333	82024,9600	100
3150,4	47256	2,1002667	99250,2016	110
3436,8	51552	2,2912	118115,9424	120
3723,2	55848	2,4821333	138622,1824	130
4009,6	60144	2,6730667	160768,9216	140
4296,0	64440	2,864	184556,1600	150
8592,0	128880	5,728	738224,64	300
12888,0	193320	8,592	1661005,44	450
17184,0	257760	11,456	2952898,56	600
21480,0	322200	14,320	4613904,00	750
25776,0	386640	17,184	6644021,76	900

30072,0	451080	20,048	9043251,84	1050
34368,0	515520	22,912	11811594,24	1200
38664,0	579960	25,776	14949048,96	1350

Продолжение табл.

Удар струи о преграду		$P_{к.и} / P_{к.у}$	Истечение струи $P_{к.и}, \text{кг/см}^2$	Скорость струи $v_1, \text{м/с}$
$v_{к.}, \text{м/с}$	$P_{к.у}, \text{кг/см}^2$			
42960,0	644400	28,640	18455616,00	1500
47256,0	708840	31,504	22331295,36	1650

 $\lambda = 5^\circ, \text{ctg } \lambda/2 = 22,904$

22,90	343,6	0,0152693	5,24593216	1
114,52	1717,8	0,0763467	131,148304	5
229,04	3435,6	0,1526933	524,593216	10
343,56	5153,4	0,22904	1180,334736	15
458,08	6871,2	0,3053867	2098,372864	20
687,12	10306,8	0,45808	4721,338944	30
916,16	13742,4	0,6107733	8393,491456	40
1145,20	17178,0	0,7634667	13114,8304	50
1374,24	20613,6	0,91616	18885,35578	60

1500	22500	1	22500	65,49
------	-------	---	-------	-------

1603,28	24049,2	1,0688533	25705,06758	70
1832,32	27484,8	1,2215467	33573,96582	80
2061,36	30920,4	1,37424	42492,0505	90
2290,40	34356,0	1,5269333	52459,3216	100
2519,44	37791,6	1,6796267	63475,77914	110
2748,48	41227,2	1,83232	75541,4231	120
2977,52	44662,8	1,9850133	88656,2535	130
3206,56	48098,4	2,1377067	102820,2703	140
3435,60	51534,0	2,2904	118033,4736	150
6871,20	103068,0	4,5808	472133,8944	300
10306,80	154602,0	6,8712	1062301,262	450
13742,40	206136,0	9,1616	1888535,578	600
17178,00	257670,0	11,4520	2950836,840	750
20613,60	309204,0	13,7424	4249205,050	900
24049,20	360738,0	16,0328	5783640,206	1050
27484,80	412272,0	18,3232	7554142,310	1200
30920,40	463806,0	20,6136	9560711,362	1350
34356,00	515340,0	22,9040	11803347,360	1500
37791,60	566874,0	25,1944	14282050,310	1650

 $\lambda = 6^\circ, \text{ctg } \lambda/2 = 19,08$

19,1	286,2	0,01272	3,640464	1
95,4	1431,0	0,0636	91,0116	5
190,8	2862,0	0,1272	364,0464	10
286,2	4293,0	0,1908	819,1044	15
381,6	5724,0	0,2544	1456,1856	20
572,4	8586,0	0,3816	3276,4176	30

763,2	11448,0	0,5088	5824,7424	40
954,0	14310,0	0,6360	9101,1600	50
1144,8	17172,0	0,7632	13105,6704	60

Продолжение табл.

Удар струи о преграду		$P_{к.и} / P_{к.у}$	Истечение струи $P_{к.и}$, кг/см ²	Скорость струи v_1 , м/с
v_k , м/с	$P_{к.у}$, кг/см ²			
1335,6	20034	0,8904	17838,2736	70
1500	22500	1	22500	76,61
1526,4	22896	1,0176	23298,9696	80
1717,2	25758	1,1448	29487,7584	90
1908,0	28620	1,2720	36404,6400	100
2098,8	31482	1,3992	44049,6144	110
2289,6	34344	1,5264	52422,6816	120
2480,4	37206	1,6536	61523,8416	130
2671,2	40068	1,7808	71353,0944	140
2862,0	42930	1,9080	81910,44	150
5724,0	85860	3,8160	327641,76	300
8586,0	128790	5,7240	737193,96	450
11448,0	171720	7,6320	1310567,04	600
14310,0	214650	9,5400	2047761,00	750
17172,0	257580	11,4480	2948775,84	900
20034,0	300510	13,3560	4013611,56	1050
22896,0	343440	15,2640	5242268,16	1200
25758,0	386370	17,1720	6634745,64	1350
28620,0	429300	19,0800	8191044,00	1500
31482,0	472230	20,9880	9911163,24	1650

Примечание. Затемнением выделены значения скорости v_k высокоскоростной струи 2, равные скорости распространения звука в воде $v_{з.в}$, с указанием соответствующей скорости потока 1.

Сравнительный анализ взаимодействия высокоскоростной струи 2 с преградой 4 при непрерывном истечении и ударе показал следующее.

Рассматривая зависимость величины давления, развивающегося при взаимодействии непрерывно истекающей струи 2 с неподвижной преградой 4, можно сделать вывод, что при скорости потока 120 м/с и углах $\lambda \leq 6^\circ$ гидродинамическое воздействие на волокна, распределенные в струе 2, интенсифицируется, поскольку $P_{к.и}$ в указанных выше диапазонах превышает предел прочности волокон.

При ударе струи 2 о преграду 4 этот результат при $\lambda \leq 6^\circ$ достигается уже при $v_1 = 10$ м/с, т.е. процесс интенсифицируется еще больше. Таким образом, высокоскоростная струя, формирующаяся при столкновении низкоскоростного потока суспензии с плоскостью, имеет энергию единицы объема во много раз большую энергии первичного потока.

Для примера рассчитаем силу P_v , воспринимаемую одним волокном, от давления, развивающегося в месте контакта струи 2 с преградой 4 (см. рисунок) при истечении $P_{к.и}$ и ударе $P_{к.у}$.

При $v = 120$ м/с и $\lambda = 4 \dots 6^\circ$:

$P_{к.и} = (11583,2 \dots 5140,9)$ МПа; $P_{к.у} = (5055,5 \dots 3367,9)$ МПа (см. таблицу).

На основании [1] сила

$$P_v = P f_v, \quad (9)$$

где $f_v = ab$ – площадь единичного волокна целлюлозы, м²;

a – длина волокна, м;

b – ширина волокна, м.

Исходя из [4], длина волокна $a = (0,05 \dots 3,00) \cdot 10^{-3}$ м, ширина $b = (0,001 \dots 0,070) \cdot 10^{-3}$ м.

Принимаем $a = 3 \cdot 10^{-3}$ м, $b = 5 \cdot 10^{-5}$ м.

Тогда $f = 3 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-5} = 0,15 \cdot 10^{-6}$ м².

Подставляя заданные значения параметров, входящих в формулу (9), получаем искомые значения силы:

при истечении

$$P_v = (11583,2 \dots 5140,9) \cdot 10^6 \cdot 0,15 \cdot 10^{-6} = (1737,5 \dots 771,1) \text{ Н};$$

при ударе

$$P_v = (5055,5 \dots 3367,9) \cdot 10^6 \cdot 0,15 \cdot 10^{-6} = (758,3 \dots 505,2) \text{ Н}.$$

Величины этих сил превышают пределы прочности волокон, на основании чего можно предположить, что гидродинамическое воздействие на волокна, распределенные в струе 2 в момент контакта ее с преградой 4, интенсифицируется.

Из этого следует, что высокоскоростная струя 2, формирующаяся при столкновении низкоскоростного потока 1 с плоскостью преграды 3, имеет по сравнению с ним во много раз большую энергию единицы своего объема.

В реальных условиях различные участки струи 2 движутся с различными скоростями, потому что при столкновении фронта потока 1 с преградой 3 отдельные точки приобретают неодинаковые скорости и при охлопывании фронта угол λ между ним и плоскостью 3 может непрерывно изменяться. Это может привести к разрыву струи 2 на части.

Из формулы (6) следует, что при неограниченном уменьшении угла λ можно формировать струю 2 сколь угодно большой скорости. Реально при малых углах λ скорость струи 2 перестает возрастать и плотность ее энергии резко снижается [3].

Это объясняется тем, что конструктивное выполнение устройств, предназначенных для формирования отраженных струй, не полностью соответствует схеме, положенной в основу теории. Кроме того, не исключается существование ограничений, которые пока еще не введены в гидродинамическую теорию описанного здесь эффекта.

Особенность работы высокоскоростной струи 2 заключается в том что при скоростях, превышающих звуковую ($v_0 > 1500$ м/с), соответствующие значения давлений, возникающих в месте контакта с преградой, при истечении $P_{к.и}$ выше, чем при ударе $P_{к.у}$.

Полученные результаты расчета значений скоростей могут быть значительно скорректированы при экспериментальной проверке, поскольку в расчете не учитывается влияние концентрации волокнистой суспензии и ее реологические свойства. При этом изменяются значения силовых факторов.

Возможность использования работы отраженной высокоскоростной струи 2 при столкновении ее с преградой 4 позволит значительно интенсифицировать гидравлическое воздействие на волокна, распределенные в ней, по сравнению с воздействием потока 1 при его столкновении с преградой 3.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

для повышения эффективности воздействия на волокно необходимо обеспечить дискретность работы струи и ее фокусировку;

создать механизм преобразования непрерывно истекающей струи в частотно-пульсирующую (с учетом сохранения производительности установки и энергозатрат);

для повышения эффективности гидродинамического воздействия на волокнистый полуфабрикат следует рассмотреть вопрос о придании преградам 3 и 4 встречных высокочастотных возвратно-поступательных колебательных перемещений.

Эти задачи в настоящее время решаются на базе гидродинамической установки «струя–преграда», разработанной под руководством профессора Ю.Д. Алашкевича в лаборатории кафедры МаПТСибГТУ и предназначенной для массового безножевого размола низко- и среднеконцентрированных волокнистых суспензий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алашкевич Ю.Д. Основы теории гидродинамической обработки волокнистых материалов в размольных машинах: реф. дис. ... докт. техн. наук. / Ю.Д. Алашкевич. – Красноярск, 1986. – 45 с.
2. Майер В.В. Кумулятивный эффект в простых опытах / В.В. Майер. – М.: Наука, 1983. – С. 12–34.
3. Слободецкий И.Ш. Задачи по физике / И.Ш. Слободецкий, Л.Г. Асламазов. – М.: Наука, 1980. – С. 47–50.
4. Фляте Д.М. Свойства бумаги / Д.М. Фляте. – М.: Лесн. пром-сть, 1976. – 648 с.
5. Энциклопедический справочник машиностроения. Т. 1. – М.: ГНТИ, 1948. – 456 с.

Сибирский государственный
технологический университет

Поступила 29.10.04

*Yu.D. Alashkevich, V.I. Kovalev, A.I. Nevzorov,
V.P. Baranovsky, G.S. Sakash*

Transformation Effect of Low-speed Suspension Jet

into High-speed Jet

Theoretical prerequisites of producing high-speed jet are stated, power factors estimate is provided at high-speed jet contact with stationery barrier.

УДК 676. 62

Н.И. Яблочкин, В.И. Комаров

РАЗЛИЧИЯ В МЕХАНИЧЕСКОМ ПОВЕДЕНИИ КАРТОНОВ-ЛАЙНЕРОВ, ПРОИЗВЕДЕННЫХ ИЗ ПЕРВИЧНОГО ИЛИ ВТОРИЧНОГО ВОЛОКНА

Проведено сравнение механического поведения образцов крафт- и тест-лайнеров различных производителей, в ходе анализа кинетики процесса разрушения установлена особая роль замедленно-упругого деформирования.

Ключевые слова: крафт-лайнер, тест-лайнер, вязкоупругость, разрушение, зоны разрушения, работа разрушения, кинетика, прочность, упругость.

Во второй половине XX в. в мировой практике производства бумаги и картона значительно вырос интерес к использованию макулатуры в качестве источника вторичного волокна. Это объяснялось как ужесточением законодательства по охране окружающей среды, так и экономической целесообразностью. Поэтому при производстве материалов с использованием макулатуры необходимо знать их потребительские свойства. Расширение номенклатуры характеристик, оценивающих механическое поведение данного класса материалов [1, 2, 5, 7–9] при растяжении и изгибе, позволит совершенствовать технологию подготовки массы из вторичного волокна для повышения качества продукции.

Цель данной работы – установить характеристики механического поведения картона тест-лайнера, отличающие его от крафт-лайнера и повышающие потребительские свойства материала из вторичного волокна.

Аналізу подвергнуты экспериментальные данные, полученные при испытаниях образцов крафт (1 и 2)- и тест (1 и 2)-лайнеров, произведенных на четырех предприятиях. Образцы имели массу 150 г/м^2 .

Крафт-лайнеры изготовлены из сульфатной небеленой хвойной полуцеллюлозы с добавкой в основной слой лиственной нейтрально-сульфитной полуцеллюлозы (НСПЦ). Крафт-лайнер 2 содержал примерно в два раза больше НСПЦ в композиции основного слоя, степень помола волокна в котором была выше на $4...6 \text{ }^\circ\text{ШР}$ по сравнению с крафт-лайнером 1.

Технология изготовления тест-лайнеров отличалась композицией по волокну и параметрами подготовки бумажной массы. Бумажная масса тест-лайнера 1 содержала четыре марки макулатуры, сортировалась с большей эффективностью, набухание волокна при подготовке продолжалось более длительное время.

Механическое поведение целлюлозно-бумажных материалов и кинетика изменения их основных характеристик хорошо иллюстрируются кривыми зависимостей усилие–удлинение ($P - \Delta l$, машинная диаграмма) и напряжение–деформация ($\sigma - \varepsilon$), получаемой расчетным путем при использо-

вании первой кривой. В работе [3] было показано, что бумага является вязкоупругим материалом, в котором наряду с мгновенными упругими деформациями развиваются неупругие деформации; величина этих деформаций в определенной степени зависит от продолжительности или скорости приложения нагрузки. Для оценки таких материалов широко используют такие характеристики, как работа разрушения A_p и трещиностойкость, оцениваемая величиной J -интеграла (J_{IC}).

Анализ кривых зависимостей $P - \Delta l$ и $\sigma - \epsilon$ позволяет выделить четыре характерные точки (рис. 1), ограничивающие зоны, в которых работают различные механизмы деформирования и разрушения данных материалов: I – деформирование волокон и межволоконных связей, совершается работа в области упругих деформаций A_y ; II – начало образования трещины (разрушаются связи на концах малодеформированных волокон), работа в области начальных замедленно-упругих деформаций A_{3-y} ; III – замедленное образование трещины (отрыв деформированных волокон) при слиянии микрокапилляров, работа на конечном участке замедленно-упругих деформаций A_{II} ; IV – быстрый рост трещины и разрушение материала (разрыв волокон), работа в области предразрушения A_T .

На рис. 2 и в таблице представлены экспериментальные данные, полученные при испытании образцов картонов на растяжение в машинном (MD) и поперечном машинном (CD) направлениях.

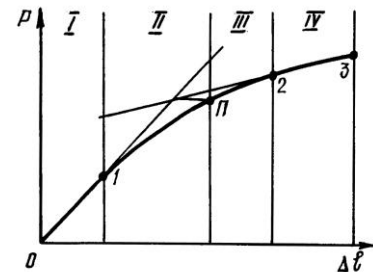


Рис. 1. Составляющие процесса разрушения волокнистого целлюлозно-бумажного материала: $A_p = A_y + A_{3-y} + A_{II} + A_T$; I – предел упругости; II – начало образования пластических деформаций; 2 – начало быстрого роста трещины; 3 – разрушение материала

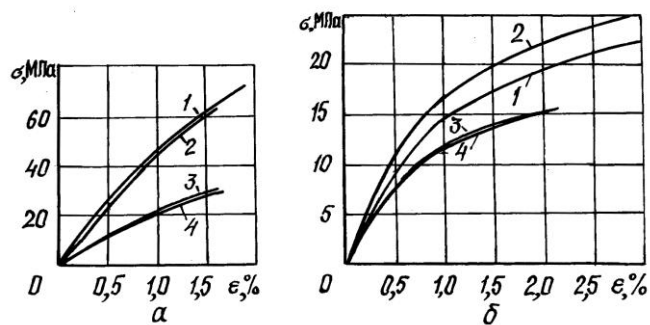


Рис. 2. Кривые зависимости $\sigma - \epsilon$ при испытаниях в направлении MD (a) и CD (б): 1 – крафт-лайнер 1; 2 – 2; 3 – тест-лайнер 1; 4 – 2 (обозначения использованы и на рис. 3–5)

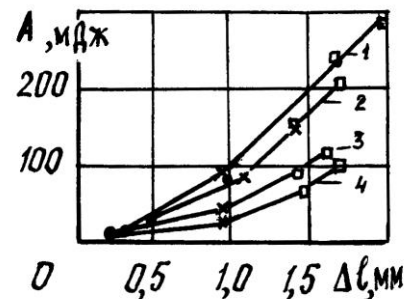
Изменение характеристик деформативности и прочности картонов-лайнеров в процессе деформирования при растяжении и изгибе в направлениях MD и CD

Характеристика	Образец картона	MD				CD			
		Значение характеристики в точках							
		1	II	2	3	1	II	2	3
$P, Н$	Крафт-лайнер	44,06	163,45	232,72	256,94	19,00	62,65	76,93	79,83
		105,72	165,87	200,73	223,46	30,03	74,29	86,77	91,42
	Тест-лайнер	16,91	86,92	106,90	112,63	14,53	51,76	61,99	64,55
		21,49	72,34	90,70	95,78	17,75	44,96	53,66	55,85
$\sigma, МПа$	Крафт-лайнер	12,22	45,33	64,54	71,25	5,23	17,24	21,18	21,97
		29,71	46,62	56,42	62,81	8,21	20,31	23,73	25,00
	Тест-лайнер	4,09	21,01	25,84	27,23	3,47	12,36	14,80	15,41
		5,83	19,62	24,60	25,98	4,77	12,09	14,43	15,01
$\varepsilon, \%$	Крафт-лайнер	0,22	0,99	1,68	1,97	0,30	1,53	2,74	3,09
		0,63	1,06	1,40	1,67	0,42	1,47	2,29	2,73
	Тест-лайнер	0,15	0,97	1,43	1,62	0,22	1,19	1,88	2,14
		0,22	0,96	1,47	1,67	0,31	1,16	1,82	2,07
$A, мДж$	Крафт-лайнер	4,6	88,0	225,5	288,7	2,3	56,3	141,3	167,4
		31,0	88,6	149,7	205,3	6,2	63,1	129,2	167,5
	Тест-лайнер	1,0	47,7	90,2	109,3	1,6	37,1	75,7	91,0
		2,0	38,6	80,3	97,5	2,8	31,1	63,1	75,9
$E_r, МПа$	Крафт-лайнер	5546	3330	2398	2244	1804	458	245	222
		5024	3313	2551	2265	1981	578	316	274
	Тест-лайнер	2756	1302	828	731	1601	471	260	222
		2689	1202	762	677	1552	474	262	227
$E_{од}, МПа$	Крафт-лайнер	5466	4568	3844	3613	1773	1126	773	712
		4700	4380	4024	3753	1959	1382	1036	914
	Тест-лайнер	2711	2157	1804	1686	1584	1040	787	719
		2661	2047	1669	1555	1527	1043	793	726
$n, с$	Крафт-лайнер	–	15,9	12,4	11,1	–	14,7	12,5	12,0
		–	22,9	17,3	14,4	–	18,8	14,8	13,5
	Тест-лайнер	–	15,6	12,3	11,0	–	12,2	10,6	10,0
		–	13,9	11,1	10,2	–	13,1	11,0	10,3

Примечание. В числителе – данные для образцов 1, в знаменателе – 2.

Различия в механическом поведении крафт- и тест-лайнеров проявляются в большей степени при испытании в направлении MD. Для тест-лайнеров ход кривых зависимости $\sigma - \varepsilon$ идентичен при испытании в обоих направлениях (MD и CD), в то время как у крафт-лайнеров наблюдаются существенные различия. Введение в композицию крафт-лайнера 2 больших количеств коротковолокнистой НСПЦ приводит к снижению величины деформации разрушения ε_p в одном случае (рис. 2, а) и заметному различию в ходе кривых в другом (рис. 2, б). Для интерпретации полученных данных на рис. 3–5 представлены изменение величины работы разрушения A_p , вклад различных составляющих процесса разрушения в A_p , относительный вклад работ в различных зонах деформирования в A_p .

Рис. 3. Изменение A_p при испытании на растяжение в точках, соответствующих рис. 1: 1 (A_y), П (A_{3-y}), 2 (A_n) и 3 (A_T)



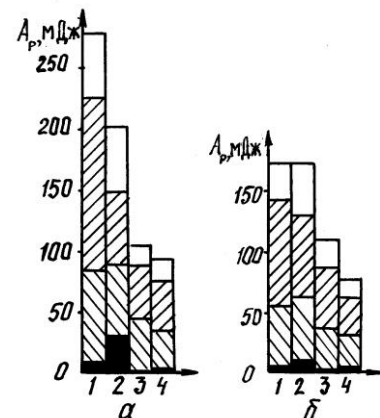
Из рис. 3 следует, что ход кривых определяется видом волокна, картон из первичного более длинного волокна обнаруживает наиболее высокие значения характеристик; закономерность изменения характеристик зависит от того, какое волокно (первичное или вторичное) присутствует в структуре картона; закономерности изменения работы разрушения в III и IV зонах деформирования идентичны, основное различие в механическом поведении обусловлено процессами, происходящими в I и II зонах, т. е. оно определяется поведением в силовом поле межволоконных сил связи и перемещениями (занятие оптимального, с энергетической точки зрения, положения коротких волокон ($l \ll l_{кр}$)).

Из рис. 4 следует, что основное различие в механическом поведении крафт- и тест-лайнеров формируется во II и III зонах деформирования при заметном влиянии явлений, происходящих в IV зоне.

Однако относительный вклад работ, произведенных в различных зонах деформирования, в A_p не зависит от абсолютной величины работы и во всех исследуемых случаях отличается незначительно (рис. 5).

Таким образом, механическое поведение материала (следовательно весь комплекс его деформационных и прочностных свойств) в значительной мере зависит от замедленно-упругой деформации, т.е. проявления вязкоупругих свойств в II и III зонах кривой зависимости $\sigma - \varepsilon$. Это обусловлено величиной критической длины волокна l_k , содержанием волокон с $l < l_{кр}$ и $l > l_{кр}$ и относительным вкладом в возникающую пластическую деформацию механизмов сдвиговой вынужденной эластичности и крейзования [4, 6].

Рис. 4. Вклад составляющих процесса разрушения A_y , A_{3-y} , A_n , A_T (здесь и далее на рис. 5, \square – A_y , \square – A_{3-y} , \square – A_n , \square – A_T) в A_p для различных образцов картонов-лайнеров (1 – 4) при испытании в направлениях MD (а) и CD (б)



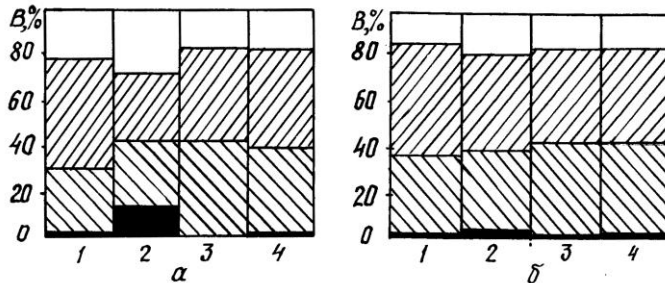


Рис. 5. Относительный вклад B составляющих процесса разрушения в A_p для различных образцов картонов-лайнеров (1 – 4) при испытании в направлениях MD (а) и CD (б)

Следовательно, для повышения деформационных и прочностных свойств тест-лайнеров особое значение приобретают процессы набухания и фракционирования по длине волокна с последующей избирательной обработкой вторичных волокон.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гурьев А.В. Связь упругих характеристик компонентов гофрированного картона с его потребительскими свойствами / А.В. Гурьев, В.И. Комаров // Целлюлоза. Бумага. Картон. – 1997. – № 9–10. – С. 22–24.
2. Комаров В.И. Анализ механического поведения целлюлозно-бумажных материалов при приложении растягивающей нагрузки / В.И. Комаров, Я.В. Казаков // Лесн. вестник / МГУЛ. – 2000. – № 3 (12). – С. 52–62.
3. Комаров В.И. Вязкоупругость целлюлозно-бумажных материалов / В.И. Комаров // Лесн. журн. – 1997. – № 6. – С. 25–44. – (Изв. высш. учеб. заведений).
4. Комаров В.И. Критическая длина волокна – фактор, определяющий деформативность и прочность целлюлозно-бумажных материалов / В.И. Комаров // Лесн. журн. – 1993. – № 4. – С. 79–83. – (Изв. высш. учеб. заведений).
5. Комаров В.И. Механизм разрушения целлюлозно-бумажных материалов / В.И. Комаров // Лесн. журн. – 1999. – № 4. – С. 96–103. – (Изв. высш. учеб. заведений).
6. Комаров В.И. Расчет коэффициента Пуассона при испытании на растяжение целлюлозно-бумажных материалов / В.И. Комаров, Я.В. Казаков // Лесн. журн. – 1993. – № 5-6. – С. 133–136. – (Изв. высш. учеб. заведений).
7. Комаров В.И. J -интеграл – характеристика структуры целлюлозно-бумажных материалов / В.И. Комаров // Целлюлоза. Бумага. Картон. – 1997. – № 5-6. – С. 26–29.
8. Сысоева Н.В. Характеристики жесткости при изгибе и растяжении компонентов гофрированного картона / Н.В. Сысоева, А.В. Гурьев, В.И. Комаров // Лесн. вестник / МГУЛ. – 2000. – № 4 (13). – С. 125–134.
9. Яблочкин Н.И. Сравнение деформационных свойств тарных картонов / Н.И. Яблочкин, Н.В. Сысоева, А.В. Гурьев, В.И. Комаров // Создание конкурентоспособного оборудования и технологий для изготовления бумажно-картонной про-

дукции из вторичного волокнистого сырья: научн. тр. 3-й Междунар. научно-техн. конф. – Караваево-Правдинский, 2002. – С. 87–91.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 10.10.04

N.I. Yablochkin, V.I. Komarov

**Differences in Mechanical Behavior of Cardboard-liners Produced
from Primary and Secondary Fiber**

Comparison of the mechanical behavior of kraft- and test-liner samples of different producers is carried out. A special role of delayed-elastic deformation is determined during the analysis of destruction kinetics.

**ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА**

УДК 630*79

М.Д. Каргополов, В.Н. Мякшин

Каргополов Михаил Дмитриевич родился в 1949 г., окончил в 1971 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономики отраслей Архангельского государственного технического университета. Имеет более 80 печатных научных работ по проблемам измерения затрат и результатов производства и производительности капитала.



Мякшин Владимир Николаевич родился в 1980 г., окончил в 2002 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры экономики отраслей АГТУ. Имеет 8 печатных работ по проблемам сбалансированности развития регионального ЛПК.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА
И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОДУКЦИИ РЕГИОНАЛЬНОГО
ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО
КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ МЕЖПРОДУКТОВОГО БАЛАНСА**

Проанализированы направления использования продукции ЛПК Архангельской области, источники обеспечения потребностей в лесопродукции, территориальная структура экономических связей. Инструментом исследований является межпродуктовый баланс ЛПК за 2001 г.

Ключевые слова: межпродуктовый баланс, ЛПК, структура, потребление продукции, доля ввоза – вывоза.

Лесопромышленный комплекс в значительной степени определяет общее состояние экономики Архангельской области, вносит весомый вклад в формирование бюджетов всех уровней. На долю предприятий ЛПК в 2001 г. приходилось 48,9 % объема промышленной продукции в действующих ценах. Лесобумажная продукция поставляется в другие регионы и на экспорт.

Максимальное использование потенциала ЛПК предполагает регулирование его развития, одним из инструментов которого может быть межпродуктовый баланс.

Межпродуктовый баланс ЛПК Архангельской области за 2001 г. разработан нами по 23 видам продукции в натуральном и стоимостном выражении. При его построении использованы метод «затраты – выпуск» [2] и принципиальная схема межпродуктового баланса [1]. Источником информации послужили данные Архангельского облкомстата [3]. В табл. 1 межпродуктовый баланс представлен в сильно агрегированном виде, в стоимостном выражении (млн р.).

на склад	643,72	454,46	2 682,17	–	3 780,34
Итого условно-чистая продукция (без учета лесоматериалов, полученных извне комплекса)	2 128,90	3 196,67	12 714,02	–	19 064,24
Итого валовая продукция	3 438,83	4 860,62	17 191,73	–	25 491,18

В разработанных балансах ЛПК Архангельской области можно видеть:

- внутрикомплексные потребности продукции ЛПК;
- объемы ввоза и вывоза продукции ЛПК;
- долю вывоза продукции;
- долю ввоза продукции в производственном и непроизводственном потреблении.

Рассмотрим основные результаты исследования.

Общий оборот ввоза и вывоза лесопродукции достигал 17,7 млрд р. (83,4 % объема продукции ЛПК), из них ввоз составил 0,6 млрд р. (2,8 % объема потребления), вывоз – 17,1 млрд р. (80,6 % объема производства).

Из данных межпродуктового баланса следует, что в 2001 г. первое место по ввозимой продукции занимала лесозаготовительная промышленность (81,4), второе – ЦБП (14,3), третье – деревообрабатывающая (4,3); по вывозу соответственно ЦБП (74,8), деревообрабатывающая (23,0), лесозаготовительная промышленность (2,2 %).

Общее представление о межрайонных связях дают показатели ввоза и вывоза продукции в объемах производства и потребления. Общий вывоз лесопродукции по сравнению с объемом производства в лесозаготовительной промышленности составлял 13,4, в деревообрабатывающей – 82,1, в целлюлозно-бумажной – 74,6 %.

В потреблении продукции лесозаготовительной промышленности на долю общего ввоза приходилось 23,0, деревообрабатывающей – 0,6, целлюлозно-бумажной – 0,6 %.

Представляют интерес данные о ввозе и вывозе продукции лесопромышленного комплекса по основным видам (табл. 2).

Важнейшими видами вывозимой продукции деревообрабатывающей промышленности являются пиломатериалы, фанера клееная и ДВП; ЦБП – целлюлоза товарная, затем бумага и картон.

Максимум ввозимой лесопродукции составляла деловая древесина. В деревообрабатывающей промышленности это пиломатериалы, ДВП, ДСП, фанера клееная, в ЦБП – бумага, картон.

Таблица 2

Продукция	Ввоз	Вывоз
	%	
Древесина деловая	81,40	2,20
Пиломатериалы	1,10	19,88
Шпалы деревянные для железных дорог широкой колеи	0,00	0,20
Брусья деревянные для стрелочных переводов железных дорог широкой колеи	0,00	0,02
ДВП	1,29	1,00
ДСП	1,40	0,00
Фанера клееная	0,50	1,90
Целлюлоза товарная	0,00	36,90
Картон (включая бумагу для гофрирования)	7,30	22,00
Бумага	7,00	15,20

Тетради школьные	0,01	0,70
Итого	100,00	100,00

8

Данные межпродуктового баланса позволили также определить долю общего объема производственного и непроизводственного потребления лесопродукции, покрытую за счет ввоза. Полностью обеспечивается потребность в ДСП, значительно – в деловой древесине (23 %).

Архангельская область полностью покрывает из собственных ресурсов потребность в товарной целлюлозе, практически полностью – в пиломатериалах (99,8), фанере (99,1), бумаге (98,4), картоне (98,8), ДВП (96,0 %).

Ввоз лесопродукции осуществляется в основном в порядке ассортиментного обмена на другие виды лесопродукции, производимые в различных экономических районах страны. В 2001 г. в Архангельскую область ввозились пиломатериалы, ДВП, фанера клееная, картон, бумага. Доля обмена составила 3,5 %.

Территориальная структура экономических связей представлена в табл. 3.

В регионы Российской Федерации вывозится 34,63 % продукции ЛПК Архангельской области. Первое место занимает Центральный федеральный округ, особенно Москва и Московская область (11,5 % вывоза), Курская (1,35), Тверская (0,66), Калужская (0,66), Воронежская (0,54 %) области.

На втором месте находится Северо-Западный федеральный округ, основная часть лесопродукции вывозится в С.-Петербург (4,93) и Ленинградскую область (3,88 %).

В Приволжский федеральный округ вывозится: в Пермскую область – 1,32, Саратовскую – 1,09, Республику Татарстан – 0,63 %.

В страны вне СНГ экспортируется основная часть продукции ЛПК: пиломатериалы – 38,0, товарная целлюлоза – 52,7 %.

В общей сумме ввоза лесопродукции в Архангельскую область основная доля приходится на Северо-Западный федеральный округ, при этом 31,0 % – из Вологодской области, 27,9 % – из Республики Коми.

Большая доля ввоза принадлежит Приволжскому федеральному округу, в частности из Кировской области – 17,5 %. В поставках Центрального федерального округа доля Костромской области равна 13,9 %.

Таким образом, наиболее тесные экономические связи по ввозу и вывозу лесопродукции Архангельская область имеет с Центральным, Северо-Западным и Приволжским федеральными округами. В эти регионы в 2001 г. вывезено 31,21, ввезено из них 99,51 % общего ввоза лесопродукции.

Таблица 3

Регион	Ввоз	Вывоз
	%	
Российская Федерация	100,00	34,63
В том числе федеральные округа:		
Центральный	16,03	16,35
Северо-Западный	65,28	10,74
Южный	0,13	2,86
Приволжский	18,20	4,12
Уральский	0,36	0,12
Сибирский	0,00	0,44
Экспорт всего	0,00	65,37
СНГ	0,00	2,10

Страны вне СНГ	0,00	63,27
Итого	100,00	100,00

Анализ показывает, что значительная часть продукции транспортировалась на большие расстояния, причем вывоз был значительно выше ввоза (положительное сальдо) для всех основных видов лесопродукции кроме деловой древесины и ДСП (отрицательное сальдо).

Однако при оценке межрайонных связей нельзя исходить только из объема или соотношения ввоза и вывоза. Необходимо учитывать степень агрегирования продукции отрасли, выделяемой в балансе.

Для однородной продукции сальдо представляет собой результат ее одностороннего движения, совпадающий с общим вывозом или ввозом. Агрегированная продукция отрасли совершает двухстороннее движение, т. е. ввозится и вывозится, и сальдо измеряет величину чистого вывоза (при положительном знаке) или ввоза (при отрицательном знаке).

Показатели общего вывоза или ввоза агрегированной продукции иные, чем у однородной, и их нельзя рассматривать как характеристику избытка или недостатка продукции данного вида в районе.

Меньшее значение показателя общего вывоза или ввоза характеризует размер обмена различных видов продукции данной отрасли, производимой в районе, на другие виды продукции соответствующих отраслей других экономических районов; больший показатель представляет собой сумму обмена и чистого вывоза или ввоза продукции данной отрасли[4].

Проанализируем направления использования производимой в области лесопродукции и источники обеспечения потребностей в ней на основе данных межпродуктового баланса за 2001 г. Основными направлениями использования продукции ЛПК являются: непосредственное потребление в области, обмен на другие виды лесопродукции и чистый вывоз. В составе источников обеспечения потребностей области в продукции ЛПК следует выделить: непосредственное потребление продукции, произведенной в области; обмен ее на другие виды лесопродукции; чистый ввоз.

Показатели непосредственного потребления лесопродукции, произведенной в области, определяются сальдовым методом: в составе направлений использования этот показатель равен объему производства минус обмен и чистый вывоз; в составе источников обеспечения потребностей области – объем потребления минус обмен и чистый ввоз.

Направления использования произведенной в области продукции ЛПК и источники обеспечения потребностей характеризуются относительными величинами, измеряющими доли каждого показателя: в первом случае – в объеме производства, во втором – в общей сумме потребностей.

Данные о направлениях использования и источниках обеспечения потребностей в продукции лесозаготовительной, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной промышленности Архангельской области, исчисленные на основе данных межпродуктового баланса, приведены в табл. 4.

В 2001 г. продукция лесозаготовительной промышленности в основном потреблялась непосредственно в области, и лишь сравнительно небольшая ее часть через обмен на продукцию лесозаготовительной промышленности других экономических районов. Продукция деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной про-

мышленности, как правило, вывозилась за пределы области, доля потребления через обмен была незначительной.

Таблица 4

8*

Отрасль	Направления использования продукции, % к объему производства			Источники обеспечения потребностей в продукции, % к объему потребления		
	Непосредственное	Через обмен	Чистый вывоз	Непосредственное	Через обмен	Чистый ввоз
Лесозаготовительная	86,6	13,4	-	77,0	17,5	5,5
Деревообрабатывающая	17,9	0,6	81,5	99,4	0,6	-
Целлюлозно-бумажная	25,4	0,5	74,1	99,4	0,6	-

Преобладающая часть потребности области в продукции деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности покрывалась за счет непосредственного потребления, а через обмен оно было небольшим.

Более значительно потребление через обмен продукции лесозаготовительной промышленности, частично за счет чистого ввоза.

Проведенные исследования показывают отсутствие значительных нарушений в пропорциях производства и распределения продукции ЛПК Архангельской области. Следовательно, межпродуктовый баланс может быть инструментом, который отслеживает тенденции развития ЛПК, позволяет выявить места и объемы диспропорций, разработать пути их преодоления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каргополов М.Д. Межоперационный баланс затрат и результатов производства: теория и практика / М.Д. Каргополов. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2001. – 128 с.
2. Леонтьев В.В. Межотраслевая экономика / В.В. Леонтьев; пер. с англ. – М.: Экономика, 1997. – 479 с.
3. Лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность Архангельской области: стат. сб. / Госкомстат России. – Архангельск, 2002.
4. Межотраслевые исследования в экономических районах. – М.: Наука, 1976. – 382 с.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 30.04.03

M.D. Kargopolov, V.N. Myakshin

Production and Distribution Study of Regional Forest Industry Products on Interproduct Balance Basis

Directions of forest-industry products use for the Arkhangelsk region, sources of meeting demand of forest products, territorial structure of economic connections have been

analyzed. Interproduct balance of forest industry for the year of 2001 serve as an instrument of research.

УДК 518.5

Л.В. Щеголева

Щеголева Людмила Владимировна родилась в 1973 г., окончила в 1995 г. Петрозаводский государственный университет, кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной математики и кибернетики ПетрГУ. Имеет 29 печатных работ в области математического моделирования и информационных технологий в лесопромышленном комплексе.



МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ В ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОМ РЕГИОНЕ

Предложена математическая модель задачи оптимизации производства и потребления древесного сырья на основе критерия максимизации прибыли от реализации продукции его переработки.

Ключевые слова: лесопромышленный комплекс, оптимизационные математические модели, баланс производства и потребления древесного сырья.

Карельский научно-исследовательский институт лесопромышленного комплекса совместно с математическим факультетом ПетрГУ разрабатывают задачи планирования и управления региональным лесопромышленным комплексом (ЛПК) [1, 2]. Для их решения создается информационная система, включающая обширную базу данных о лесных ресурсах и промышленных предприятиях региона, а также программное обеспечение для поддержки принятия решений, опирающееся на экономико-математический аппарат.

В информационной системе реализуется задача совершенствования баланса производства и потребления древесных ресурсов, которая признана одной из основных в региональной политике и стратегии лесопользования и развития ЛПК Республики Карелия [3].

Математическая модель включает три этапа производственной цепочки: заготовку древесного сырья, транспортировку его к перерабатывающему предприятию и переработку для получения продукции.

Критерием оптимальности при выборе варианта распределения потоков лесоматериалов между заготовительными и перерабатывающими предприятиями может быть минимизация суммарных затрат на всех этапах производственной цепочки или максимизация прибыли от реализации продукции лесопереработки.

Оптимальное решение дают не только наилучшие (относительно выбранного критерия) объемы потоков лесоматериалов между заготовительными и перерабатывающими предприятиями, но также оценки эффективности как заготовки, так и переработки древесного сырья, которые можно затем использовать, например, при решении задачи дифференциации платежей за пользование лесными ресурсами.

Рассмотрим цепочку производства и потребления лесоматериалов. Каждое лесозаготовительное предприятие располагает несколькими участками лесозаготовки, характеризующимися объемом расчетной лесосеки и составом пород, сортов,

категорий крупности древесины. Объем заготовки не может превышать расчетную лесосеку.

Деревообрабатывающие и деревоперерабатывающие предприятия потребляют круглые лесоматериалы определенных породы, сорта и крупности. Максимальные мощности переработки лесоматериалов известны. Перерабатывающие предприятия могут быть самостоятельными либо входить в качестве подразделения в состав лесозаготовительного предприятия. Имеется транспортная сеть, соединяющая участки лесозаготовки и деревоперерабатывающие предприятия. Известны расстояния перевозки для каждой пары участок – перерабатывающее предприятие.

Задача заключается в определении оптимального баланса древесных ресурсов в целях максимизации прибыли от реализации продукции переработки лесоматериалов с учетом затрат на каждом этапе производственной цепочки при ограничениях: объем вывозимых лесоматериалов с каждого участка заготовительного предприятия не превышает объема расчетной лесосеки; объем привозимых лесоматериалов на каждое перерабатывающее предприятие не превышает его максимальной мощности.

В математической модели задачи участки лесозаготовок назовем пунктами заготовки. Разные участки одного заготовительного предприятия рассмотрим как отдельные пункты заготовки. Перерабатывающие предприятия назовем пунктами переработки. Если лесозаготовительное предприятие, включающее один или несколько пунктов заготовки, занимается также и переработкой лесоматериалов, то для него, как и для перерабатывающего предприятия, определим пункт переработки.

Назовем сочетание порода – сорт – крупность видов лесоматериалов.

Тогда математическая модель задачи будет выглядеть следующим образом. Введем обозначения:

I – число пунктов заготовки;

J – число пунктов переработки;

K – число видов лесоматериалов, каждый из которых представляет комбинацию породы, сорта и крупности, т. е. K равняется произведению числа пород, сортов и категорий крупности лесоматериалов;

c_{ij} – стоимость перевозки 1 м^3 лесоматериалов из пункта заготовки i в пункт переработки j ;

v_{ik} – объем заготовки лесоматериалов вида k в пункте заготовки i ;

w_j – объем переработки лесоматериалов в пункте переработки j ;

a_{jk} – индикатор использования лесоматериалов вида k в пункте переработки j , принимает значение 1, если в пункте переработки j используются лесоматериалы вида k ; в других случаях $a_{jk} = 0$;

p_j – усредненная цена на продукцию, полученную после переработки 1 м^3 лесоматериалов в пункте переработки j ;

d – стоимость заготовки 1 м^3 лесоматериалов (одинаковая для всех пунктов заготовки);

s_j – стоимость переработки 1 м^3 лесоматериалов в пункте переработки j .

Изменяемые факторы задачи:

x_{ijk} – объем перевозки лесоматериалов вида k из пункта заготовки i в пункт переработки j .

Целевая функция

$$\sum_j (p_j - s_j) \sum_k a_{jk} \sum_i x_{ijk} - \sum_{i,j} c_{ij} \sum_k x_{ijk} - d \sum_{i,j,k} x_{ijk} \rightarrow \max$$

максимизирует прибыль от продажи продукции, полученной в результате переработки лесоматериалов, за вычетом затрат на заготовку лесоматериалов, их транспортировку и переработку.

Ограничения:

$$\sum_j x_{ijk} \leq v_{ik}, \quad i = \overline{1, I}, \quad k = \overline{1, K} - \text{суммарный объем вывозимых лесоматериалов}$$

не должен превышать объем расчетной лесосеки заготовительного предприятия i по каждому виду лесоматериалов k ;

$$\sum_k a_{jk} \sum_i x_{ijk} \leq w_j, \quad j = \overline{1, J} - \text{суммарный объем привозимых лесоматериалов}$$

независимо от их вида не должен превышать максимальный объем переработки для каждого перерабатывающего предприятия j ;

$$x_{ijk} \geq 0, \quad i = \overline{1, I}, \quad j = \overline{1, J}, \quad k = \overline{1, K} - \text{объемы перевозки не должны быть}$$

отрицательными.

Математическая модель задачи является линейной, для решения такой задачи можно использовать симплексный метод.

В результате решения задачи можно получить следующую информацию:

объемы заготовки лесоматериалов на каждом лесном участке в разрезе пород, сортов, категорий крупности; процент освоения расчетной лесосеки каждым заготовительным предприятием и объемы неиспользованного древесного сырья;

объемы и направления перевозки лесоматериалов от пунктов заготовки к пунктам переработки;

объемы переработки лесоматериалов на каждом перерабатывающем предприятии;

процент использования производственных мощностей для каждого перерабатывающего предприятия;

значения двойственных переменных, соответствующих первому ограничению, позволяющие оценить эффективность освоения лесных участков, т. е. их инвестиционную привлекательность, на основании чего можно рассчитать рентные платежи;

значения двойственных переменных, соответствующих второму ограничению, дающие возможность оценить эффективность переработки лесоматериалов каждым перерабатывающим предприятием;

размер прибыли, получаемой отдельными перерабатывающими предприятиями и по отрасли в целом;

затраты на переработку, транспортировку, заготовку лесоматериалов по предприятиям и для отрасли в целом;

интенсивность перевозок по каждой дуге транспортной сети.

Представленная модель может быть использована для определения оптимального баланса потоков лесоматериалов и построения оценок инвестиционной привлекательности лесных участков, что является первоочередной задачей управления лесопромышленным комплексом. Полученный оптимальный баланс производства и потребления древесного сырья интересно сравнить с фактическим и проанализировать факторы, влияющие на установление той или иной структуры потоков лесоматериалов и связей между предприятиями производства и переработки

древесного сырья. В дальнейшем информацию полезно использовать для принятия соответствующих решений в управлении отраслью. Развитие задачи направлено на учет реальной структуры транспортной сети со всеми ее разветвлениями и пересечениями, различных видов транспорта (автомобильный, железнодорожный, водный), а также сезонности лесозаготовок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Воронин А.В.* Прикладные транспортно-производственные задачи планирования работы предприятий ЛПК / А.В. Воронин // Лесн. журн. – 2004. – № 1. – С. 103–110. – (Изв. высш. учеб. заведений).
2. *Воронин А.В.* Интегрированные структуры в лесной промышленности / А.В. Воронин, И.Р. Шегельман. – СПб.: СПбГЛТА, 2003. – 160 с.
3. *Шегельман И.Р.* К разработке стратегии развития регионального лесного комплекса / И.Р. Шегельман // Тр. ЛИФа ПетрГУ. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2003. – С. 160–163.

Петрозаводский государственный
университет

Поступила 15.07.04

L.V. Shchegoleva

Mathematical Optimization Model of Wood Raw Material Production and Consumption in Forest-industrial Region

Mathematical model is suggested for optimization of wood raw material production and consumption based on criterion of profit maximization gained from its product sales.



УДК 630*98

М.В. Лосев, А.И. Смирнова

Смирнова Альбина Ивановна родилась в 1937 г., окончила в 1959 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и управления лесопользования и воспроизводства лесных ресурсов СПбЛТА. Имеет более 55 печатных трудов в области организации, планирования и управления предприятиями лесопромышленного сектора.



СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Рассмотрена современная система планирования в лесном хозяйстве, предложены основные направления ее совершенствования.

Ключевые слова: лесное хозяйство, прогнозы, планы на разных уровнях, новая система планирования.

Планирование является важнейшим инструментом лесной политики. В условиях обострения экономического кризиса на глобальном и региональных уровнях и усиления социальных средозащитных функций лесов общественное значение планирования лесного хозяйства неизмеримо возрастает.

В период планово-регулируемой экономики в России накоплен богатый опыт планирования многоцелевого лесного хозяйства. При переходе к рыночным отношениям эта система в меньшей степени подверглась разрушению, чем в отраслях лесопромышленного сектора. В настоящее время она сочетает централизованное планирование стратегии развития лесного хозяйства с децентрализацией планирования конкретных путей и методов их практической реализации на нижестоящих уровнях управления.

Планирование на федеральном и региональном уровнях

Планирование принято подразделять на два вида: стратегическое, когда разрабатываются планы развития лесного хозяйства Российской Федерации, региона, лесхоза на длительную перспективу; тактическое, при котором планы составляются на год и менее, с их помощью осуществляется текущее управление процессами, производствами, в ряде работ они называются оперативными планами [2].

Различают горизонтальную и вертикальную дифференциацию системы планирования. В первом случае планы конкретного вида разрабатывают по уровням управления, во втором – осуществляется в виде взаимосвязанных подсистем.

На высшем уровне определяется стратегическая лесная политика, для чего требуется глобальное видение проблемы, учет развития социально-экономической и экологической ситуации в России и мире, что возможно при глубоком плановом горизонте (20 ... 30 лет).

На уровне Российской Федерации и ее субъектов разрабатываются оптимальные направления, методы и средства развития лесного хозяйства. Основной задачей здесь является формирование правовой, экономической и организационной базы для реализации стратегических целей.

Плановой работе предшествует разработка прогнозов. В них ставятся задачи: выявить контуры развития исследуемого объекта и окружающую его среду на

долгосрочную перспективу; главные проблемы, возможные пути их решения, необходимые правовые, экономические и организационные мероприятия, а также ресурсы (интеллектуальные, финансовые, материально-технические, земельные). Такой укрупненный характер прогнозов позволяет предвидеть лимитирующие факторы, узкие места развития лесного хозяйства, чтобы заранее принять необходимые укрепляющие меры.

В России и других республиках СССР была создана единая система прогнозирования и планирования народного хозяйства и его отраслей. Применительно к лесному хозяйству она включала [2]:

- 1) прогнозы развития лесного хозяйства и лесопользования на 20 ... 30 лет;
- 2) комплексные программы научно-технического, социально-экономического развития, охраны окружающей природной среды и рационального природопользования на 20 лет;
- 3) основные направления экономического и социального развития на 15 лет;
- 4) проекты лесоустройства;
- 6) государственный пятилетний план социально-экономического развития;
- 7) годовой план социально-экономического развития.

Прогнозы, комплексные программы, а также основные направления социально-экономического развития разрабатывались для страны и крупных регионов; пятилетние и годовые планы – на всех уровнях управления, вплоть до лесхозов.

Централизованное планирование, несмотря на существенные недостатки, служило одним из инструментов концентрации экономических ресурсов при осуществлении программ индустриализации страны, включая создание технической базы для развития лесного хозяйства и отраслей лесного комплекса.

К основным недостаткам прошлых систем прогнозирования и планирования относятся:

- а) ведомственный подход к развитию отдельных отраслей лесного комплекса;
- б) формальные связи между ними;
- в) недостаточная взаимосвязь научно-технических, социально-экономических и экологических программ;
- г) неполный учет экологических факторов;
- д) невыполнение ряда разработанных программ.

Переход к рыночной экономике внес определенные коррективы в систему планирования развития лесного хозяйства. Это проявилось, прежде всего, в отказе от централизованного доведения до предприятий многочисленных натуральных показателей. Формально лесхозы получили творческую свободу при планировании лесопользования и воспроизводства лесных ресурсов.

Вместе с тем была нарушена сложившаяся система планирования лесного хозяйства, которая ныне только начинает восстанавливаться. На современном этапе центральным вопросом лесной политики является обеспечение перехода лесного сектора на модель устойчивого управления лесами и социально-экономического развития лесного сектора, что повышает требования к качеству разработки федеральных и региональных программ.

Совершенствование системы планирования на федеральном и региональном уровнях предполагает решение следующих основных задач:

- 1) эколого-экономического обоснования стратегических целей развития лесного хозяйства;

- 2) социально-экономической и экологической оценки долговременных последствий альтернативных вариантов лесопользования и воспроизводства лесных ресурсов;
- 3) оптимизации территориального размещения мероприятий по повышению продуктивности и улучшению качественного состава лесов;
- 4) контроля за реализацией стратегических целей развития лесного хозяйства на федеральном и региональном уровнях;
- 5) координации планов развития лесного хозяйства с отраслями-потребителями лесных товаров и услуг.

Планирование на уровне лесхоза

На уровне лесхоза разрабатывают: пятилетний план развития, производственно-финансовый план на год с разбивкой показателей по кварталам и оперативные планы на месяц, неделю, сутки.

Перспективные планы, как правило, составляли на 5 лет, хотя неоднократно поднимался вопрос о необходимости разработки их на 10 лет и более [2, 3].

В последние годы роль перспективных планов в лесхозах выполняют лесоустроительные проекты: лесохозяйственные мероприятия, предусмотренные лесоустройством на ближайшие 10 лет, приобретают характер перспективного плана. С экономической точки зрения такой подход трудно осуществим, так как в условиях крайне ограниченного финансирования эти мероприятия, как правило, не могут быть выполнены в полном объеме.

Несмотря на то, что в новой Инструкции по проведению лесоустройства в лесном фонде России (1994 г.) предусмотрено экономическое обоснование объектов лесопользования и лесохозяйственных мероприятий, оно остается наиболее слабым звеном лесоустроительного проекта из-за отсутствия средств и соответствующих специалистов. По нашему мнению, лесоустроительным проектам должна быть отведена роль информационной базы в перспективном планировании.

Методика составления годового производственно-финансового плана лесхоза сформировалась еще в 70-е гг. прошлого столетия и коренных изменений не претерпела [1]. В настоящее время действуют Методические указания и формы плана, разработанные на федеральном уровне в 1996 г., где расчеты подразделены на две группы: основные формы плана, вспомогательные расчеты к плану.

Расчет операционных расходов и источников финансирования является сводным, где затраты по видам лесохозяйственных мероприятий, работ и услуг увязаны с источниками их покрытия (финансирования).

Методика планирования затрат традиционна [1, 4]:

$$Z_{\text{общ}} = \sum_i^n Q_i Z_i + Z_{\text{пр}} + Z_{\text{упр}}, \quad (1)$$

где $Z_{\text{общ}}$ – общий объем затрат на год, тыс. р.;

Q_i – объем i -го вида работ, мероприятий в натуральных показателях (га, м, км и т.д.);

Z_i – затраты на единицу работ i -го вида, тыс. р.;

$Z_{\text{пр}}$ – общепроизводственные расходы, тыс. р.;

$Z_{\text{упр}}$ – расходы на содержание лесохозяйственного аппарата, тыс. р.

Объемы работ определяют на основании пятилетних планов или лесоустроительных проектов. Перед составлением планы согласовывают с вышестоящими организациями.

Состав работ формируют в соответствии с установленными ТУ и ОСТ на лесохозяйственные мероприятия. Затраты по каждому виду работ рассчитывают на единицу и на весь объем работ по вспомогательной форме, из которой переносят в план операционных расходов.

Затраты на единицу работ i -го вида (Z_i , тыс. р.) включают затраты на оплату труда рабочих, занятых на i -м виде работ с отчислениями в единый социальный налог (ZOT_i), расходы на содержание оборудования (без амортизационных отчислений) (PCO_i) и затраты на основные и вспомогательные материалы (M_i):

$$Z_i = ZOT_i + PCO_i + M_i. \quad (2)$$

Затраты на единицу работ определяют во вспомогательном расчете, предварительно выполняя калькулирование затрат на содержание оборудования, потребность в посадочном материале и материальные затраты. Затраты, непосредственно не связанные с объемами работ (внеобъемные мероприятия), рассчитывают отдельно в виде самостоятельных смет.

Численность рабочих на основных работах ($Ч_{осн}$) получают делением трудозатрат ($TЗ$, чел.-дн.) на число эффективных дней работы одного рабочего за планируемый период ($D_{эф}$):

$$Ч_{осн} = \frac{TЗ_{осн}}{D_{эф}}; \quad (3)$$

$$TЗ_{осн} = \sum_i^n \frac{Q_i}{H_{выр\ i} K_{рпт\ i}}; \quad (4)$$

где $H_{выр\ i}$ – норма выработки на 1 чел.-дн. на i -м виде работ, га, м³, км и т. д.;

$K_{рпт\ i}$ – коэффициент, учитывающий рост производительности труда на i -м виде работ, $K_{рпт\ i} = 1,00 \dots 1,15$.

Трудозатраты по видам работ находят по разделам или мероприятиям, затем суммируют. Численность работников прочих категорий (руководители, специалисты, служащие) соответствует штатному расписанию.

В плане по труду и фонду зарплаты показывают общую численность персонала лесхоза и затраты на оплату труда, чему предшествуют расчеты структуры заработной платы.

Затраты на оплату труда включают тарифную часть заработной платы и надбавки, доплаты: за условия труда (до 24 % на рубках ухода за лесом, до 20 % на посадке и посеве леса, до 16 % на содействии естественному возобновлению, создании противопожарных барьеров, уходе за минерализованными полосами, строительстве и ремонте противопожарных дорог); трактористам и машинистам за классность (10 ... 20 %); премии (40 и более процентов, если имеются источники финансирования); за выслугу лет (в зависимости от стажа работы), а также дополнительную заработную плату, определяемую по средней продолжительности отпусков.

Для упрощения расчетов предлагается применять средний коэффициент, учитывающий сразу все дополнительные выплаты к тарифному фонду зарплаты. Этот коэффициент рассчитывает каждый лесхоз с учетом конкретной структуры заработной платы [4].

После согласования объемов работ и затрат с вышестоящей организацией определяют источники финансирования: бюджетные и внебюджетные (собственные средства лесхозов). Производят расчет поступлений собственных средств.

Методика разработки годового плана лесхоза (1996 г.) предусматривает доведение до каждого лесничества годового плана с поквартальным распределением объемов работ, затрат на единицу и общих затрат, а также штатного расписания и сметы расходов на содержание аппарата лесничества.

По каждому лесничеству учитывают выполнение плана, для чего вводят лицевой счет, в нем сопоставляют расходы и доходы по отношению к плановым показателям и определяют конкретные результаты деятельности.

Экономии или перерасход средств в целом по лесхозу и лесничествам устанавливают по результатам первого квартала, полугодия, 9 месяцев и года; до 50 % экономии затрат направляют лесничествам [4].

Система планирования позволяет организовать в лесном хозяйстве действенный контроль за выполнением планов. В лесхозе оно производится ежеквартально и нарастающим итогом за год, выявление причин отклонений от плана позволяет разработать мероприятия по их корректировке. Этому способствует наличие необходимой информации, сопоставимость плановых и отчетных показателей; так реквизиты плана операционных расходов и источников финансирования полностью совпадают с отчетной формой 10ЛХ.

Привлечение лесничеств и других структурных подразделений лесхоза к решению планово-производственных вопросов приведет к более рациональному ведению хозяйства, экономии затрат труда и материальных ресурсов, мобилизации собственных источников финансирования.

Однако действующая система планирования, сложившаяся еще в период планово-регулируемой экономики, имеет целый ряд существенных недостатков, еще более ощутимых в период перехода к рыночным отношениям.

1. Главным из них является отсутствие научно обоснованных планов развития лесхозов на длительную перспективу, что сковывает инициативу работников лесного хозяйства в достижении эффективных путей развития.

2. Наиболее слабым звеном в лесохозяйственной деятельности является планирование и оценка конечных результатов.

Планирование неполных сумм затрат по видам работ вступает в противоречие с целями рыночной экономики. С этим столкнулись и разработчики Методических указаний производственно-финансового плана лесхоза (1996 г.), указав, что затраты на работы, выполняемые подрядным способом, определяются иным путем – с применением «Методики расчета стоимости лесохозяйственных работ при выполнении их подрядным способом», утвержденной Рослесхозом 10.10.94 г. [4]. Получается, что на выполнение работ лесхозу из бюджета выделяется средств меньше (на величину амортизации и прибыли), чем он должен выплатить подрядчику. В итоге лесхоз вынужден покрывать затраты из собственных средств, что экономически невыгодно.

3. Формы плана и Методические указания ... (1996 г.) содержат ряд противоречий и имеют недостатки:

операционные расходы на все основные виды работ рассчитывают по технологическим картам и из них формируют вспомогательную форму, что нерационально, так как из технологических карт эти показатели можно сразу же занести в основную форму [4];

годовой план лесничеству излишне усложнен, чтобы он стал действенным, его следует упростить;

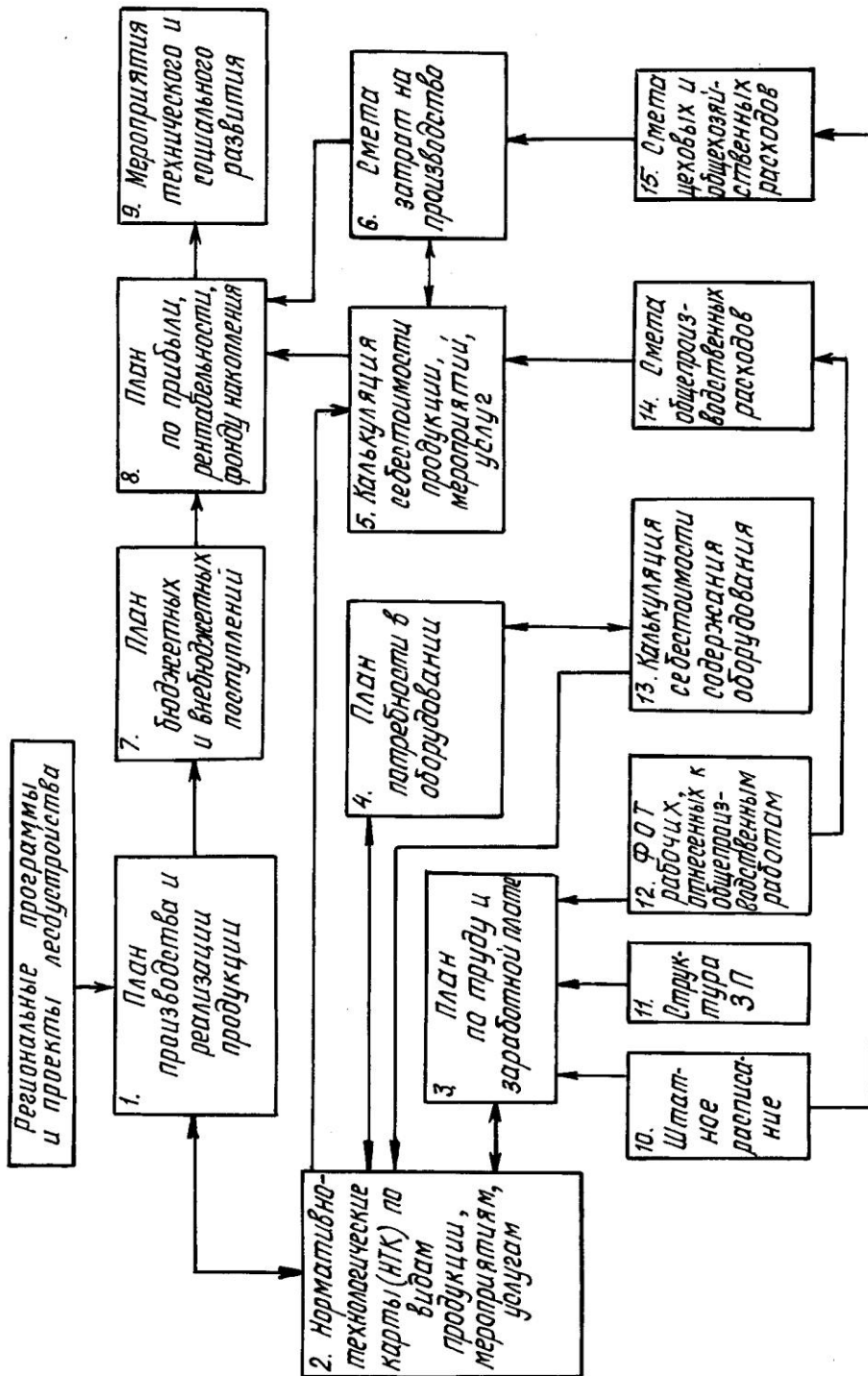
отсутствуют указания и формы разработки нормированных заданий бригадам, звеньям, исполнителям.

Предлагаемая система планирования

В основе планирования лежит новая концепция организации лесного хозяйства: конечным результатом являются не работы, а произведенная и реализованная продукция.

При реализации новой концепции структура годового плана претерпевает коренное изменение (см. рисунок). Составление такого плана начинается с разработки нормативно-технологических карт (НТК) по видам продукции, мероприятиям, услугам. НТК – основа предлагаемого варианта плана, от качества их разработки зависит качество и всех разделов годового плана. При этом необходимо выполнить следующие условия.

1. НТК следует разрабатывать на все виды продукции, мероприятия, услуги конкретного лесхоза.



Предлагаемая структура годового плана развития

2. В основу НТК должны быть положены материалы лесоустроительных проектов. Как указано выше, это единственный достоверный источник получения информации о развитии лесхоза в современных условиях.

3. Расчеты по НТК необходимо доводить до полной себестоимости конечной продукции по всему комплексу операций согласно типовым технологиям. Здесь же следует отразить условия реализации продукции и плановые цены на нее.

На первом этапе потребуются значительные усилия лесхозов по разработке комплекса НТК, что вполне реально. В настоящее время многие лесхозы уже имеют опыт разработки технологических карт, в ряде регионов они вводятся «сверху». Однако такие карты составляются на весь цикл работ в целом, а это не дает положительных результатов.

Из НТК информация поступает во все разделы предлагаемого плана, расчеты показателей выполняются по общепринятой методике. Рассчитывают товарную, реализованную продукцию, себестоимость, прибыль, фонд накопления и др. Учет особенностей лесохозяйственных производств при таком планировании изложен в ряде работ.

Источники бюджетных и внебюджетных поступлений также планируются. В этом случае собственник лесов – государство будет оплачивать конечные результаты – продукцию, услуги по ценам, что обеспечит лесхозу прибыль и позволит сформировать фонд накопления – основной источник развития лесхоза.

Внебюджетные (собственные) средства, поступающие на расчетный счет лесхоза, также будут использоваться для оплаты конечной продукции, законченных мероприятий, выполненных, например, подрядчиками или иным способом. Здесь, по нашему мнению, требуется четко разграничить конечные результаты, оплачиваемые из бюджетных и внебюджетных источников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильин В.А. Основные расчеты производственно-финансового плана по лесному хозяйству / В.А. Ильин. – Л.: РИО ЛТА, 1986. – 32с.
2. Лосев М.В. Совершенствование системы планирования воспроизводства лесных ресурсов: дис. / М.В. Лосев. – М., 1996.
3. Смирнова А.И. Планирование на предприятии (объединении) / А.И. Смирнова, А.Ф. Елизаров. – Л.: РИО ЛТА, 1991. – 32 с.
4. Производственно-финансовый план лесхоза. – М., 1996. – 58 с.

С.-Петербургская лесотехническая академия

Поступила 01.03.02

M.V. Losev, A.I. Smirnova

Improvement of Planning System in Forestry

Contemporary system of planning in forestry is reviewed and principal directions of its perfection are proposed.

**МЕТОДИКА И ПРАКТИКА ПРЕПОДАВАНИЯ**

УДК 69.008

О.М. Соколов, Ю.А. Варфоломеев, А.Н. Федотов

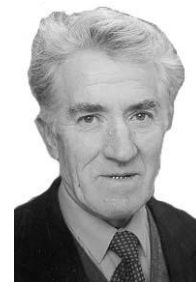
Соколов Олег Михайлович родился в 1936 г., окончил в 1960 г. Ленинградский технологический институт ЦБП, доктор химических наук, профессор, ректор, заведующий кафедрой биотехнологии Архангельского государственного технического университета, академик Международной академии наук, РИА, РАЕН, Академии проблем качества РФ, чл.-кор. МИА, заслуженный деятель науки РФ. Имеет более 170 научных трудов в области исследования процессов сульфатной варки, изучения свойств и применения технических лигнинов.



Варфоломеев Юрий Александрович родился в 1953 г., окончил в 1975 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой инженерных конструкций и архитектуры Архангельского государственного технического университета, заслуженный деятель науки РФ. Имеет около 300 научных трудов в области обеспечения долговечности древесины в строительстве экологически безопасными методами.



Федотов Альберт Николаевич родился в 1937 г., окончил в 1962 г. Архангельский лесотехнический институт, доцент кафедры строительного производства, декан строительного факультета Архангельского государственного технического университета. Область научных интересов – исследование эксплуатационных характеристик зданий и сооружений на Севере.

**НАУЧНАЯ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА
В АГТУ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО СОХРАНЕНИЮ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНЫХ ПАМЯТНИКОВ**

Проанализированы итоги научных исследований АГТУ в сфере реставрации; изложен опыт подготовки научных и инженерных кадров, работающих в области сохранения историко-архитектурных памятников.

Ключевые слова: историко-архитектурные памятники, реставрация, ремонт, подготовка научных и инженерных кадров, реставрационно-строительные студенческие отряды, Соловецкие острова, Германия.

В Архангельской области имеется большое количество охраняемых историко-архитектурных памятников, которые необходимо систематически ремонтировать и реставрировать. Особо ценными признаны объекты Соловецкого государственного историко-архитектурного и природного музея-заповедника (СГИАПМЗ) и Архангельского государственного музея деревянного зодчества и народного искус-

ства «Малые Корелы». Для сохранения памятников и обеспечения безопасности посетителей проекты их реставрации должны соответствовать требованиям действующих строительных норм и правил, что контролируется Главстройэкспертизой. Раньше в работе использовали исключительно ведомственные правила, что приводило к разногласиям и ошибкам.

Директор СГИАПМЗ М.В. Лопаткин и руководство «Института проектирования и реставрации», штат которого практически полностью сформирован из выпускников АГТУ, активно привлекают специалистов кафедры инженерных конструкций и архитектуры АГТУ к экспертизе старинных построек и разработке рекомендаций по повышению их долговечности. Координацию этой работы осуществляет проф. Ю.А. Варфоломеев.

При экспертизе обычно изучают исторические сведения об объекте, оценивают соответствие существующих архитектурных решений первоначальному замыслу, выявляют перестройки, проведенные в процессе длительной эксплуатации. Специалисты АГТУ квалифицированно исследуют физико-механические, а при необходимости, и физико-химические характеристики длительно эксплуатируемых строительных материалов, выявляют дефекты и причины их образования, рассчитывают напряженно-деформированное состояние поврежденных конструкций и на основании полученных данных разрабатывают предложения по устранению обнаруженных дефектов.

В 2003 – 2004 гг. были осуществлены натурные обследования представляющих большой научный интерес и находящихся в неудовлетворительном состоянии древних колоколен: каменной – в Соловецком кремле, деревянной из села Кулига Дракованово – в музее «Малые Корелы». Проводится системная научно-практическая работа по обеспечению сохранности комплекса старинных кирпичных зданий Архангельского ликеро-водочного завода [3].

В последние годы в АГТУ активизировалась подготовка специалистов по сохранению архитектурного наследия. На строительном факультете над решением проблем обеспечения долговечности деревянных построек экологически безопасными методами в климатических условиях Севера работают преподаватели Д.В. Агапов, Л.А. Баданина, Е.А. Согина, М.А. Амбросевич.

На базе специальности 2903 «Промышленное и гражданское строительство» в АГТУ впервые начата подготовка инженеров по новой специализации «Реконструкция и реставрация зданий и сооружений», открыта новая специальность 2914 «Проектирование зданий» для подготовки инженеров-архитекторов. Кафедра инженерных конструкций и архитектуры является базовой по этим направлениям обучения.

Выпускники строительного факультета С. Нибабин и В. Кичев в 2004 г. успешно защитили дипломные работы по определению объемов биопоражения древесины в старинных постройках и проектированию современного экологически безопасного производства огне- и биозащитной пропитки деревянных деталей для реставрации и ремонта. Научную часть этой работы курировала «Лаборатория защиты древесины ЦНИИМОД». Согласно расчетам, проектируемое производство должно полностью обеспечивать реставрационные и ремонтные работы в Архангельской области, а в последующем выполнять заказы музеев других регионов России по изготовлению пропитанных специальными защитными препаратами уникальных деталей длиной до 12,5 м. Рассмотрены варианты размещения такого производства ближе к потребителям деталей с гарантированным уровнем долговечности: непосредственно в районах лесозаготовок, где легко выбрать древесину нужно-

го качества; в районе музея «Малые Корелы». Каждый вариант имеет свои преимущества и недостатки, их проработка и технико-экономический анализ продолжаются.

Для проведения учебных и производственных практик по строительству, реставрации, ремонту и реконструкции зданий и сооружений, а также для решения проблемы дефицита сезонных рабочих кадров была организована в АГТУ подготовка студентов с привлечением их летом в строительные и реставрационные отряды [1]. Новаторская деятельность АГТУ в этом направлении признана Министерством образования и науки РФ одной из лучших среди вузов страны и имеет огромное значение для патриотического воспитания молодежи. По проекту кафедры инженерных конструкций и архитектуры АГТУ в 2003 г. организован первый после начала экономических реформ в стране Всероссийский реставрационно-строительный студенческий отряд (РССО) на Соловецких островах, создан объединенный штаб студенческих отрядов Северо-Западного федерального округа, членами которого стали 9 субъектов Российской Федерации [4].

Летом 2004 г. в рамках производственного обучения студентов и развития в стране трудового молодежного движения на важнейших объектах Архангельской области и в других регионах страны в 36 строительных и реставрационных отрядах работали 550 архангельских студентов. Это больше штатной численности действующих в Архангельской области строительных трестов. Студенческий отряд АГТУ «Изумруд» работал в «Лаборатории защиты древесины ЦНИИМОД» и занимался устранением последствий фунгицидного поражения конструкций реставрируемого кирпичного производственного здания Архангельского ликеро-водочного завода. Всероссийский РССО «Соловки» трудился на знаменитых объектах Соловецкого кремля. В его состав входили 28 человек из Архангельска, Калининграда, Белгорода, Пскова, а также Чувашии, Мордовии. Руководил отрядом студент IV курса строительного факультета М. Рентель. Базовая организация этого отряда – АГТУ. Студенты реставрировали фасад одного из корпусов кремля, под контролем археологов вручную копали на заповедной территории монастыря траншеи для прокладки высоковольтных и низковольтных кабелей электроснабжения. Работа осложнялась наличием топливопровода и других инженерных коммуникаций. За 45 рабочих дней студенты выкопали более 2,5 тыс. м³ грунта, проложили около 9 км высоковольтного кабеля, систематически разгружали морские баржи с кабельной продукцией, щебнем, цементом и другими строительными материалами. О работе первого Всероссийского РССО был снят фильм, который демонстрировался по телевидению страны. Труд студентов был оценен по достоинству, а отряд получил приглашение СГИАПМЗ для продолжения работ в 2005 г. Запланировано увеличить его численность до 54 человек.

По проекту кафедры инженерных конструкций и архитектуры АГТУ впервые в нашей стране подготовлен студенческий отряд «Интерстрой» для работы в странах дальнего зарубежья [2]. Переговоры о трудоустройстве проводились с Норвегией, Германией, Швецией. В итоге сводный РССО отправился в Германию. При приеме студентов в отряд учитывали не только владение рабочей профессией строительного профиля, но и знание немецкого или английского языка. Это значительно повысило интерес всех студентов АГТУ к изучению иностранных языков.

Традиционная зеленая форма студенческих строительных отрядов за рубежом воспринимается как военная. Для международного РССО «Интерстрой» разработали специальную форму: белую куртку с откидным капюшоном, темно-синие

брюки спортивного покроя, бейсболку и кроссовки. Все студенты получили международные медицинские страховые полисы.

До Берлина отряд добирался на поезде и автобусе. Отряд был поделен на две команды. РССО «Интерстрой-1» дислоцировался близ г. Волтерслейдж и занимался реставрацией церкви. Через две недели часть этого отряда отправили на ремонтные работы в г. Пирна. Студенты РССО «Интерстрой-2» близ г. Гюстроу под руководством немецкого мастера-реставратора возводили строительные леса вокруг старинного пасторского дома, построенного в виде уменьшенной копии древнего французского замка, а также монтировали сосновые балки чердачного перекрытия, отбивали старую штукатурку с наружного фасада, вели кирпичную кладку, готовили и укладывали бетон, удаляли в помещениях старые обои, крепили обветшавшие оконные и дверные проемы. Ребята освоили зарубежный опыт организации реставрационного и строительного дела.

В выходные дни студенты путешествовали по городам Объединенной Европы, посетили достопримечательности, музеи, выставки, праздники, получили практические навыки общения с иностранцами, приобрели много новых друзей.

В настоящее время проводится активная работа по организации в 2005 г. международного РССО Баренц-региона. Впервые этот проект был предложен в июне 2004 г. на конференции по проблемам науки и высшей школы стран Баренц-региона в Норвегии (г. Тромсе), где состоялась презентация книги о возрождении и развитии трудового молодежного движения ССО в новых социально-экономических условиях Архангельской области [4]. Перспективное новаторское предложение, получившее поддержку иностранных коллег, послужит развитию добрососедского взаимовыгодного сотрудничества между государствами, позволит студентам ближе узнать друг друга, лучше овладеть иностранными языками.

Вывод

Для решения актуальной проблемы сохранения в регионе историко-архитектурных памятников АГТУ активизировал деятельность в сфере реставрации и ремонта по следующим направлениям:

участие высококвалифицированных специалистов строительного факультета в экспертизах старинных зданий и сооружений, исследованиях свойств строительных материалов после длительной эксплуатации, выявлении дефектов, проведении расчетов напряженно-деформированного состояния конструкций, разработке предложений по устранению дефектов;

организация на строительном факультете подготовки научных и инженерных кадров по специализации «Реконструкция и реставрация зданий и сооружений» на базе специальности 2903 «Промышленное и гражданское строительство»;

организация подготовки студентов для работы летом в реставрационно-строительных отрядах для решения проблемы дефицита сезонных рабочих кадров на Севере и проведения учебно-производственных практик;

продолжение работы международного реставрационно-строительного студенческого отряда «Интерстрой» с целью освоения передового зарубежного опыта в сфере реставрации и привлечения иностранных партнеров к решению проблем сохранения историко-архитектурного наследия Севера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Варфоломеев Ю.А.* Обучение студентов рабочим строительным профессиям и организация их сезонной работы в северном регионе / Ю.А. Варфоломеев // Сб. докл. междунар. конф. «Основные направления модернизации профессиональ-

ного образования на Европейском Севере». – Архангельск: АГТУ, 2004. – С. 91–101.

2. *Варфоломеев Ю.А.* Организация производственной практики студентов АГТУ в сфере реставрации в России и Германии / Ю.А. Варфоломеев // Материалы междунар. науч.-техн. конф., посвященной 75-летию АЛТИ-АГТУ «Современная наука и образование в решении проблем экономики Европейского Севера». Том 2. – Архангельск: АГТУ, 2004. – С. 68–70.

3. *Варфоломеев Ю.А.* Спектральный анализ минерального состава старого глиняного кирпича, пораженного плесневыми грибами / Ю.А. Варфоломеев, Г.М. Тарасова, А.В. Баринов, Е.А. Согрина // Материалы междунар. науч.-тех. конф., посвященной 75-летию АЛТИ-АГТУ «Современная наука и образование в решении проблем экономики Европейского Севера». Том 2. – Архангельск: АГТУ, 2004. – С. 70–72.

4. *Ефремов А.А.* Студенческие строительные отряды в новых социально-экономических условиях Архангельской области / А.А. Ефремов, О.М. Соколов, Ю.А. Варфоломеев, П.А. Королев. – Архангельск: «Март», 2004. – 96 с.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 22.11.04

О.М. Sokolov, Yu.A. Varfolomeev, A.N. Fedotov

Scientific-practical Training of Specialists in Preservation of Historical-and-architectural Monuments at ASTU

The results of ASTU scientific research in restoration are analyzed, the experience of training scientific and engineering staff working with preservation of historical-and-architectural monuments is provided.



УДК 676.4:620.183

Н.И. Яблочкин, В.И. Комаров

ВЛИЯНИЕ АНИЗОТРОПИИ СТРУКТУРЫ НА ДЕФОРМАЦИОННЫЕ И ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕСТ-ЛАЙНЕРА

Установлена линейная взаимосвязь между анизотропией структуры, определяемой отношением коэффициентов жесткости при растяжении в машинном и поперечном направлениях и характеристиками прочности и деформативности.

Ключевые слова: тест-лайнер, структура, анизотропия, коэффициент жесткости при растяжении, прочность, деформативность.

Один из способов оптимизации производства картона на картоноделательной машине (КДМ) – получение информации о степени анизотропии структуры данного материала. Для этой цели все шире используется прибор, позволяющий определять, в частности, коэффициенты жесткости TSI при растяжении в машинном (MD) и поперечном (CD) направлениях. Отношение величин этих коэффициентов (TSI_{MD}/TSI_{CD}) является характеристикой анизотропии [2].

При анализе работы КДМ, на которой производится картон из вторичного волокна (тест-лайнер), было установлено, что в результате нестабильной работы напорного ящика анизотропия структуры картона во времени и по ширине тамбура имеет высокую вариацию.

Цель данной работы – выявить влияние степени анизотропии структуры этого вида картона на его деформационные и прочностные характеристики.

Результаты эксперимента, представленные в табл. 1–3, показывают, что по ширине КДМ можно выделить участки картонного полотна, анизотропия структуры которых отличается на 7...50 %, т.е. в цех гофротары поступают рулоны картона с различными физико-механическими свойствами. Перечень характеристик, используемых для оценки качества картона, и их описание представлены в работе [1].

Таблица 1

Влияние степени анизотропии структуры тест-лайнера на его стандартные характеристики качества (в числителе – средняя величина, в знаменателе – коэффициент вариации)

TSI _{MD/CD}	δ, мкм	Π, кПа	RCT, Н	SCT, кН/м	
				MD	CD
1,50	244/1,9	351/6,6	249,5/2,6	4,76/–	2,87/–
1,75	244/2,1	332/6,3	259,5/1,4	4,29/–	2,84/–
2,00	246/1,5	360/7,0	231,0/4,9	4,68/–	2,88/–
2,25	242/1,2	324/7,8	223,5/2,2	4,42/–	2,75/–

Примечание. δ – толщина картона; Π – сопротивление продавливанию; RCT – сопротивление сжатию кольца; SCT – сопротивление торцевому сжатию короткого участка образца.

Таблица 2

Влияние степени анизотропии структуры тест-лайнера на характеристики прочности и деформативности при испытании на растяжение в направлении MD (числитель) и CD (знаменатель)

TSI _{MD/SD}	E_1 , МПа	S_p , кН/м	J_{1c} , кДЖ/м	σ_p , МПа	ϵ_p , %	A_p , мДж	Относительный вклад в A_p , %			
							A_y	A_{y-y}	A_n	A_t
1,50	<u>2787</u>	<u>677</u>	<u>1550</u>	<u>29,92</u>	<u>1,76</u>	<u>116,4</u>	<u>3,9</u>	<u>40,7</u>	<u>38,7</u>	<u>16,7</u>
	1683	414	456	20,61	2,54	125,8	2,0	39,8	41,5	16,7
1,75	<u>3582</u>	<u>861</u>	<u>1678</u>	<u>37,44</u>	<u>1,55</u>	<u>122,1</u>	<u>0,4</u>	<u>43,2</u>	<u>37,7</u>	<u>18,7</u>
	1789	439	471	20,03	2,31	111,0	2,0	39,4	40,7	17,9
2,00	<u>3617</u>	<u>882</u>	<u>1703</u>	<u>37,79</u>	<u>1,49</u>	<u>117,6</u>	<u>0,1</u>	<u>42,2</u>	<u>36,0</u>	<u>21,7</u>
	1599	390	412	19,19	2,42	110,3	2,1	38,7	42,5	16,7
2,25	<u>3710</u>	<u>902</u>	<u>1713</u>	<u>36,87</u>	<u>1,37</u>	<u>104,6</u>	<u>0,4</u>	<u>43,8</u>	<u>34,3</u>	<u>21,5</u>
	1574	381	403	17,31	2,37	98,8	2,0	41,2	38,4	18,4

Примечание. E_1 – модуль упругости; S_p – жесткость при растяжении; σ_p – разрушающее напряжение; ϵ_p – деформация разрушения; A_p – работа разрушения; A_y – работа в зоне упругих деформаций; A_{y-y} – работа в зоне замедленно-упругой деформации; A_n – работа на конечном участке замедленно-упругой деформации; A_t – работа в области предразрушения образца.

Таблица 3

Влияние степени анизотропии структуры тест-лайнера на характеристики деформативности при приложении изгибающей нагрузки в направлении MD (числитель) и CD (знаменатель)

TSI _{MD/SD}	δ , мкм	EI , мН·см ²	$E_{изг.}$, МПа	EI_c , мН·см ²	$E_{изг. с.}$, МПа	EI_v , мН·см ²	$E_{изг. в.}$, МПа	ΔEI , мН·см ²	$\Delta E_{изг.}$, МПа
1,50	<u>251</u>	<u>1431</u>	<u>2899</u>	<u>1375</u>	<u>2785</u>	<u>1487</u>	<u>3012</u>	<u>112</u>	<u>227</u>
	252	765	1512	722	1425	809	1598	87	174
1,75	<u>255</u>	<u>1503</u>	<u>2870</u>	<u>1415</u>	<u>2701</u>	<u>1591</u>	<u>3039</u>	<u>176</u>	<u>338</u>
	251	793	1595	746	1500	840	1690	93	190
2,00	<u>251</u>	<u>1651</u>	<u>3306</u>	<u>1592</u>	<u>3189</u>	<u>1711</u>	<u>3423</u>	<u>118</u>	<u>234</u>
	248	684	1426	634	1321	734	1530	100	209
2,25	<u>253</u>	<u>1711</u>	<u>3376</u>	<u>1574</u>	<u>3101</u>	<u>1847</u>	<u>3650</u>	<u>274</u>	<u>549</u>
	255	647	1225	585	1107	709	1344	124	237

Примечание. EI – жесткость; $E_{изг.}$ – модуль упругости (средние величины при изгибе на обе стороны листа); EI_c – жесткость; $E_{изг. с.}$ – модуль упругости (обе величины при изгибе на сеточную сторону листа); EI_v – жесткость; $E_{изг. в.}$ – модуль упругости (обе величины при изгибе на внешнюю сторону листа); $\Delta EI = EI_v - EI_c$ – характеристика разносторонности листа; $\Delta E_{изг.} = E_{изг. в.} - E_{изг. с.}$

При статистической обработке данных эксперимента получены уравнения связи и коэффициенты корреляции (табл. 4), устанавливающие прямолинейную зависимость между величиной исследуемых характеристик и степенью анизотропии структуры тест-лайнера. Уравнения (1) – (9) отражают взаимосвязь при испытании образцов в машинном направлении, (10) – (18) – в направлении, поперечном машинному.

Как видно из данных табл. 1–4, с ростом анизотропии структуры снижаются стандартные характеристики качества – сопротивление продавливанию П и сопротивление сжатию кольца RCT, также и вновь вводимая характеристика – сопротивление торцевому сжатию короткого участка образца SCT. В то же время возрастает трещиностойкость образцов J_{1c} за счет увеличения относительного вклада в работу разрушения величины A_t , т.е. работы в области предразрушения образца, что ведет к увеличению продолжительности работы КДМ без обрыва. Увеличение

Таблица 4

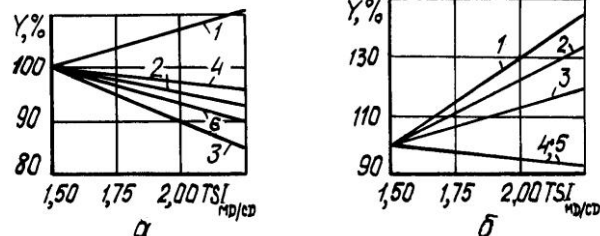
Уравнение связи и коэффициенты корреляции

Порядковый номер уравнения	Уравнение связи	Коэффициент корреляции
1	$\sigma_p = 2,24 TSI_{MD/CD} + 32,605$	$R = 0,61$
2	$E_1 = 661,6 TSI_{MD/CD} + 2383,5$	$R = 0,90$
3	$A_p = -31,08 TSI_{MD/CD} + 176,60$	$R = 0,98$
4	$RCT = -42,6 TSI_{MD/CD} + 320,75$	$R = 0,83$
5	$SCT = -0,128 TSI_{MD/CD} + 3,075$	$R = 0,70$
6	$S_t = 165,40 TSI_{MD/CD} + 543950$	$R = 0,93$
7	$\epsilon_p = -0,456 TSI_{MD/CD} + 2,39$	$R = 0,98$
8	$EI = 480,61 TSI_{MD/CD} + 757,81$	$R = 1,00$
9	$J_{IC} = -277,790 TSI_{MD/CD} + 2231,7$	$R = 0,60$
10	$\sigma_p = -4,296 TSI_{MD/CD} + 27,340$	$R = 0,96$
11	$E_1 = -206,8 TSI_{MD/CD} + 20490$	$R = 0,69$
12	$A_p = -32,68 TSI_{MD/CD} + 172,75$	$R = 0,95$
13	$\Pi = -20,9 TSI_{MD/CD} + 380,75$	$R = 0,41$
14	$SCT = -0,252 TSI_{MD/CD} + 5,010$	$R = 0,37$
15	$S_t = -57,92 TSI_{MD/CD} + 514,6$	$R = 0,73$
16	$\epsilon_p = -0,160 TSI_{MD/CD} + 2,71$	$R = 0,53$
17	$EI = -161,72 TSI_{MD/CD} + 1076,1$	$R = 0,85$
18	$J_{IC} = 86,732 TSI_{MD/CD} + 272,76$	$R = 0,85$

анизотропии структуры приводит к снижению вязкоупругих свойств тест-лайнера, т.е. его динамической прочности. По-видимому, это связано с изменением относительного вклада работы на конечном участке замедленно-упругой деформации в работу разрушения A_p .

На рисунке представлены относительные изменения Y некоторых важнейших характеристик тест-лайнера в зависимости от анизотропии структуры. За 100 % приняты величины характеристик образцов тест-лайнера со степенью анизотропии 1,50.

Необходимо отметить, что при использовании тары из гофрокартона наибольшую нагрузку испытывают стенки ящика, особенно, в направлении CD. Из рисунка следует, что все характеристики, обеспечивающие потребительские свойства гофротары, ухудшаются с увеличением степени анизотропии, а разносторонность ΔEI увеличивается.



Относительное изменение характеристик тест-лайнера в зависимости от степени анизотропии структуры:
 1 – ΔEI ; 2 – E_1 ; 3 – EI ; 4 – SCT ; 5 – Π ; 6 – RST ;
 а – в направлении MD; б – CD

Следовательно, при модернизации КДМ, работа которой подвергалась анализу, особое внимание необходимо уделить следующим параметрам: правильности регулировки параллельности и горизонтальности мокрой части КДМ; соотношению скоростей струи бумажной массы и сетки; концентрации бумажной массы в напорном ящике; пульсациям и вибрациям, наблюдаемым в напорном ящике; наличию поперечного потока волокон, покидающих напорный ящик; величине угла контакта струи массы с сеткой и др.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Комаров В.И.* Деформация и разрушение волокнистых целлюлозно-бумажных материалов / В.И. Комаров. – Киров: Изд-во «Вятка», 2002. – 442 с.
2. *Lindblad G.* The Ultrasonic Measuring Technology on Paper and Board / G. Lindblad, T. Fürst. – Sweden: Lorentzen and Wettre, 2001. – 97 s.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 01.10.04

N.I. Yablochkin, V.I. Komarov

Influence of Structure Anisotropy on Deformational and Strength Characteristics of Test-liner

The linear interrelation between structure anisotropy defined by the ratio of tension stiffness in the mechanical and crosswise direction and strength characteristics is found.



УДК 630*892.032.471.4

В.М. Максимов

Максимов Владимир Михайлович родился в 1949 г., окончил в 1975 г. Воронежский лесотехнический институт, кандидат биологических наук, доцент, декан лесохозяйственного факультета Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет 67 печатных работ в области изучения биосистематики древесно-кустарниковых пород России.



**СОЗДАНИЕ УСТОЙЧИВЫХ К КОРНЕВОЙ ГУБКЕ
НАСАЖДЕНИЙ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ
С УЧЕТОМ СОСТАВА ЭФИРНОГО МАСЛА ХВОИ**

Разработан способ, позволяющий по общепринятой технологии лесовосстановительного процесса создавать в борových, суборевых условиях и на старопашотных землях лесного фонда ЦЧО устойчивые к корневой губке насаждения.

Ключевые слова: биосинтез, монотерпены, эфирное масло, популяция, корневая губка, тип лесорастительных условий.

Известны несколько способов защиты насаждений сосны от корневой губки (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.). Это локализация очагов заболевания сплошными рубками и обработка пней биопрепаратами; сплошная санитарная рубка в зоне сильного заражения, опаживание, посев люпина и посадка через год чистых листовенных культур [4]; формирование широких коридоров трехприемными линейными рубками ухода в культурах сосны и ели в целях лучшего разрушения оставшихся пней и препятствия повреждению корней деревьев; использование аллелопатических свойств деревьев и кустарников для формирования устойчивых хвойных насаждений [3]; введение при закладке насаждений черемухи Маака и ландыша майского.

К недостаткам этих способов относятся: экологические последствия, нежелательная смена пород, недостаточная скорость разложения пней, невозможность масштабного использования.

Наше исследование основано на использовании данных о содержании в хвое α -пинена и Δ^3 -карена в качестве признака-фена при изучении структуры популяции сосны обыкновенной. Известны антифитопатогенные свойства Δ^3 -карена по отношению к корневой губке [2, 5, 6].

Решение задачи заключается в том, чтобы при создании лесных культур общепринятым в лесном хозяйстве способом на старопашотных землях, участках леса и вырубках, зараженных корневой губкой, увеличивать на 15 ... 20 % долю семян (саженцев) устойчивого к патогену хемотипа по составу хвойного эфирного масла (ЭМ).

При реализации этого способа необходимо:

- создавать лесные культуры сосны обыкновенной в ЦЧО сеянцами с определенным составом монотерпенов ЭМ, общий набор которых должен соответствовать структуре типов леса данной естественной популяции;
- для определения структуры использовать литературные данные [1] или экспресс-метод экстрагирования ЭМ диэтиловым эфиром как наиболее производительный и не требующий сложного оборудования при массовых анализах;
- применять сплошную или частичную (бороздами, полосами) подготовку почвы;
- устойчивые хемотипы размещать равномерно по площади, что обеспечивается подеревным рядовым и ленточным способами;
- использовать схему посадки $1,5 \times 0,7$ или $2,5 \times 0,7$ м, что определяет густоту 5,7 ... 9,5 тыс. шт./га;
- последующие рубки ухода проводить в соответствии со схемой посадки подеревно, рядовым или коридорным способом на основе действующих наставлений по рубкам ухода, оставлять на площади лучшие деревья каренистого типа биосинтеза монотерпенов.

Предлагаемый способ создания насаждений сосны рекомендуется в ЦЧО: Воронежской, Тамбовской, Липецкой, Белгородской и Орловской областях на базе лесхозов и лесокombинатов, занимающихся лесовосстановлением и лесовыращиванием, лесокультурный фонд которых имеет десятки и сотни гектаров лесных земель, зараженных корневой губкой.

Пример 1. Для боровых условий ($A_0 - A_2$) в очаге корневой губки Усманского бора Воронежской области установлено, что естественная структура основных насаждений включает 15 ... 20 % деревьев сосны обыкновенной каренистого, 25 ... 35 % – промежуточного и 45 ... 60 % пиненистого типа биосинтеза монотерпенов.

По частично подготовленной (бороздами) почве при размещении $2,5 \times 0,7$ м посажены сеянцы густотой 5,7 тыс. шт./га, в том числе 2,0 тыс. шт. (35 %) каренистого, 1,7 тыс. шт. (30 %) промежуточного и 2,0 тыс. шт. (35 %) пиненистого типа. При такой подготовке почвы и первоначальной густоте посадки проведено порядное смешение указанных хемотипов. Устойчивый каренистый хемотип занимает третий ряд (борозду) в закладываемых культурах.

К возрасту насаждений 10 лет плодовые тела гриба не обнаружены.

В результате естественного отпада и первого равномерного приема рубок ухода (осветления) на площади оставлено 0,9 ... 1,0 тыс. шт./га (34 ... 35 %) каренистого, 800 ... 850 шт./га (30 ... 34 %) промежуточного и 0,9 ... 1,0 тыс. шт./га (34 ... 35 %) пиненистого типа.

В возрасте жердняка (20 ... 25 лет) на участке площадью 1 га на старых пнях разрушенного насаждения найдены единичные плодовые тела корневой губки. Проведена вторая очередь рубок ухода – прочистка. Оставлено по 450 ... 500 шт./га (35 %) каренистого и пиненистого, 400 ... 450 шт./га (30 %) промежуточного типа.

К средневозрастному периоду в результате прореживания и проходных рубок ухода на участке оставляется 200 ... 250 шт./га (30 ... 35 %) деревьев каренистого, 200 шт./га (30 %) промежуточного и 200 ... 250 шт./га (30 ... 35 %) пиненистого типа биосинтеза.

Пример 2. На старопахотных землях в условиях свежей сложной субори (C_2) Хреновского бора Воронежской области установлено, что естественная структура основных насаждений состоит из 25 ... 30 % особой каренистого, 30 ... 40 % промежуточного и 40 ... 45 % пиненистого типа биосинтеза монотерпенов.

По сплошь подготовленной почве при размещении $1,5 \times 0,7$ м посажены сеянцы густотой 9,5 тыс. шт./га, в том числе 3,8 тыс. шт./га (40 %) каренистого, по 2,85 (30 %) промежуточного и пиненистого типа биосинтеза.

При такой подготовке почвы и первоначальной густоте проведено порядное смешение. Устойчивый хемотип занимает каждый третий ряд в посадке культур, что составляет 30 %, или 2,85 тыс. шт./га. Оставшиеся 10 %, или 1 тыс. шт. сеянцев размещаются рендомизированно (случайно) в первом и втором рядах, состоящих из саженцев промежуточного и пиненистого типов биосинтеза.

К моменту смыкания в 10-летних культурах плодовые тела корневой губки не обнаружены.

В результате естественного отпада и проведения рубок ухода (осветления) на площади оставлено 2 тыс. шт./га (42 %) деревьев каренистого, 1,5 (32 %) промежуточного и 1,3 (28 %) пиненистого типа.

В возрасте жердняка (20 лет) на участке также не найдены плодовые тела гриба. При второй очереди рубок ухода (прочистках) оставлено 0,9 тыс. шт./га (38 %) деревьев каренистого, 0,8 (32 %) промежуточного и 0,7 (30 %) пиненистого типа.

К среднему и приспевающему возрасту в результате прореживания и проходных рубок на участке оставляют 250 шт./га (40 %) деревьев каренистого, 200 деревьев (32 %) промежуточного и 150 (28 %) пиненистого типа биосинтеза монотерпенов.

Выводы

Создание насаждений сосны предлагаемым способом позволяет на основе общепринятой технологии лесовосстановительного процесса введением в состав лесных культур особой каренистого типа с их фунгицидной активностью к корневой губке повысить устойчивость к данному патогену. Предотвращается заражение сосны в возрасте молодняков, в результате формируются здоровые насаждения среднего и спелого возраста.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дерюжкин Р.И. Сравнение состава монотерпенов хвои сосны обыкновенной, извлеченных экстрагированием и с водяным паром / Р.И. Дерюжкин, В.М. Максимов, Р.Д. Колесникова, А.И. Чернодубов // Гидролиз. и лесохим. пром-сть. – 1981. – № 7. – С. 13–15.
2. Максимов В.М. Анализ структуры прибалтийских популяций сосны обыкновенной по составу эфирных масел / В.М. Максимов, А.И. Чернодубов, Р.И. Дерюжкин, Р.Д. Колесникова // Эфирные масла древесн. пород: сб. науч. тр. – Красноярск, 1981. – С. 27–29.
3. Пампе Р. Возможности использования аллелопатических свойств деревьев и кустарников для формирования хвойных насаждений, устойчивых к корневой губке / Р. Пампе, Л. Василяускас. // Кр. докл. по вопросам защиты растений. – Каунас, 1972. – С.174–177.
4. Соколов Э.С. Лесная фитопатология / Э.С. Соколов [и др.]. – М.: Лесн. пром-сть, 1981.
5. Чудный А.В. Сопряженность смолопродуктивности и состава терпентинного масла у *Pinus sylvestris* L. и ее практическое значение / А.В. Чудный // Растит. ресурсы. – 1981. – Т. 17, вып. 1. – С. 98–101.
6. Чудный А.В. Сопряженность состава терпентинных масел и устойчивости к повреждениям насекомыми и болезням видов семейства *Pinaceae* / А.В. Чудный // Растит. ресурсы. – 1984. – Т. 20, вып. 2. – С. 153–166.

лесотехническая академия

Поступила 16.06.04

V.M. Maksimov

**Development of Scots Pine Stands Resistant to Pine Fungus Based on
Composition of Needle Volatile Oil**

A method has been developed allowing to develop stands resistant to pine fungus in the bor and subor conditions and on old-arable lands of the forest stock of Central Black Earth Region based on standard technologies of the reforestation process.





ЮБИЛЕИ

УДК 06.091

ЮБИЛЕЙ А.Н. ПИМЕНОВА

Профессору Московского государственного университета леса, заслуженному работнику лесной промышленности РФ, почетному академику РАЕН Александру Николаевичу Пименову 14 ноября 2004 г. исполнилось 100 лет со дня рождения.

А.Н. Пименов родился в крестьянской семье в с. Архангельское Архангельского района Башкирской АССР. После окончания школы в 1921 г. работал в Архангельском лесничестве БАССР. В 1922 г. поступил на лесное отделение Уфимского землеустроительного техникума. Окончив техникум в 1925 г. в звании техника-лесовода, начал работать в Урман-Кудейском лесничестве Наркомзема БАССР в должности помощника лесничего, в 1927 г. – лесничего.

В 1928 г. А.Н. Пименов был призван для прохождения военной службы в Киевском военном округе в команду «одногодичников». После окончания срока службы демобилизован в звании командира взвода.

С 1929 г. по 1931 г. работал таксатором в лесоустроительных партиях Южураллеса по устройству лесов горно-лесных районов БАССР.

Учебу по выбранной специальности А.Н. Пименов продолжил в 1931 г. в Архангельском лесотехническом институте, на факультете механизации лесозаготовок и транспорта леса. После окончания АЛТИ в 1936 г. по специальности инженер водного транспорта леса был рекомендован для обучения в очной аспирантуре. Однако он принял решение заняться производственной деятельностью и в 1936 – 1937 гг. работал инженером треста «Двиносплав» в г. Архангельске.

В 1937–1940 гг. А.Н. Пименов учился в аспирантуре АЛТИ, одновременно работая по совместительству ассистентом кафедры водного транспорта леса.

В 1941 г. защитил кандидатскую диссертацию в Ленинградской лесотехнической академии и продолжил преподавательскую деятельность в АЛТИ в должности старшего преподавателя, доцента, а затем и заведующего кафедрой.

В годы Великой Отечественной войны А.Н. Пименов принимал участие в освобождении Смоленска, Бухареста; награжден орденом Красной Звезды, медалями.

После демобилизации в 1944 г. Александр Николаевич продолжил работу по выбранной специальности в Московском лесотехническом институте (МЛТИ), открытом в июле 1943 г.

Молодой энергичный специалист был принят на должность инженера, а затем помощника директора МЛТИ по хозяйственной работе.

В 1945/46 учебном году А.Н. Пименов перешел на преподавательскую работу доцентом кафедры водного транспорта леса. Здесь он утвердился как педагог, организатор и руководитель научных исследований в области водного транспорта леса, начинающий автор учебников и учебных пособий в этом направлении.

В 1954 г. А.Н. Пименов возглавил управление научными работами кафедр и исследовательских лабораторий вуза и был назначен заместителем директора (ныне проректором) по научной работе. Находясь в этой должности, он сумел оживить и

расширить научно-исследовательскую работу вуза: была развернута работа по подготовке аспирантов, увеличилось число защит диссертаций в области лесного дела, стали ежегодными научно-технические конференции с участием других научных учреждений, вузов и представителей промышленности.

Много внимания Александр Николаевич уделял профсоюзной и партийной работе.

Неоценима заслуга А.Н. Пименова в деле сохранения МЛТИ как вуза по подготовке инженеров для лесной промышленности страны, поскольку в те годы стоял вопрос о репрофилировании института в связи с бурным развитием новых направлений науки и техники, особенно космонавтики. Была продолжена подготовка инженеров лесного профиля и одновременно в 1959 г. открыт новый факультет электроники и вычислительной техники (ФЭСТ) без сокращения приема на лесные специальности. Потребовались особые усилия по созданию специальной материально-технической базы, но и факультеты лесного профиля нуждались в укреплении лабораторных и учебных баз. Александру Николаевичу как проректору пришлось решать возникшие проблемы.

В 1960 г. А.Н. Пименов назначен первым ректором МЛТИ. В эти годы институт продолжал развиваться, стал базовым среди лесотехнических вузов страны.

В 1968 г. А.Н. Пименов по его просьбе был освобожден от занимаемой должности ректора и сосредоточил усилия на заведовании кафедрой, которой руководил до 1988 г. При реорганизации структуры вуза в 1988 г. кафедры водного и сухопутного транспорта леса были объединены в кафедру транспорта леса. Александр Николаевич оставался профессором этой кафедры до 1992 г.

Закончив преподавательскую деятельность на кафедре, он продолжил работу в качестве консультанта музея МГУЛ и написал несколько книг по истории вуза.

Велика заслуга А.Н. Пименова в подготовке высококвалифицированных научных и педагогических кадров. Его многочисленные ученики успешно работают во многих вузах, в том числе в МГУЛ, в различных производственных структурах как в нашей стране, так и за рубежом.

Александр Николаевич является автором более 120 печатных работ, среди которых учебники для вузов и техникумов по дисциплинам профиля кафедры, которой он отдал 38 лет своей жизни. Его труд отмечен орденами Трудового Красного Знамени, «Знак Почета» и медалями.

Талант и целеустремленность, использование лучших традиций подготовки кадров, завидное трудолюбие, исключительная добропорядочность, неподдельная принципиальность позволили Александру Николаевичу стать одним из ведущих ученых лесной отрасли, опытным педагогом, мудрым воспитателем студенческой молодежи.

Жизнь Александра Николаевича являлась примером стойкости, огромной человеческой отдачи, служения своему делу. Он достойно встретил свой 100-летний юбилей.

**В.Г. Санаев, А.Н. Обливин,
коллектив кафедры транспорта леса
Московского государственного университета леса**

*V.G. Sanaev, A.N. Oblivin, Staff of Wood Transport Department
of Moscow State Forest University.*

Jubilee of A.N. Pimenov

От редакции. Вскоре после юбилея, 2 декабря, в редакцию пришла скорбная весть о кончине А.Н. Пименова.

УДК 06.091

ЮБИЛЯРЫ «ЛЕСНОГО ЖУРНАЛА»

Не часто бывает, чтобы совпали юбилеи сразу у нескольких коллег да еще одинаковые и столь значительные как 75-летие.

В уходящем 2004 г. такой юбилей отметили четыре члена редколлегии «Лесного журнала» из Архангельского государственного технического университета: Олег Алексеевич Неволин (родился 2 февраля 1929 г. в Архангельской области); Станислав Иванович Морозов (9 сентября, г. Борисоглебск Воронежской области); Виктор Яковлевич Харитонов (18 октября, Пензенская область); Евгений Самуилович Романов (2 декабря, Архангельская область).

Все юбиляры – выпускники лесных вузов 1952 г.: С.И. Морозов окончил Ленинградскую лесотехническую академию, остальные трое – Архангельский лесотехнический институт. О.А. Неволин – инженер лесного хозяйства, С.И. Морозов, В.Я. Харитонов, Е.С. Романов – технологи по лесоразработкам и транспорту леса.

Жизненный путь у каждого складывался по-своему.

Олег Алексеевич Неволин был таксатором, начальником лесоустроительной партии, начальником Архангельской аэрофотолесоустроительной экспедиции. В 1961 г. перешел на преподавательскую работу в АЛТИ. Ныне кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесной таксации и лесоустройства АГТУ. В течение 12 лет являлся деканом заочного факультета. Награжден почетным званием «Заслуженный лесовод РСФСР», член редколлегии «Лесного журнала» с 1989 г.

Станислав Иванович Морозов начинал карьеру в Винницком леспромхозе треста «Ленлес». После аспирантуры в ЛТА работал в СевНИИПе (г. Архангельск) начальником лаборатории лесотранспорта и заместителем директора по научной работе (1959–1965 гг.). С 1965 г. по настоящее время заведует кафедрой теоретической механики АЛТИ–АГТУ. В 1959 г. защитил кандидатскую, в 1984 г. – докторскую диссертацию, в 1987 г. присвоено звание профессора. Автор крупных работ по строительству зимних лесовозных и рельсовых дорог. Руководитель научной школы по конструированию и методам расчета температурно-напряженного железнодорожного пути. Подготовил пять кандидатов и одного доктора наук. Заслуженный деятель науки и техники РФ, почетный работник высшего профессионального образования РФ, член-корреспондент Российской инженерной академии, с 1971 г. заместитель главного редактора «Лесного журнала».

Виктор Яковлевич Харитонов работал начальником сплавучастка, старшим инженером, начальником проектно-изыскательских бюро трестов «Камлесосплав» и «Двиносплав». С 1961 г. трудится в АЛТИ. Кандидатская диссертация защищена в 1967 г., докторская – в 1981 г. На кафедре водного транспорта леса и гидравлики прошел все должности от ассистента до заведующего кафедрой (1984–1997 гг.), ныне профессор кафедры. Научная деятельность связана с проблемами гидравлики, гидрологии и всех видов водного транспорта леса. Имеет 30 авторских свидетельств и патентов на изобретения. Подготовил четырех кандидатов технических наук. Заслуженный работник высшей школы РФ, действительный член Российской академии естественных наук, член-корреспондент Российской инженерной академии, почетный работник высшего профессионального образования РФ, член редколлегии «Лесного журнала» с 1989 г.

Евгений Самуилович Романов с 1952 г. по настоящее время работает на кафедре экономики отраслей АГТУ, в 1974–2000 гг. заведовал кафедрой. Кандидат-

ская диссертация защищена в 1961 г., докторская – в 1986 г. Подготовил семь кандидатов экономических наук. Направление научной деятельности – экономика лесозаготовительной отрасли: эффективность капиталовложений и новой техники; производственные мощности и др. Заслуженный экономист РФ, почетный работник высшего профессионального образования РФ, действительный член РАЕН, с 1967 г. заместитель главного редактора «Лесного журнала».

Все юбиляры продолжают успешно работать на своих кафедрах, в редакции «Лесного журнала», в диссертационных советах и т. д. Ровесники и ветераны АЛТИ–АГТУ, все они были тепло отмечены в дни 75-летнего юбилея университета. Пожелаем им дальнейших успехов и творческого долголетия.

О.М. Соколов,
гл. редактор «Лесного журнала»

O.M. Sokolov

Members of the Editorial Board of «Lesnoi Zhurnal» celebrating their Jubilee

ЮБИЛЕЙ АРХАНГЕЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА



2 – 6 ноября 2004 г. университет торжественно отметил 75-летие. За прошедшие годы вуз прошел славный путь поисков и свершений и стал одним из крупнейших учебных, научных и культурных центров Европейского Севера России.

В юбилейные дни в университете состоялась Международная научно-техническая конференция «Современная наука и образование в решении проблем экономики Европейского Севера». На 40 секциях были представлены 440 докладов, в подготовке которых приняли участие 560 ученых и специалистов из 35 вузов, многих организаций и предприятий Архангельска, Москвы, Санкт-Петербурга, Петрозаводска, Орла, Сыктывкара, Воронежа и других городов России, а также Норвегии, Швеции, Финляндии и Германии. Всесторонне обсуждались проблемы, результаты и перспективы развития высшего образования, пути реформирования системы управления лесным хозяйством и лесной промышленностью и многие другие. Оживленную дискуссию вызвали ключевые доклады зарубежных гостей. Состоялось совместное обсуждение перспектив сотрудничества: сегодня результаты исследований ученых АГТУ вызывают большой интерес не только на внутреннем, но и на внешнем рынке. Международный уровень конференции обусловлен высоким промышленным потенциалом Северного региона.

В рамках конференции была организована выставка научных трудов «Ученые АГТУ – экономике Европейского Севера». Большой интерес вызвала презентация монографии ведущих ученых-лесоводов Н.А. Бабича, М.Д. Мерзленко, И.В. Евдокимова «Фитомасса культур сосны и ели в европейской части России», посвященная 100-летию со дня рождения академика И.С.Мелехова. С 6 по 12 ноября прошел конкурс методических разработок и отчетов по учебной, производственной и преддипломной практикам. В филиалах, на факультетах и в институтах университета прошли встречи с выпускниками, руководителями предприятий.

Сердечные поздравления и признательность работникам университета за подготовку отличных специалистов прозвучали в телеграмме Президента Российской Федерации Владимира Владимировича Путина, приветственном адресе губернатора Архангельской области Николая Ивановича Киселева. Президент Российского союза ректоров, ректор МГУ им. Ломоносова, академик РАН В.А. Садовничий, высоко оценив деятельность университета, в своем поздравлении выразил уверенность, что «...коллектив настоящих профессионалов будет с достоинством решать сложные задачи подготовки высокообразованных, востребованных обществом специалистов, укреплять материально-техническую базу, утверждать самобытные традиции в обучении и науке».

Университет поздравили министр образования и науки РФ А.А. Фурсенко; заместитель председателя Государственной Думы РФ А.Н. Чилингаров; Полномочные представители Президента РФ И.И. Клебанов, С.В. Кириенко; президент Российской академии образования, академик Н.Д. Никандров; руководитель Федерального агентства по образованию Г.А. Балыхин; руководитель Федерального агентства по науке и инновациям С. Н. Мазуренко; руководитель Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки В.А. Болотов; член Совета Федерации Ю.С. Сивков; заместитель председателя Государственной Думы РФ В.В. Жириновский; депутаты Государственной Думы РФ В.Я. Крупчак, Д.В. Гусаков; вице-президент РАН, лауреат Нобелевской премии, академик Ж. И. Алферов; председатель совета ректоров вузов Северо-Запада, ректор Санкт-Петербургского государственного университета, академик РАО, профессор Л.А. Вербицкая; председатель Архангельского областного собрания В.С. Фортыгин; руководители ведущих российских вузов, городов и районов области, предприятий и организаций; представители общественных организаций, средств массовой информации; гости из Германии, Норвегии, Финляндии, стран ближнего зарубежья, Москвы, Санкт-Петербурга, регионов России.

Мы глубоко признательны всем участникам подготовки и проведения юбилейных торжеств за внимание, проявленное к деятельности университета, его становлению и развитию, и хотим заверить, что профессорско-преподавательский состав и впредь будет плодотворно служить во славу науки с той же беззаветной преданностью, самоотверженной любовью к своему делу, ставшему для большинства делом всей жизни.

О.М.Соколов,
ректор университета,
доктор хим. наук, профессор,
засл. деятель науки РФ

O.M. Sokolov

Jubilee of Arkhangelsk State Technical University
