

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ 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

4

2001

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**, проф. **А.Н. Кириллов**,
проф. **В.И. Комаров**, проф. **Н.В. Лившиц**, проф. **В.И. Мелехов**, 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. **А.Р. Родин**,
проф. **В.П. Рябчук**, проф. **Е.Д. Сабо**, проф. **Э.Н. Сабуров**, проф. **Е.Н. Самошкин**, проф.
В.И. Санев, проф. **О. А. Терентьев**, проф. **Ф.Х. Хакимова**, проф. **В.Я. Харитонов**, проф.
Г.А. Чибисов, проф. **Х.-Д. Энгельманн**

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

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 4

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

Сдан в набор 04.09.2001. Подписан в печать 23.10.2001.
Форм. бум. 70×108 1/16. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 13,6. Усл. кр.-отт. 13,6.
Уч.-изд. л. 16,4. Тираж 1000 экз.
Архангельский государственный технический университет

Адрес редакции: 163002, г. Архангельск, наб. Сев. Двины, 17, тел.: (818-2) 28 07 18,
факс: (818-2) 28 07 14, e-mail: forest@agtu.ru <http://lesnoizhurnal.agtu.ru>

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

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>М.Н. Егоров.</i> Фенетика древесных растений как новое перспективное направление исследований в лесных вузах России	7
<i>А.Н. Мартынов.</i> Встречаемость подроста ели как фактор продуктивности будущего древостоя	13
<i>В.А. Бугаев, А.Л. Мусиевский.</i> Динамичность леса Липовской дачи Воронежской области	18
<i>А.Н. Ткаченко, Е.Н. Самошкин.</i> Изменчивость пыльцы сосны обыкновенной на лесосеменной плантации в Брянском округе зоны широколиственных лесов	23
<i>Э.А. Курбанов, О.Н. Кранкина.</i> Древесный детрит в сосновых насаждениях Среднего Заволожья	27
<i>И.К. Савин, О.И. Гаврилова.</i> Анализ информации о модельных лесах	33

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>С.И. Морозов, В.С. Морозов.</i> Транспортное освоение территории Архангельской области на базе лесовозных дорог	40
<i>Ф.А. Павлов, Т.В. Чельшева.</i> Влияние касательных напряжений на глубину обработки дорожного покрытия при обеспыливании	45
<i>Г.Д. Главацкий, К.В. Романович.</i> Исследование нагруженности опорных катков экспериментального лесного трактора	49

*МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ*

<i>В.И. Малыгин, Н.В. Лобанов.</i> Модель напряженного состояния сборного дереворежущего инструмента для оценки его качества на стадии проектирования	58
<i>И.А. Пикулин, В.Б. Снопков.</i> Применение побочного продукта добычи нефти в производстве древесностружечных плит	64
<i>В.В. Тулейко, В.Б. Снопков.</i> Прессование древесностружечных плит увеличенной толщины. 3. Склеивание внутри древесностружечного брикета	68

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

<i>В.Н. Пиялкин, С.Е. Грязнов, Е.А. Цыганов, А.В. Чалова, О.М. Соколов, Н.И. Богданович.</i> Технические и экономические аспекты термохимических методов получения жидкого топлива из древесного сырья	73
<i>В.И. Комаров, М.Ю. Кузнецова.</i> Влияние расхода катионного полиакриламида в кислой и щелочной средах на вязкоупругие свойства бумаги	86
<i>А.С. Почтовалова, К.Г. Боголицын.</i> Аналитическая схема фракционирования органических компонентов сточных вод ЦБП	98

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- А.Ш. Тимерьянов.* Лесопромышленный комплекс Республики Башкортостан на переходном этапе 107
- А.О. Терентьев, Е.Г. Сердобинцева, П.Б. Сыч.* Развитие методики оценки экономической эффективности инвестиций применительно к проектам природоохранного назначения в целлюлозно-бумажной промышленности ... 112

*КОМПЬЮТЕРИЗАЦИЯ УЧЕБНЫХ
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ*

- Р.Е. Калитеевский, С.А. Смирнова.* Информационные технологии сортировки пиловочных бревен 119

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

- А.И. Чернодубов.* Подкормка маточных плантаций тополей 125
- Е.В. Юшкова, Е.В. Никонорова, Н.А. Величко, И.К. Конев, С.М. Репях* Микроразмножение хвойных в условиях *in vitro*..... 128
- А.И. Жиров, А.К. Монахов, М.А. Шубина.* Оценка фитомассы высокопродуктивных сосновых насаждений по материалам радиолокационной съемки. 131

КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

- Т. Броте, Е. Ю. Варфоломеева, О. Мартинсен.* 52-й Всемирный конгресс специалистов по недвижимости 135

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

- Е.С. Романов.* Новый российский журнал о лесе 138
- В.И. Обыденников, П.Г. Мельник, Н.А. Бабич.* О выдающихся лесоведах уходящей эпохи 140

НЕКРОЛОГИ

- Марийский государственный технический университет, факультет лесного хозяйства и экологии, кафедра лесоводства, Министерство экологии и природопользования Республики Марий Эл, Министерство лесного хозяйства Республики Татарстан.* Памяти Ф.В. Аглиуллина..... 143

CONTENTS

FORESTRY

<i>M.N. Egorov.</i> Phenetics of Woody Plants as New Perspective Research Area at Forest Higher Educational Institutions of Russia.....	7
<i>A.N. Martynov.</i> Frequency of Spruce Undergrowth as Factor of the Future Stand Productivity.....	13
<i>V.A. Bugaev, A.L. Musievsky.</i> Dynamics of the Lipovsk Dacha Forest of the Voronezh Region.....	18
<i>A.N. Tkachenko, E.N. Samoshkin.</i> Variability of Scotch Pine Pollen on Seed Plantation in Broadleaved Forest Zone of Bryansk Region.....	23
<i>E.A. Kurbanov, O.N. Krankina.</i> Wood Detritus in Pine Stands of Middle Volga Area.....	27
<i>I.K. Savin, O.I. Gavrilova.</i> Analysis of Model Forests Information.....	33

WOODEXPLOITATION

<i>S.I. Morozov, V. S. Morozov.</i> Transport Reclamation of the Territory of the Arkhangelsk Region based on the Wood Tracks.....	40
<i>F.A. Pavlov, T.V. Chelysheva.</i> Influence of Tangential Stress on the Depth of Road Pavement under Dedusting.....	45
<i>G.D. Glavatsky, K.V. Romanovich.</i> Study of Force Conditions of Bearing Rollers of Experimental Forestry Tractor.....	49

MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOODSCIENCE

<i>V.I. Malygin, N. V. Lobanov.</i> Model of the Stress State of Prefabricated Woodcutting Tool for Assessment of its Quality at the Design Stage.....	58
<i>I.A. Pikulin, V.B. Snopkov.</i> Application of Oil By-product in Wood Chipboard Production.....	64
<i>V.V. Tuleiko, V.B. Snopkov.</i> Compression of Wood Chipboards of Increased Thickness. 3. Bonding inside Chipboard Briquette	68

CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD

<i>V.N. Piyalkin, S.E. Gryaznov, E.A. Tsyganov, A.V. Chalova, O. M. Sokolov, N.I. Bogdanovich.</i> Technical and Economic Aspects of Thermochemical Methods of Producing Liquid Fuel out of Wooden Raw Material.....	73
<i>V.I. Komarov, M.Yu. Kuznetsova.</i> Influence of Cationic Polyacrylamide in Acid and Alkali Media on Viscoelastic Paper Properties	86
<i>A.S. Pochtvalova, K.G. Bogolitsyn.</i> Analytical Fractionation Scheme of Organic Waste Waters Components of Pulp-and-paper Industry.....	98

ECONOMICS AND MANAGEMENT

<i>A.Sh. Timerjanov.</i> Forest-industrial Complex of the Republic of Bashkortostan in Transition Period.....	107
---	-----

<i>A.O. Terentjev, E. G. Serdobintseva, P. B. Sych.</i> Development of Assessment Technique for Economic Efficiency of Investments in Relation to Environmental Projects in Pulp-and-paper Industry.....	112
<i>COMPUTERIZATION OF TRAINING AND TECHNOLOGICAL PROCESSES</i>	
<i>R.E. Kaliteevsky, S.A. Smirnova.</i> Information Technologies of Sawlog Sorting.....	119
<i>SUMMARIES AND EXCHANGE OF EXPERIENCE</i>	
<i>A.I. Chernodubov.</i> Dieting of Queen Poplar Plantations	125
<i>E.V. Yushkova, E.V. Nikonorova, N.A. Velichko, I.K. Konev, S.M. Repyakh.</i> Microreproduction of Coniferous Species in Vitro.....	128
<i>A.I. Zhirov, A.K. Monakhov, M. A. Shubina.</i> Phytomass Assessment of High productive Pine Stands Based on Radar Mapping Data.....	131
<i>SCIENTIFIC AND LEARNED CONFERENCES</i>	
<i>T. Braatte, E. Yu. Varfolomeeva, O. Martinsen.</i> Fifty Second World Congress of Real Estate Evaluators.....	135
<i>CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY</i>	
<i>E.S. Romanov.</i> New Russian Forest Magazine.....	138
<i>V.I. Obydennikov, P.G. Melnik, N.A. Babich.</i> About Outstanding Experts in Silviculture of Outgoing Epoch.....	140
<i>NECROLOGUE</i>	
<i>Mari State Technical University, Faculty of Forestry and Ecology, Department of Silviculture, Ministry of Ecology and Nature Management of Mari EL Republic, Ministry of Forestry of Tatarstan Republic. In Memory of F.V. Agliullin.....</i>	143

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630*165

М.Н. Егоров

Егоров Михаил Николаевич родился в 1938 г., окончил в 1960 г. Уральский лесотехнический институт, в 1984 г. Воронежский государственный университет им. Ленинского комсомола, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории лесной селекции НИИ лесной генетики и селекции. Имеет 56 печатных работ по фенетике естественных и искусственных популяций древесных растений (на примере сосны обыкновенной), селекции сосны обыкновенной на продуктивность.



ФЕНЕТИКА ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ КАК НОВОЕ ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ В ЛЕСНЫХ ВУЗАХ РОССИИ

Предложено к дальнейшей разработке новое перспективное направление исследований – фенетика древесных растений. Использование фенетического подхода позволяет проанализировать структуру популяций с большей точностью и эффективностью, чем традиционный генетический метод.

фены, альтернативные признаки, фенофонд лесообразующих пород, феногеография, каталоги фенов.

Становление фенетики как нового направления в области генетических исследований в нашей стране связано с «законом гомологических рядов в наследственной изменчивости» [1], в котором фактически дана формулировка теоретической основы фенетики популяций. На данный момент доля видов, изученная генетически, ничтожно мала (0,02 %), и, следовательно, подавляющее большинство видов в природе в перспективе не станет объектом генетических исследований в силу определенных трудностей изучения их на этом уровне (сюда, в частности, относятся и древесные растения). Фенетический же подход дает возможность проводить анализ популяций, опираясь на данные морфо-физиологических и биохимических их характеристик на практически неограниченном спектре видов.

История развития исследований по фенетике древесных растений

Принцип анализа особей по дискретным признакам упоминается еще в работах ботаников конца XVIII – начала XIX вв. И.Г. Кельрейтера, О. Сажре и Т. Найта. Именно эти работы позволили Г. Менделю [5] открыть закономерности наследования. К важности учета «единичных признаков», «единиц характеристики» пришел Г.Ф. Осборн, а Н.И. Вавилов первым осознал необходимость использования дискретных признаков видов и популяций, генетическое изучение которых не проводилось или затруднено. В. Иоганнсен [11] ввел понятие «фен», а А.С. Серебровский [6] выделил геногеографию как автономное самостоятельное направление в популяционных исследованиях. Однако о фенетике как устоявшемся направлении можно говорить лишь начиная со второй половины XX в. В 70-х гг. фенетические исследования появились в Канаде, Англии, США и других странах. У нас предмет, цели и методы фенетики популяций как нового направления, развившегося на стыке генетики и классической зоологии и ботаники, впервые были сформулированы Н.В. Тимофеевым-Ресовским [7], а до применения фенетики о структуре популяций судили в основном по характеру распределения особей в пространстве. В 1976 г. в Саратове состоялось I Всесоюзное совещание-семинар по фенетике популяций, где впервые были представлены работы по фенетике древесных пород. Количество их нарастало в последующем в материалах II, III и IV Всесоюзных совещаний (Москва, 1979; Саратов, 1985; Борок, 1990). Нами были опубликованы работы о популяционной фенетике естественных и искусственных насаждений сосны обыкновенной [3]. Исследования по фенетике популяций древесных растений непрерывно расширяются, проявляется большой научный и практический интерес к данному направлению среди работников лесной отрасли, академической, отраслевой и вузовской науки.

Основные понятия фенетики популяций древесных растений

Фенетика – это распространение генетических подходов и принципов на формы, собственно генетическое изучение которых затруднено или невозможно. Предметом фенетики является внутривидовая изменчивость, доводимая в конечном итоге до рассмотрения дискретных альтернативных признаков-фенов. Методы фенетики – вычленение в изменчивости изучаемых форм различных фенов, количественное и качественное изучение фенов в популяциях и других группах особей. Цель фенетики – разработка вопросов микроэволюции, теоретической систематики и других проблем, связанных с популяционным исследованием видов в природе [7]. Фены – это такие признаки фенотипа, как: 1) простая элементарность, т. е. неразложимость, неподразделяемость на составные части без потери качественного своеобразия; 2) альтернативность; 3) дискретность. Последняя характеристика является, по-видимому, важнейшей, позволяет видеть в изучении фенов действенный путь познания дискретного мира живых организмов [8]. Внутри фенетики к настоящему времени сформировались три ее основных

раздела: выделение и изучение фенов, изучение фенофондов и феногеография.

Выделение и изучение фенов древесных растений

В настоящее время фенетические исследования древесных растений получили должное развитие из-за длительности их онтогенеза, исключая традиционные генетические методы. У древесных пород изучаются три группы признаков: структурные (морфологические), характеризующие особенности строения формы и размеров органов и их частей; функциональные (физиологические), отражающие особенности физиолого-биохимических процессов; биохимические, характеризующие вариации в содержании органических соединений в тканях [10].

Применительно к древесным породам в комплекс исходных признаков-фенов могут быть включены как качественные (неметрические), так и количественные (размерные) признаки. К примеру [2], к качественным альтернативным признакам сосны обыкновенной могут быть отнесены цвет хвои, коры, зрелых шишек, семян, пыльников, крыла семени; строение коры, форма апофиза шишек, периодичность семеношения, архитектоника кроны, левизна – правизна шишек и ряд других; к количественным – высота, диаметр, объем ствола и общая биомасса дерева, высота поднятия грубой корки, толщина коры, число ветвей в мутовке, длина хвои, степень охвоенности побегов, число шишек в мутовке; длина, ширина и масса шишек и семян и целый ряд других признаков, к которым применимы биометрические методы анализа. При этом надо помнить, что только наиболее представительный и насыщенный набор признаков, их частотное распределение позволит полнее раскрыть фенотипическую структуру и выявить по комплексу хозяйственно ценных признаков и свойств перспективные формы, а также эффективность генетико-селекционного поиска их в различных по происхождению популяциях. Программа изучения фенофонда должна включать в себя изучение структуры и динамики фенотипического состава популяций, описание и сравнение их фенофондов на разных фазах онтогенеза, внутри одного поколения и в разных поколениях, а также в условиях изоляции. Кодирование вариаций признаков осуществляется условными знаками, цифрами, буквами, индексами и графическим способом (гистограммы, секториальные графики) с подключением методов машинного анализа и математического моделирования. По мере накопления данных о выделении фенов основных лесобразующих пород встает проблема их каталогизации и типологизации, что существенно «продвинет» исследования.

Фенофонд основных лесобразующих пород

Фенофондом называется все многообразие фенов в пределах какой-либо группы особей. По аналогии с понятием гено(аллело)фонда можно говорить о фенофонде популяции, групп популяций, отдельных дефов [8]. Обычно изучение фенофонда ведется в двух направлениях: изучение популяционной статистики и популяционной динамики. Фенетика, используя признаки-маркеры генотипического состава популяции, позволяет проанализи-

ровать ее структуру с большей точностью при значительно меньших усилиях. Предстоит большая и кропотливая работа, чтобы в пределах ареала каждой из лесообразующих пород дать подробную информацию о фенофонде и фенотипической структуре той или иной древесной породы, иметь более или менее полное представление о частотах встречаемости маркерных признаков-фенов и их «миграционном дрейфе» из одной популяции в другую в границах ареалов изучаемых видов. Методы описания фенофонда могут быть самыми различными по аналогии с кодированием вариаций признаков. При оценке данных могут быть использованы методы: хи-квадрат, критерий Стьюдента, ранговый коэффициент корреляции Спирмена, формула Харди-Вайнберга, координатный метод комплексной оценки лесных древесных пород, СМА (главных компонент, таксономия, распознавание образов: дискриминантный, факторный и кластерный анализы); не исключается и использование балльного сравнения, где вариации отдельного признака выражаются определенным числом баллов и сумма их по всем изучаемым признакам дает обобщенную характеристику особи. В частности, на основе использования обширного арсенала методических подходов, признаков и показателей изучена фенотипическая структура естественных популяций и культур сосны обыкновенной на примере сосняков Среднего Урала и Центрального Черноземья [4].

Динамика фенофонда основных лесообразующих пород

При выявлении особенностей и интенсивности элементарных эволюционных факторов фенетика может быть весьма востребованной и полезной. Первый путь – выяснение действия естественного отбора путем сравнения концентрации тех или иных фенов в разные моменты жизни одного или нескольких поколений. Если какой-либо признак индивидуума в течение онтогенеза не меняется (к примеру цвет хвои, коры, зрелых шишек, семян, женских соцветий, пыльников, крыла семени, строение коры, форма апофиза шишек, архитектура кроны и ряд других признаков у сосны обыкновенной), то можно сравнить его распределение у различных особей на разных стадиях онтогенеза. В ряде случаев наблюдается заметный сдвиг в частоте встречаемости данного признака. По таким сдвигам можно проследить действие естественного отбора. Поскольку не всегда фенотип остается постоянным на протяжении нескольких поколений, исследователь сопоставляет фенофонд последних [9].

Другим эволюционным фактором, влияние которого можно выявить при изучении фенофонда, является изоляция. Различия в концентрации отдельных фенов позволяют предполагать действие одной из форм изоляции, которых в природе много (территориально-механическая, экологическая, фенологическая и любая другая).

Не последнее место в анализе фенофонда занимает и один из эволюционных факторов – «волн жизни». Следовательно, изучение фенофонда дает исследователю интересные, а подчас и уникальные возможности изу-

чить три эволюционных фактора – естественный отбор, изоляцию и «волны жизни».

Феногеография древесных растений

Феногеография – изучение географического распределения фенотипов в пределах ареала вида – является одним из направлений фенетики, в котором сочетаются данные, полученные при изучении и выделении фенотипов, с данными для отдельных фенотипов. Если в генетике любая совокупность особей характеризуется определенными частотами аллелей, то в фенетике совокупности особей характеризуются частотами определенных фенотипов. Феногеографические подходы позволяют решать одну из сложнейших задач в исследовании внутривидовой изменчивости – выделение популяций и их групп, определение популяционных границ, изучение действия элементарных эволюционных факторов, нахождение центров внутривидового разнообразия и «монтажа» истории становления популяций. Одновременно феногеография – источник важных данных для внутривидовой систематики тех или иных видов древесных растений. При сравнении фенотипов анализ можно проводить либо по одному фенотипу, либо по их комплексу. Иными словами, феногеография в конечном итоге позволяет целенаправленно находить исходный материал для селекционно-генетических работ.

Каталогизация фенотипических признаков древесных растений

Единственно правильным решением, устраняющим различные «несуразности» при выделении и описании морфофизиологических характеристик фенотипов и фенотипов разными исследователями, является составление каталогов фенотипов и фенотипов тех или иных видов древесных пород. В ближайшем будущем уже можно будет приступить к объединению и разработке единого каталога фенотипов хотя бы основных лесообразователей страны с разработанным «единым типом записи» (системы кодирования) фенотипических признаков. Следующий этап – организация центра, где концентрируются все материалы (к примеру, по лесным древесным породам – НИИЛГиС), причем каждое заинтересованное лицо должно иметь к ним доступ. В перспективе необходимо расширить спектр исходных признаков и приступить к составлению каталога атласа фенотипов в пределах ареалов каждой из лесообразующих пород, разработать теоретические аспекты фенетики популяций с учетом специфики видового разнообразия тех или иных древесных пород.

Итак, фенетика популяций древесных растений является собой автономное самостоятельное направление исследований, включающее в себя морфологический, физиологический и биохимический подходы к изучению природных и искусственных популяций древесных пород. Она позволяет перевести исследования на более совершенный уровень, взяв за основу генетические принципы учета концентраций дискретных признаков-фенотипов, используемых в ранге маркерных признаков генетического состава популяций. В связи с этим ее необходимо рассматривать как одно из важных и пер-

спективных направлений развития и совершенствования методологических подходов в биологической науке вообще и в лесной в частности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вавилов Н.И.* Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости // Докл. III Всерос. съезда селекционеров. – Саратов, 1920.
2. *Егоров М.Н.* О комплексном наборе признаков в изучении фенетики природных и искусственных популяций сосны обыкновенной // Тез. докл. Всесоюз. совещ. по лесной генетике, селекции и семеноводству. – Петрозаводск, 1983. – С. 130–131.
3. *Егоров М.Н.* Популяционная фенетика естественных и искусственных насаждений сосны обыкновенной (*Pinus silvestris*) // Популяционная фенетика/ Под ред. А.В. Яблокова. – М., 1997. – С. 199–204.
4. *Егоров М.Н.* Фенотипическая структура естественных популяций и культур сосны обыкновенной (на примере сосняков Среднего Урала и ЦЧО): Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Екатеринбург, 1997. – 40 с.
5. *Мендель Г.* Опыты над растительными гибридами (1865)/ Пер. с нем. – М.: Наука, 1965. – С. 9–48.
6. *Серебровский А.С.* Генетический анализ популяции домашних кур горцев Дагестана // Журн. эксперимент. биол. – 1927. – № 3. – С. 62–146.
7. *Тимофеев-Ресовский Н.В., Яблоков А.В.* Фены, фенетика и эволюционная биология // Природа. – 1973. – № 5. – С. 40–51.
8. *Яблоков А.В.* История, современное состояние и пути развития фенетических исследований // Физиологическая и популяционная экология животных: Межвуз. науч. сб. – Саратов.: Саратов. ун-т, 1978. – Вып. 5(7). – С. 5–12.
9. *Яблоков А.В.* Фенетика. Эволюция, популяция, признак. – М: Наука, 1980. – 136 с.
10. *Яблоков А.В., Ларина Н.И.* Введение в фенетику популяций. Новый подход к изучению природных популяций. – М.: Высш. шк., 1985. – 160 с.
11. *Johannsen W.* Elemente der exakten Erblchkeitslehre. – Jena: G. Fisher, 1909.

Научно-исследовательский институт лесной генетики и селекции

Поступила 30.09.99

M.N. Egorov

Phenetics of Woody Plants as New Perspective Research Area at Forest Higher Educational Institutions of Russia

A new perspective research area – phenetics of woody plants – is suggested for further development. Use of phenetic approach allows analyzing the population structure with higher accuracy and efficiency in comparison with traditional genetic method.

УДК 630*228:630*231

А.Н. Мартынов

Мартынов Алексей Николаевич родился в 1938 г., окончил в 1961 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой лесоводства С.-Петербургской лесотехнической академии. Имеет более 170 печатных работ в области химического ухода за лесом, рубок ухода в молодняках, естественного лесовозобновления, изучения горизонтальной структуры древостоев, живого напочвенного покрова в лесу, применения сверхлегких летательных аппаратов в лесном хозяйстве.



ВСТРЕЧАЕМОСТЬ ПОДРОСТА ЕЛИ КАК ФАКТОР ПРОДУКТИВНОСТИ БУДУЩЕГО ДРЕВОСТОЯ

Установлена возможность определения потенциальной продуктивности древостоев при использовании показателя встречаемости на площадках размером 10 м².

подрост ели, встречаемость, учетные площадки, прогнозирование продуктивности древостоя.

Для оценки успешности естественного возобновления леса необходимы простые и нетрудоемкие методы учета подроста. В большинстве случаев такая оценка основана на определении численности (средней густоты) подроста. Однако она не дает информации о незанятой подростом площади, что не позволяет прогнозировать характеристики древостоев, которые сформируются из этого подроста. Такую информацию можно получить на основе показателя встречаемости подроста, характеризующего долю (процент) учетных площадок, на которых имеется хотя бы один жизнеспособный экземпляр подроста. При этом могут быть использованы материалы крупномасштабной аэрофотосъемки или видеозаписи вырубок и гарей.

Встречаемость подроста чаще всего определяют на учетных площадках размером 4 или 10 м². Для прогнозирования потенциальной продуктивности хвойных древостоев удобны площадки 10 м², поскольку именно такая площадь в среднем приходится на одно дерево 70–80-летнего возраста. Можно предположить, что если на площадке к этому возрасту сохранится хотя бы одно дерево, то запас древостоя будет высоким, а полнота равна 1,0. Соответственно при 50 % пустых (нулевых) площадок размером 10 м² запас и полнота древостоя снизятся примерно на 50 %, при 20 % пустых площадок – на 80 % и т. д.

Для проверки этого предположения были проанализированы данные о продуктивности древостоев с преобладанием ели в Ленинградской области, сформировавшихся из подроста с известной (зафиксированной) встречаемостью на площадках размером 10 м². Использовали также опубликованные материалы по южной Карелии [1] и юго-западной Норвегии [2].

В Ленинградской области на 7 пробных площадях (ПП) обследовали древостои, образовавшиеся на месте узколесосечной рубки. Исходная

Таблица 1

Характеристика древостоев на пробных площадях

№ ПП	Состав древостоя (по запасу)	$H_{ср}$, м	$D_{ср}$, см	Хвойные			Класс бонитета
				Полнота	Запас, м ³ /га	Густота, тыс.экз./га	
Ленинградская область							
1	8Е2Б	16,0	16,1	0,57	131	0,97	II
2	10Е+Б	17,1	16,2	0,76	194	1,13	II
3	8Е1С1Б	12,2	9,9	0,73	130	2,27	III
4	6Е4С	11,9	10,8	0,84	140	2,50	III
5	8Е2С	12,3	9,9	0,96	155	3,00	III
6	7Е3Б	12,4	9,9	0,68	113	2,40	III
7	9Е1Б	12,2	9,6	1,05	164	3,94	III
Карелия							
8	10Е, ед.С	6,5	9,3	0,66	42	1,38	III
9	8Е2Б+С	7,2	9,5	0,70	51	1,47	II
10	7Е2Б1С	5,6	7,7	0,83	43	2,21	II
11	7Е2Б1С	7,8	10,3	0,90	77	1,93	II
12	10Е+С,Б	6,9	9,3	0,94	68	2,32	III
13	10Е, ед.С,Б	7,6	9,6	0,94	79	2,18	II
14	8Е2Б	10,5	13,0	1,00	123	1,44	II
15	9Е1С	6,2	7,7	0,54	32	1,99	III
16	9Е1С, ед. Б	6,3	8,0	0,58	36	1,83	III

Примечание. Тип леса на ПП 1 и 2 – ельник-кисличник, на ПП 3 – ельник-черничник влажный, на остальных – ельник-черничник свежий.

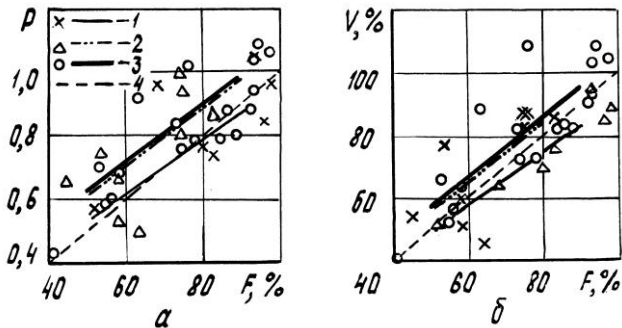
высота подроста ели от 0,5 до 3,0 м, возраст от 7 до 32 лет. Спустя 32 ... 34 года на опытных участках сформировались 38–54-летние древостои с преобладанием ели.

В южной Карелии определяли таксационную характеристику еловых древостоев, сформировавшихся после сплошной концентрированной рубки. Основная масса подроста имела высоту от 0,5 до 1,5 м, возраст от 3 до 50 лет. Таксацию древостоев выполняли спустя 26 ... 41 год после рубки. Поскольку на части опытных участков в составе древостоя была значительной доля осины и березы, для анализа продуктивности взяты только девять ПП из 14.

Краткая характеристика древостоев на ПП в Ленинградской области и в Карелии приведена в табл. 1.

В юго-западной Норвегии на 18 участках в 41–60-летних еловых древостоях была определена исходная горизонтальная структура подроста для возраста, в котором высота составляла около 1,3 м. Сформировавшиеся древостои имели среднюю высоту 11,4 ... 18,9 м, средний диаметр 11,5 ... 18,8 см. На основе опубликованных данных об абсолютной полноте древостоев рассчитывали относительную полноту. Этот показатель исполь-

Зависимость полноты (α) и запаса (δ) еловых древостоев от исходной встречаемости подроста на площадках размером 10 м^2 : 1 – Ленинградская область; 2 – Карелия; 3 – юго-западная Норвегия; 4 – теоретическая прямая



зовали и для других ПП в связи с тем, что исходные возраст и высота подроста на опытных участках существенно различались.

Зависимость полноты сформировавшихся древостоев (P) от исходной встречаемости подроста ели (F) показана на рис. а. Как видим, линии регрессии размещены довольно близко к теоретической прямой, характеризующей прямо пропорциональную зависимость полноты от встречаемости подроста, хотя на ряде опытных участков, особенно в Карелии и Норвегии, полнота заметно превышает расчетную. Уравнения регрессии имеют вид: для Ленинградской области

$$y = 0,0985 + 0,0086x;$$

для южной Карелии

$$y = 0,166 + 0,0096x;$$

для юго-западной Норвегии

$$y = 0,166 + 0,0087x,$$

где y – относительная полнота;

x – встречаемость подроста на учетных площадках размером 10 м^2 , %.

Обращает на себя внимание значительное варьирование полноты древостоев при одной и той же встречаемости подроста. Это связано с различиями в его численности и высотной структуре, а также с неодинаковой пространственной структурой. В частности, низкая полнота древостоев на ПП 15 и 16 объясняется тем, что при разработке лесосек был вырублен весь подрост высотой более 2 м. Тем не менее связь полноты древостоев с исходной встречаемостью подроста достоверна при уровне вероятности 0,95 (для юго-западной Норвегии – при всех уровнях вероятности). Коэффициент корреляции, их ошибка и достоверность составили: для Ленинградской области $r = 0,87 \pm 0,22$, $t_r = 3,95$ ($t_{st} = 2,6 - 4,0 - 6,9$); для южной Карелии $r = 0,69 \pm 0,27$, $t_r = 2,52$ ($t_{st} = 2,4 - 3,5 - 5,3$); для юго-западной Норвегии $r = 0,84 \pm 0,14$, $t_r = 6,16$ ($t_{st} = 2,1 - 2,9 - 4,0$).

Еще более тесная связь установлена между встречаемостью подроста (F) и запасом древостоев (V) в процентах от его табличных значений при полноте 1,0. Как показано на рис. б, линии регрессии для Карелии и Норвегии практически совпадают, тогда как для Ленинградской области характерно некоторое снижение запаса при высокой встречаемости. Низкий запас на ряде опытных участков можно объяснить конкурирующим влиянием бе-

резы (ПП 5 и 10) и сосны (ПП 4 и 5), вырубкой крупного подроста (ПП 15 и 16) и другими причинами, связанными с особенностями горизонтальной и вертикальной структуры подроста ели.

Уравнения регрессии имеют вид:

для Ленинградской области

$$y = 5,71 + 0,862x;$$

для южной Карелии

$$y = 7,0 + 0,966x;$$

для юго-западной Норвегии

$$y = 7,39 + 0,968x,$$

где y – запас древостоя, % от его значений при полноте 1,0;

x – встречаемость подроста на учетных площадках размером 10 м^2 , %.

Коэффициенты корреляции, их ошибка и достоверность составили: для Ленинградской области $r = 0,95 \pm 1,4$, $t_r = 6,83$ ($t_{st} = 2,6 - 4,0 - 6,9$); для южной Карелии $r = 0,71 \pm 0,27$, $t_r = 2,7$ ($t_{st} = 2,4 - 3,5 - 5,3$); для юго-западной Норвегии $r = 0,84 \pm 0,135$, $t_r = 6,2$ ($t_{st} = 2,1 - 2,9 - 4,0$).

В целях прогнозирования полноты и запаса древостоев в возрасте, когда численность деревьев составит 1000 экз. на 1 га, использовали таблицы хода роста (ТХР) Варгаса де Бедемара для нормальных насаждений Ленинградской области. Согласно ТХР, древостоям II класса бонитета в возрасте 70 лет соответствуют количество деревьев 1006 экз. и запас 283 м^3 на 1 га, III класса – соответственно 1034 экз. и 260 м^3 на 1 га. Принимая, что количество пустых (нулевых) площадок размером 10 м^2 при той или иной встречаемости подроста соответствует недостающему до 1000 числу деревьев, и умножая это число на средний объем ствола ($0,28 \text{ м}^3$ для II и $0,25 \text{ м}^3$ для III класса бонитета), получаем потенциальные потери запаса. Такой расчет был сделан для опытных участков в Ленинградской области и Карелии (табл. 2).

Из таблицы видно, что прогнозные потери запаса в 70–80-летнем возрасте на ПП в Ленинградской области занижены на 2 ... 14 % по сравнению с фактическими потерями в 38–54-летнем возрасте. На большинстве ПП в Карелии они завышены на 2 ... 13 % (за исключением ПП 10, 15 и 16, где различия достигают 20 ... 29 %). Если в расчетах средний объем ствола ели принять равным $0,36 \text{ м}^3$ (в соответствии с табличными значениями запаса при полноте 1,0), то прогнозные потери запаса будут соответствовать доле нулевых площадок.

При встречаемости подроста ели 45 ... 58 % они составят 42...55 %, при встречаемости 80 % и более – 20 % и менее. Эти данные близки к результатам П. Брате [2]. Согласно его расчетам, при встречаемости подроста ели 45 % запас составит 52 ... 58 %, при встречаемости 80 % и более – 80...87 % от запаса нормальных насаждений.

Таблица 2

**Потери запаса древостоев с преобладанием ели
в зависимости от исходной встречаемости подроста**

№ ПП	Встречаемость подроста, %	Запас, % от табличных значений при полноте 1,0, в возрасте, лет				
		38...54	70...80		Разность запаса древостоев 70–80- и 38–54-летнего возраста	
			1	2	1	2
Ленинградская область						
1	52	48	38	48	-10	0
2	80	30	16	20	-14	-10
3	83	24	12	17	-12	-7
4	96	15	3	4	-12	-11
5	98	11	1	2	-10	-9
6	62	36	22	32	-14	-4
7	93	5	5	7	0	-2
Карелия						
8	45	46	39	55	-7	+9
9	58	40	33	42	-13	+2
10	54	23	36	46	+13	+23
11	75	18	20	25	+2	+7
12	83	15	12	17	-3	+2
13	75	13	20	25	+7	+12
14	74	13	20	26	+7	+13
15	64	54	25	36	-29	-18
16	58	49	29	42	-20	-7

Примечание. 1 – при среднем объеме ствола 0,25 и 0,28 м³; 2 – 0,36 м³.

Таким образом, приведенные материалы свидетельствуют о возможности прогнозирования продуктивности древостоев с преобладанием ели на основе исходной встречаемости подроста на учетных площадках размером 10 м². Доля нулевых площадок этого размера довольно тесно коррелирует с относительной полнотой и запасом древостоев, которые сформируются из подроста к возрасту спелости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Синькевич М.П.* Роль подроста хвойных пород в лесовосстановлении сплошных концентрированных вырубок // Восстановление и мелиорация лесов Карелии: Сб. науч. тр. – Л., 1983. – С. 8–20.
2. *Braathe P.* Underskelser over utviklingen av glissen gjenvekst av gran // Medd. fra det Norske Skogf. – 1953. – Vol. 12, N 42. – P. 209–301.

С.-Петербургская лесотехническая академия

Поступила 16.06.99

A.N. Martynov

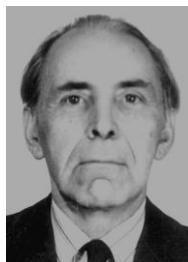
**Frequency of Spruce Undergrowth as Factor of the
Future Stand Productivity**

The possibility of determining the stands potential productivity is stated based on the undergrowth frequency on plots of 10 m².

УДК 630*905.2

В. А. Бугаев, А.Л. Мусиевский

Бугаев Владимир Агеевич родился в 1924 г., окончил в 1948 г. Воронежский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой лесной таксации и лесоустройства Воронежской государственной лесотехнической академии, почетный академик РАЕН, заслуженный лесовод РФ. Имеет более 250 научных работ в области лесоустройства и таксации лесных ресурсов.



Мусиевский Александр Леонидович родился в 1958 г., окончил в 1984 г. Воронежский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесной таксации и лесоустройства Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет более 40 научных работ в области комплексной оценки лесных ресурсов.

**ДИНАМИЧНОСТЬ ЛЕСА ЛИПОВСКОЙ ДАЧИ
ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ**

Приведены сведения о динамике лесного фонда и лесопользовании в дубравах за период 1913 – 1990 гг. Проанализированы изменения, происходившие под действием хозяйственного и природных факторов. Даны рекомендации о повышении продуктивности и экологической ценности насаждений.

динамика лесного фонда, балки, поймы, продуктивность (дуб, ясень), низкоствольная форма.

Территорию Центрального Черноземья в прежние времена покрывали обширные массивы «природного» леса; местность была малонаселенной. Интенсивное освоение лесов относится к началу XVIII в. Наиболее ценные из них объявлялись корабельными лесами государственного значения и предназначались для заготовки древесины при строительстве флота и удовлетворения потребностей военного ведомства. Рубки в других целях находились под запретом. Впоследствии эти массивы вошли в состав казенных лесничеств. Остальные леса постепенно передавались в частное владение или крестьянским общинам.

Во второй половине XVIII в. происходило постепенное заселение территории. Леса, окружавшие новые деревни, стали усиленно вырубать для строительства, отопления и просто выкорчевывать под пашни. Сохранялись только участки в виде мелких лесных дач на неудобных для сельского хозяйства землях по балкам и поймам рек. Основным объектом лесоводственных исследований служили казенные лесничества. Балочным и пой-

менным урочищам не уделяли должного внимания из-за их невысокого качества, порослевого происхождения неоднократных генераций, разбросанности на большом пространстве.

Примером подобных лесов является Липовская дача Воронежской области, занимающая ныне около 1,6 тыс. га на правом высоком берегу р. Дона. Длительное время она находилась в частном владении, и рубка здесь выполнялась выборочно для удовлетворения местных потребностей. В 40-х гг. XIX в. Липовскую дачу передали в казенное лесничество, и в ней впервые было проведено лесоустройство. С этого времени под сплошную рубку отводились насаждения пониженного возраста с расчетом на порослевое возобновление.

В 1913 г. выполнено очередное лесоустройство Липовской дачи. Одновременно В. В. Гуман провел там первые научные исследования, связанные с изучением особенностей роста и строения насаждений. Итоги его работы нашли отражение в печати; это была первая публикация по данному вопросу [2].

В дальнейшем лесоустройство проводили здесь неоднократно, последнее – в 1990 г. Вслед за В.В. Гуманом мы продолжили исследования Липовской дачи [1]. После 1913 г. ее границы не изменялись, поэтому она стала удобным объектом для изучения динамики лесного фонда и состояния насаждений.

Данные о лесном фонде в историческом плане (1913–1990 гг.) свидетельствуют о динамичности леса Липовской дачи под воздействием хозяйственных и природных факторов. За указанное время итоговый показатель лесной площади находился на уровне 94 % от площади лесного фонда. Все изменения происходили в пределах лесной площади. Постепенная интенсификация хозяйства содействовала увеличению покрытой лесом площади: в 1913 г. ее доля составляла 84, в 1934 г. – 88, в 1960 г. – 91,5 % от общей площади. Одновременно сокращались вырубки (соответственно 10, 5, 3 и 1 %). Это произошло благодаря уменьшению лесопользования. Развивалось лесокультурное дело. В 1913 г. насаждения искусственного происхождения занимали только 1 %, в 1934 г. – 2, в 1960 г. – 13 и в 1990 г. – 27 %. Как видно, в первый период ориентировались на порослевое возобновление вырубков, но затем они стали объектом активных работ по созданию лесных культур. В связи с этим порослевые дубравы постепенно заменялись семенными.

Таблица 1

Преобладающая порода	Распределение площади насаждений, %, по годам			
	1913	1934	1960	1990
Дуб	83,0	83,5	87,5	89,0
Ясень	16,0	12,0	9,5	4,0
Вяз, клен	1,0	2,0	0,5	0,5
Осина	-	1,5	0,5	2,0
Липа	-	-	0,5	0,5
Ольха	-	1,0	1,0	1,0

Ветла, тополь | - | - | 0,5 | 3,0

Приуроченность к балочным и пойменным местоположениям обусловила разнообразие породного состава (табл. 1).

В результате лесокультурных работ заметно увеличилась площадь дубрав. Ясень присутствует в качестве примеси к дубу. Иногда он преобладает в составе, так как требователен к извести, а меловые отложения здесь распространены. Постепенно ясеневые насаждения вырубались и в благоприятных условиях заменялись культурами дуба. Осина размещена в понижениях, и способность размножаться корневыми отпрысками способствовала не только ее сохранению на вырубках, но и появлению на новых местах. Ольха, ветла и тополь расположены в специфических для них припойменных участках.

В 1913 г. основной фон создавали средневозрастные насаждения как результат рубок прежних лет при отсутствии насаждений старше 100 лет. Продолжалась рубка древостоев пониженного возраста (с 60 лет), что обусловило накопление молодняков к 1934 г. Затем постепенное сокращение объемов лесозаготовок привело к уменьшению площади молодняков и переходу насаждений в средневозрастную и приспевающую категории, формированию спелых дубрав. Рубка ясеневых насаждений продолжалась с последующей посадкой культур дуба. Тем не менее ясень как преобладающая порода сохранился и в старом возрасте. Это свидетельствует об его устойчивости на меловых почвах.

Характеристика насаждений по 20-летним классам возраста приведена в табл. 2.

Таблица 2

Порода	Год исследования	Распределение площади насаждений, %, по классам возраста		
		I–II	III–V	VI и выше
Дуб	1913	34	66	-
	1934	69	31	-
	1960	36	62	2
	1990	25	62	13
Ясень	1913	30	70	-
	1934	68	32	-
	1960	54	46	-
	1990	65	22	13

Динамичными оказались и состояние, и продуктивность дубовых насаждений Липовской дачи. Класс бонитета не изменился: в 1913 г. – II,9, в 1990 г. – II,8. Поскольку в 1913–1934 гг. рубки продолжались, то лес омолаживался. Дальнейшее сокращение лесопользования привело к старению дубрав (см. табл. 1). Нами установлено, что модальные насаждения с возрастом изреживаются значительно, чем нормальные. Существенное влияние на данный процесс оказывает чрезмерная выборка при проходных рубках. Результат – снижение полноты к возрасту главной рубки. В 1913–1934 гг., когда преобладал молодой лес, средняя полнота была

0,71 ... 0,72. В 1960–1990 гг. с повышением возраста насаждений она снизилась до 0,66 ... 0,68. Описанные изменения отразились на среднем приросте. В течение 1913–1960 гг. он увеличился и достиг в конце периода 3,1 м³/га, затем уменьшился и в 1990 г. составил 2,3 м³/га. В порослевых дубравах ЦЧР III класса бонитета средний прирост после 60-летнего возраста снижается [3]. К 1990 г. большинство исследуемых насаждений преодолело период активного накопления древесного запаса, что сказалось на среднем приросте. В этом году средняя полнота в III классе возраста была 0,67; IV – 0,65; V – 0,64; VI и выше – 0,58. Данное положение также сказалось на приросте.

На продуктивность леса, помимо описанных хозяйственных факторов, влияют лесорастительные условия. В табл. 3 приведено распределение дубовых насаждений по типам лесорастительных условий (ТЛУ). Для сравнения помещены данные по Шипову лесу, расположенному в том же районе и прежде относившемуся к корабельным массивам. Градация ТЛУ следующая: D₃ – дубрава влажная по тальвегам балок на аллювиальных почвах, D₂ – дубрава свежая на темно-серых суглинках, D₂₋₁ – дубрава на серых суглинках, D₁ – дубрава сухая на светло-серых суглинках, D₀ – дубрава очень сухая на солонцах. Каждому типу соответствует определенный класс бонитета: D₃ и D₂ – I-II, D₂₋₁ – II-III, D₁ – III-IV, D₀ – IV-V.

В Шиповом лесу в благоприятных условиях (типы D₃ и D₂) произрастает 32 % дубовых насаждений, в Липовской даче только 12 %. Отсюда средний класс бонитета в первом случае II,3, а во втором II,8.

Таким образом, на состоянии и продуктивности насаждений Липовской дачи отразилось длительное ведение хозяйства по принципу низкоствольной формы – сплошные рубки с невысоким оборотом и последующим порослевым возобновлением. Такая форма неперспективна, так как в новых поколениях деградация дубрав усиливается. Поэтому в благоприятных условиях надлежит производить замену порослевых насаждений на семенные

Таблица 3

Объект	Распределение дубрав по ТЛУ, %				
	D ₃	D ₂	D ₂₋₁	D ₁	D ₀
Липовская дача	7	5	36	37	15
Шипов лес	2	30	50	15	3

искусственного происхождения. Имеется местный опыт создания лесных культур, что отмечалось выше.

Небольшие урочища, подобные Липовской даче, распространены в южной полосе Центрально-Черноземного района. Они разобщены, сформировались в результате описанных нами процессов на малопродуктивных землях. Ввиду невысокой продуктивности, им не придают должного значения, ограничиваясь низкоствольной формой лесного хозяйства. Вместе с тем эти урочища играют определенную экологическую роль в лесостепной зоне. Поэтому должны быть приняты меры по их сохранению и реконструкции,

предусматривающей на доступных и благоприятных участках замену порослевых насаждений на семенные лесокультурного происхождения с последующим переходом на высокоствольную форму, более долговечную и производительную.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бугаев В.А.* Состояние и продуктивность насаждений Липовской дачи Бутурлиновского лесхоза // Науч. тр. / ЛТИ. – Воронеж, 1968. – Т. 30. – С. 21–34.
2. *Гуман В.В.* Липовская дача в естественно-историческом отношении // Материалы по изучению русского леса. – Петроград, 1914. – Вып. 1. – С. 22–160.
3. *Науменко И.М., Бицин Л.В.* Обоснование возрастов рубок для дубовых порослевых насаждений лесостепной зоны СССР // Науч. тр. / ЛТИ. – Воронеж, 1960. – Т. 18. – С. 168–185.

Воронежская государственная
лесотехническая академия

Поступила 16.06.99

V.A. Bugaev, A.L. Musievsky

Dynamics of the Lipovsk Dacha Forest of the Voronezh Region

The data on the dynamics of forest stock and forest management in the oak stands are given for the period of 1913-1990. Changes that took place under the influence of economic and natural factors are analyzed. The recommendations on enhancing the productivity and ecological value of stands are provided.

УДК 630*174.754:581.331.2

А.Н. Ткаченко, Е.Н. Самошкин

Ткаченко Анатолий Николаевич родился в 1947 г., окончил в 1969 г. Брянский технологический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры дендрологии, селекции и озеленения Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет 40 печатных трудов в области лесной селекции.



Самошкин Егор Никитич родился в 1934 г., окончил в 1960 г. Всесоюзный заочный лесотехнический институт, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой дендрологии и лесной селекции Брянской государственной инженерно-технологической академии, академик РАЕН. Имеет более 100 научных работ по генетике и селекции древесных растений.



ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПЫЛЬЦЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ЛЕСОСЕМЕННОЙ ПЛАНТАЦИИ В БРЯНСКОМ ОКРУГЕ ЗОНЫ ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ

Показана вариабельность мужских репродуктивных органов 20 клонов сосны. Отмечены пределы изменчивости стробилов и пыльцы. При создании плантаций высших порядков рекомендовано использовать клоны преимущественно с повышенной парусностью пыльцы.

клон сосны, стробил, пыльцевое зерно, воздушный мешок, коэффициент формы, парусность.

Эффективность опыления и формирования семян тесно связана с обилием пыльцы, ее жизнеспособностью и морфологическим строением. Это указывает на важность изучения ее количественных и качественных показателей, особенно в условиях лесосеменной плантации, и позволяет лучше оценивать потомство плюсовых деревьев на ЛСП и ПЛСУ.

С этой целью нами изучена изменчивость мужских стробилов (колосков) и пыльцы сосны внутри клонов и популяции в целом на коллекционно-маточном участке (КМУ), который заложен в 1981 г. на площади 1,5 га в Клюковенском спецлесхозе Брянской области. КМУ состоит из клонов 20 плюсовых деревьев, произрастающих в насаждениях того же лесхоза.

С пяти деревьев каждого клона собирали мужские стробилы (по 50 шт.), определяли их длину и количество в них микростробилов.

Жизнеспособность пыльцы устанавливали проращиванием по методу «вишней капли» [5]. Измеряли длину (A) и высоту (B) пыльцевого зерна, длину (C) и высоту (D) воздушного мешка, общую длину (L) пыльцы (с учетом двух мешков в экваториальной части) [1, 4]. Коэффициенты формы получали как отношение A/B , C/D , A/L , B/L . Парусность пыльцы определяли по выражению $(C + D)/(A + B)$ [3]. В качестве контроля использовали среднее значение признака (K_{cp}) всех клонов КМУ.

Выявлена большая изменчивость длины мужских стробиллов в пределах популяции (табл. 1): самые длинные у клона № 14, самые короткие у клона № 26. Среднее количество микростробиллов в колоске $32,8 \pm 0,87$ шт. при коэффициенте вариации 18,7 %. Длина стробиллов коррелирует ($r = +0,73 \pm 0,16$) с количеством в них микростробиллов.

Таблица 1

Изменчивость мужских стробиллов у клонов сосны на КМУ

№ клона	Длина стробиллов				Количество микростробиллов в одном стробиле			
	$M \pm m$, мм	M , % к K_{cp}	V , %	P , %	$M \pm m$, шт.	M , % к K_{cp}	V , %	P , %
14	42,0±0,76	133,8	12,8	99,9	39,5±0,97	120,4	17,4	99,9
15	32,2±0,51	102,5	11,2	-	29,0±0,62	88,4	15,1	99,9
16	33,7±0,71	107,3	14,9	95,0	36,6±0,95	111,6	18,4	99,0
17	35,7±0,78	113,7	15,4	99,9	39,2±1,09	119,5	19,7	99,9
18	40,3±0,76	128,3	13,3	99,9	36,7±0,72	111,9	13,9	99,0
19	28,8±0,51	91,7	12,5	99,0	31,8±0,82	97,0	18,2	-
20	33,1±0,64	105,4	13,7	-	34,0±0,87	103,7	18,1	-
21	27,7±0,74	88,2	18,9	99,9	25,0±0,76	76,2	21,5	99,9
22	30,4±0,51	96,8	11,9	-	31,9±0,75	97,3	16,6	-
23	25,2±0,52	80,3	14,6	99,9	26,7±1,20	81,4	31,8	99,9
24	27,5±0,52	87,6	13,4	99,9	29,9±0,65	91,2	15,4	95,0
25	30,3±0,71	96,5	16,6	-	29,7±0,76	90,5	18,1	99,0
26	24,4±0,69	77,7	20,0	99,9	34,4±1,48	104,9	30,4	-
27	29,2±0,66	93,0	16,0	95,0	27,4±1,07	83,5	27,6	99,9
28	30,3±0,52	96,5	12,1	-	32,8±0,52	100,0	11,2	-
29	30,0±0,55	95,5	13,0	-	31,2±0,71	95,1	16,1	-
30	25,3±0,59	80,6	16,5	99,9	21,4±0,78	65,2	25,8	99,9
31	30,1±0,64	95,9	15,0	-	28,6±0,75	87,2	18,5	99,9
32	34,7±0,38	110,5	7,7	99,9	42,2±0,80	128,7	13,4	99,9
33	37,0±0,74	117,8	14,1	99,9	49,0±1,15	149,4	16,6	99,9
K_{cp}	31,4±0,62	100,0	14,0	-	32,8±0,87	100,0	18,7	-

Примечание. V – коэффициент вариации; P – доверительный уровень различия средней величины клона с K_{cp} .

Таблица 2

Изменчивость пыльцы у клонов сосны на КМУ

№ клона	Жизнеспособность пыльцы, %	Длина пыльцевых трубок			Парусность пыльцы		
		$M \pm m$, мкм	V, %	P, %	$M \pm m$	V, %	P, %
14	66,2	35,0±0,59	11,9	95,0	0,66±0,011	11,6	95,0
15	72,5	29,8±0,34	8,1	99,9	0,67±0,008	8,6	99,9
16	86,5	39,8±0,52	9,2	99,9	0,66±0,007	7,4	99,0
17	75,1	34,4±0,48	9,9	-	0,64±0,007	8,0	-
18	83,3	30,2±0,38	8,9	99,9	0,63±0,008	8,4	-
19	75,9	36,4±0,54	10,5	99,9	0,61±0,008	9,9	-
20	91,7	38,2±0,53	9,8	99,9	0,62±0,007	8,2	-
21	82,7	32,6±0,43	9,3	-	0,63±0,006	6,9	-
22	79,6	35,8±0,55	10,9	99,0	0,60±0,008	9,3	95,0
23	81,8	36,2±0,47	9,2	99,9	0,65±0,007	7,6	-
24	61,5	25,4±0,30	8,4	99,9	0,58±0,007	8,3	99,9
25	82,6	34,0±0,52	10,8	-	0,64±0,008	8,7	-
26	79,3	33,6±0,48	10,1	-	0,61±0,010	11,5	-
27	68,8	26,2±0,19	5,1	99,9	0,63±0,011	12,6	-
28	75,4	31,8±0,41	9,1	95,0	0,63±0,013	14,2	-
29	60,5	35,0±0,64	12,9	95,0	0,63±0,008	8,4	-
30	92,2	38,8±0,58	10,6	99,9	0,64±0,008	9,3	-
31	52,3	29,8±0,38	9,0	99,9	0,60±0,006	7,0	99,0
32	60,1	31,6±0,47	10,5	99,0	0,60±0,008	9,7	95,0
33	77,1	33,4±0,55	11,6	-	0,64±0,008	8,4	-
K_{cp}	75,3	33,4±0,47	10,0	-	0,63±0,008	9,0	-

Жизнеспособность пыльцы колеблется от 52 до 92 % (табл. 2): более 80 % у клонов № 16, 18, 20, 21, 23, 25, 30; 52,3% у клона № 31. Пыльцевые трубки прорастают у $75,3 \pm 2,43$ % зерен, что свидетельствует об их высокой жизнеспособности. Наиболее активно прорастает пыльца клона № 16, длина трубки выше контроля на 19,2 %, у клона № 24 она достигла только 76 % от контроля. Коэффициент вариации в популяции 10 %, по отдельным клонам от 5,1 до 12,9 %. Жизнеспособность пыльцы связана с длиной пыльцевых трубок корреляционной зависимостью ($r = +0,61 \pm 0,18$).

У большинства клонов L существенно отличается от контроля. У клонов № 15, 16, 25 она наибольшая (46 мкм), у клонов № 23, 28, 29 наименьшая (40 мкм), средняя $44,4 \pm 0,32$ мкм. Коэффициент вариации признака варьирует от 3,6 до 8,6 %, в среднем на участке 5,1 %.

Признаки A и B – важнейшие при оценке качества пыльцы – варьируют мало. A лишь у клонов № 25, 26, 32 выше K_{cp} на 3 ... 5 %, у клонов № 23, 28, 29, 17, 18 ниже на 3 ... 8 %. B у клонов № 16, 26, 32, 33 на 2,8...6,1 % выше K_{cp} , у клонов № 23, 28, 29 на 4 ... 8 % ниже. Наибольшие A и B у клонов № 26 и 32, наименьшие у клонов № 23 и 28. Пыльца с меньшими размерами (клоны № 23 и 28) имеет повышенную вариабельность.

A/B у большинства клонов равно 1,24 ... 1,34, существенно не отличаясь от $K_{\text{ср}}$. С приближением показателя к единице увеличивается парусность и летучесть пыльцы (клоны № 16, 17, 18, 23). Пыльца клонов отличается выровненностью: коэффициент вариации A/B равен 7,0 ... 11,7 % (низкий уровень) и даже 5,4 ... 6,8 % (очень низкий).

C у половины клонов достоверно отличается от контроля: у клонов № 15, 16, 25, 29, 33 на 5 ... 16 % выше, у клонов № 22, 24, 27, 28, 31, 32 на 6 ... 12 % ниже. Абсолютная величина C варьирует от 14,3 мкм (клоны № 24, 28) до 18,8 мкм (клон № 15), коэффициент вариации 7,3 ... 14,5 %. D только у клонов № 23, 29 существенно ниже, а у клонов № 27 и 32 выше $K_{\text{ср}}$, варьирование 17,4...20,3 мкм. Коэффициент вариации D в популяции несколько ниже, чем C .

Наибольший C/D (0,96 ... 1,00) у клонов № 15, 16, 23, 29, 33: воздушные мешки имеют шаровидную форму. Это обеспечивает высокую летучесть пыльцы. У клонов № 24, 27, 28, 31, 32 C/D равно 0,75 ... 0,78: мешки вытянутые. Чем выше A/L , тем слабее летучесть пыльцы (клоны № 17, 24, 26, 28): зерно занимает большую часть ее длины. У клонов № 24, 28 это подтверждается значением C/D воздушных мешков. У клонов № 14, 15, 30 летучесть пыльцы повышена за счет меньшего значения B/L .

Указанные коэффициенты формы пыльцы не полностью отражают ее летучесть. Наиболее объективным показателем является коэффициент парусности пыльцы $(C + D) / (A + B)$: чем он больше, тем лучше летучесть. У пыльцы клонов № 14, 15, 16 этот параметр на 4,8 ... 6,3 % выше (табл. 2), у клонов № 22, 24, 31, 32 ниже. На КМУ коэффициент парусности пыльцы равен 0,46 ... 0,95, коэффициент вариации 6,9 ... 14,2 % (низкий уровень).

Анализ показал наличие тесной связи между L и A ($r = +0,81 \pm 0,14$), L и B ($r = +0,85 \pm 0,12$), L и D ($r = +0,68 \pm 0,17$), A и B ($r = +0,88 \pm 0,11$), D и B ($r = +0,69 \pm 0,17$).

Известно [2], что морфологическим параметрам пыльцы сосны свойственна низкая индивидуальная и популяционная изменчивость. Проведенное нами исследование пыльцы клоновой популяции свидетельствует, что варьирование средних показателей на КМУ имеет низкий уровень (коэффициент изменчивости 5,1 ... 10,9 %). Наиболее вариабельны C и C/D . Все показатели имеют низкую популяционную (межклоновую) изменчивость. Параметры пыльцы клонов КМУ варьируют в пределах изменчивости естественных насаждений сосны, при этом сохраняется закономерность: более стабильна L , менее – C .

При создании ЛСП первого порядка не рекомендуется использовать клоны № 22, 24, 31, 32, продуцирующие пыльцу с низкой парусностью. При закладке ЛСП высших порядков, особенно гибридизационных, в первую очередь необходимо использовать клоны № 14, 15, 16 с повышенной парусностью пыльцы, что будет способствовать увеличению урожайности семян.

Таким образом, при аттестации плюсовых деревьев, клонов, создании ЛСП необходимо учитывать особенности и вариабельность мужских репродуктивных органов сосны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козубов Г.М. Биология плодоношения хвойных на севере. – Л.:Наука, 1974. – 134 с.
2. Мамаев С.А. Морфологическая изменчивость пыльцы *Pinus silvestris*, произрастающей на Урале // Ботан. журн. – 1965. – Т. 50, № 5. – С. 680–685.
3. Мамаев С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений. – М.: Наука, 1972. – 283 с.
4. Моносзон-Смолина М.Х. К вопросу о морфологии пыльцы некоторых видов рода *Pinus* // Ботан. журн. – 1949. – Т. 34, № 4. – С. 352–380.
5. Пятницкий С.С. Практикум по лесной селекции. – М.: Сельхозиздат, 1961. – 271 с.

Брянская государственная
инженерно-технологическая академия

Поступила 06.09.99

A.N.Tkachenko, E.N. Samoshkin

Variability of Scotch Pine Pollen on Seed Plantation in Broadleaved Forest Zone of Bryansk Region

Variability of male reproductive organs for 20 pine clones is shown. The variability limits for strobiles and pollen are registered. Clones mainly with enhanced pollen volatility are recommended to be used for establishing high-level plantations.

УДК 630*907. 3

Э.А. Курбанов, О.Н. Кранкина

Курбанов Эльдар Аликрамович родился в 1965 г., окончил в 1989 г. Марийский политехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесной таксации и лесоустройства Марийского государственного технического университета. Имеет более 30 печатных работ по вопросам оценки углеродного бюджета сосновых лесов Среднего Поволжья.



Кранкина Ольга Николаевна окончила в 1980 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник департамента лесной науки Орегонского государственного университета США. Имеет более 30 печатных работ.



ДРЕВЕСНЫЙ ДЕТРИТ В СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЯХ СРЕДНЕГО ЗАВОЛЖЬЯ*

Произведена оценка древесного детрита в сосновых насаждениях естественного происхождения. Установлены классы разложения, выявлена динамика его накопления.

древесный детрит, глобальное потепление, сосновые насаждения, лесная таксация, лесоустройство.

В последних исследованиях цикла углерода в лесных экосистемах большое внимание уделяется древесной биомассе растущего леса, почвам, торфяникам и практически не учитывается роль потоков углерода в древесном детрите. Для многих развитых стран мира исследования по оценке отмершей древесины не проводятся потому, что там практически полностью перерабатывают всю древесную продукцию, в том числе и получаемую от рубок ухода. О лесном хозяйстве России этого сказать нельзя. Наша экстенсивная форма ведения лесного хозяйства приводит к высокой захламленности насаждений. К древесному детриту, помимо традиционного сухостоя, валежника и ветровала, добавляется древесина от санитарных рубок и рубок ухода, которая в большинстве случаев остается в лесу на перегнивание.

В биологическом круговороте древесный детрит представляет собой нечто среднее между органической массой растущего леса и почвы. В частности, он выполняет промежуточную функцию депонирования углерода, сохраняя накопленный в процессе роста насаждения и частично превращая его в органику почвы. Тем самым продлевается срок нахождения углерода в

связанном состоянии в древесной биомассе насаждения. Именно поэтому детрит является важным компонентом лесной экосистемы, играющим значительную роль в условиях глобального изменения климата.

Цель данной работы – изучить роль древесного детрита в круговороте углерода в сосняках Среднего Заволжья России. Исследования охватывают насаждения разных классов бонитета и типов леса на территории республик Марий Эл и Татарстан, Кировской и Нижегородской областей.

Сосновые леса Среднего Заволжья расположены по левому берегу Средней Волги, в восточной части Русской равнины [5]. Здесь располагаются Волжско-Керженская, Приветлужская и Марийская низинные равнины, которые восточнее постепенно переходят в более приподнятые равнины и возвышенности (Галичско-Чухломская возвышенность, Северный, Вятско-Марийский и Вятско-Камский увалы). На данной территории проходит граница средней и южной тайги, выделяются зоны смешанных, широколиственных лесов и лесостепи.

Пробные площади были заложены в сосняках I, II, III классов бонитета естественного происхождения согласно существующим в России лесоустроительным нормативам [4]. На пробной площади у каждого экземпляра

* Исследование поддерживается грантом INTAS Европейского Союза YSF 00–7.

валежника, сухостоя и пня диаметром более 10 см и длиной более 1 м измеряли длину и диаметр, определяли класс разложения [10]. Массу древесного детрита вычисляли умножением объема мортмассы на среднюю плотность ствола каждого из четырех классов разложения. Общую органическую массу переводили в углеродный запас с учетом того, что в детрите углерода содержится 51% от общей массы [12].

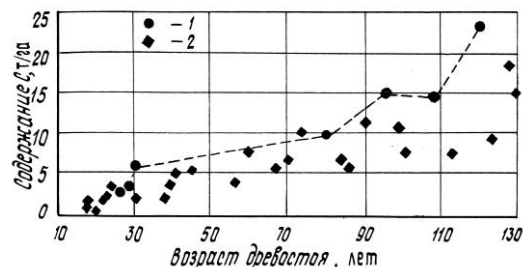
Для определения класса разложения и плотности древесины на каждой пробной площади детально изучали три-пять стволов древесного детрита. Из стволов выпиливали от трех до четырех секций. Из каждой секции вырезали сектор древесины массой 100 ... 150 г и взвешивали на месте при помощи чашечных весов с точностью до десятых долей грамма. Экспериментальную плотность отобранных образцов вычисляли как отношение сухой массы секции к объему последней в свежем состоянии (табл. 1).

Таблица 1

**Классы разложения древесного детрита
сосновых насаждений Среднего Заволжья**

Класс разложения	Плотность, т/м ³	Число образцов
1	0,245±0,053	28
2	0,196±0,049	26
3	0,131±0,068	24
4	0,084±0,098	15

Рис. 1. Содержание углерода в древесном детрите на пробных площадях: 1 – данные для Кировской области; 2 – данные других пробных площадей



Объем стволов валежника, сухостоя и пней определяли по объемным таблицам [6] и пересчитывали по полученным классам разложения и плотности в органический углерод. Таким образом находили содержание углерода в древесном детрите на всех заложенных пробных площадях.

В общей сложности исследованы 32 пробные площади на территории республик Марий Эл и Татарстан, Кировской и Нижегородской областей в сосняках брусничниковом, майниково-брусничниковом, разнотравно-брусничниковом, черничниковом (A_1 и A_2). Насаждения (табл. 2) представляют целый естественный ряд развития (возраст от 20 до 125 лет).

Таблица 2

Таксационные данные и запас древесного детрита на пробных площадях

Возраст, лет	Число пробных площадей	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Сумма площадей сечений, м ²	Запас живой древесины, м ³ /га	Запас детрита, м ³ /га	Содержание С, т/га	
							в древесном детрите	в биомассе растущего древостоя*
20...28	8	6,4...13,1	6,3...12,8	12,6...26,4	64...146	2...14	0,5...3,6	14
30...45	6	11,6...16,3	11,4...17,6	24,6...33,4	138...242	9...31	1,8...6,1	36
56...78	7	19,9...31,6	17,7...26,6	33,6...42,6	263...451	22...55	4,4...10,8	62
82...98	6	26,4...35,2	18,8...27,2	34,6...44,3	320...524	48...120	6,3...15,8	88
104...125	5	28,4...36,8	20,2...28,9	36,4...46,9	330...590	65...218	8,6...24,5	92

* Ствол и крона сосновых древостоев II класса бонитета [3].

Запасы древесного детрита на пробных площадях варьируют от 8 м³/га в молодняках до 21 в средневозрастных, 88 в спелых и 166 м³/га в перестойных древостоях; содержание углерода в детрите от 2 до 4, 11,5 и 16,6 т/га соответственно. В пределах каждой группы возраста наблюдается высокая вариация значений древесного детрита, особенно в припевающихся и спелых насаждениях (табл. 2, рис 1.)

На рис. 2 представлена диаграмма, иллюстрирующая динамику углерода в сосновых насаждениях Среднего Заволжья. Как видим, максимальное соотношение углерода древесного детрита и биомассы растущего древостоя, равное 18 %, наблюдается в молодых и перестойных насаждениях. Это объясняется высоким изреживанием молодняков и значительным отпадом в перестойных насаждениях.

По среднему содержанию углерода в древесном детрите на 1 га для каждого класса возраста оценивали его общий запас в сосновых насаждениях Среднего Заволжья. Он составил 18,5 млн т.

Значительные колебания биомассы древесного детрита объясняются несколькими причинами. Пробные площади закладывали в насаждениях разных типов леса и условий местопроизрастания. Практически во всех древостоях проведены разные рубки: от осветления до проходных. Встречаются насаждения, пораженные различными заболеваниями и вредителями

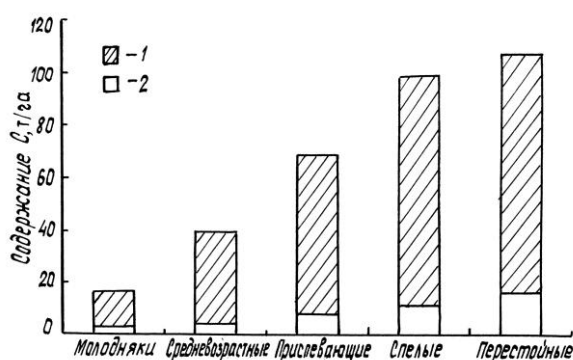


Рис. 2. Динамика углерода в живой биомассе сосновых насаждений (1) и древесном детрите (2)

(корневая губка, майский хрущ). Уровень ведения хозяйства в республиках Марий Эл и Татарстане и на территории Кировской и Нижегородской областей неодинаков. Отпад является достаточно стохастическим процессом.

На долю сосняков Кировской области приходится больше древесного детрита, чем в других республиках и областях, что связано с большей захламленностью лесов (см. рис. 1). Это особенно хорошо прослеживается по мере удаления от крупнонаселенных пунктов и в лесах таежной зоны. В них практически не проводятся мероприятия по уходу за лесами, поэтому в отдельных местах образуются целые свалки древесного детрита.

Древесный детрит практически не учитывался во многих предыдущих исследованиях по оценке депонирования органического углерода лесными экосистемами. Его влияние на общий баланс углерода лесного насаждения считалось несущественным. Интерес к древесному детриту появился с первыми попытками оценки углеродного цикла лесных экосистем России и их роли в глобальном потеплении [1, 2, 8, 11]. В этих работах впервые систематизирована методика исследования древесного детрита в полевых условиях и обработка его в лаборатории. Поэтому полученные результаты, безусловно, представляют огромный научный и практический интерес.

Наши данные, полученные для сосновых лесов региона Среднего Заволжья России, в целом соответствуют данным других авторов. В наших расчетах для спелых и перестойных насаждений содержание углерода в древесном детрите составляет 6 ... 24 т/га. В ненарушенных сухих тропических

лесах эти запасы достигают 9 ... 21 [8], во влажных тропических – 2 ... 25 [9], в широколиственных – 15 ... 25 [7, 8], в хвойных (сосновых) 4 ... 21 т/га [8]. Варьирование приведенных значений можно объяснить различием типов леса, климата, продуктивности насаждений и уровня ведения лесного хозяйства.

Скорость разложения отмерших деревьев зависит от типа леса. В сосняках брусничных (сухой бор) древесный детрит сохраняется дольше, чем во влажном черничнике или сфагновом. Это видно по модельным деревьям, срубленным на исследуемых пробных площадях в 1990 г. для изучения хода роста и фитомассы крон сосняков брусничных и черничных [3]. Стволы этих деревьев были распилены на двухметровые сортименты и оставлены за пределами пробных площадей. Повторный анализ в 1998 г. показал, что древесина прекрасно сохранилась, ее плотность не соответствует даже первому классу разложения. Те же модели в сосняках черничных в более увлажненных местах можно было отнести к первому классу.

Скорость разложения древесного детрита различна в пределах самой пробной площади. В микропонижениях отмершие деревья разлагаются быстрее.

Исследования показали, что на разложение детрита влияет также его расположение под пологом древостоя. На относительно открытом участке, где происходят резкие перепады температуры в результате нагревания солнцем и медленного охлаждения в ночное время, процессы деструкции древесины ускоряются.

Проведенные исследования свидетельствуют о значительной концентрации органического углерода в отпаде сосновых насаждений. Поэтому полученные результаты будут способствовать дальнейшей общей оценке участия лесного сектора Среднего Заволжья России в глобальном углеродном цикле.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Исаев А.С., Коровин Г.Н.* и др. Экологические проблемы поглощения углекислого газа посредством лесовосстановления и лесоразведения в России. – М.: Центр экологич. политики России, 1995. – 155 с.
2. *Кобак К.И.* Биотические компоненты углеродного цикла. – Л.: Гидрометеоиздат, 1988. – 248 с.
3. *Курбанов Э.А.* Закономерности роста, накопления фитомассы крон и возрасты спелости в сосняках марийского лесного Заволжья: Дис. ... канд. с.-х. наук. – Йошкар-Ола, 1994. – 133 с.
4. ОСТ 56-69-83. Площади пробные лесоустroительные. Метод закладки.
5. *Ступишин А.В.* Физико-географическое районирование Среднего Поволжья. – Казань.: Изд-во КГУ, 1964. – 198 с.
6. *Третьяков Н.В., Горский П.В., Самойлович Г.Г.* Справочник таксатора. – Л.: Гослесбумиздат, 1952. – 854 с.
7. *Gore J.A, Patterson W.* Mass of downed wood in northern hardwood forests in New Hampshire: potential effects in forest management // Can. J. Forest Resources. – 1986. – 16. – P. 335–339.

8. *Harmon M.E.* et. al. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems / M.E. Harmon, J.F. Franklin, F.J. Swanson et al. // *Advances in ecological Research.* – 1986. – 15. – P. 133–302.

9. *Kauffman J.B., Uhl C., Cummings D.L.* // *Oikos.* – 1988. – 53. – P. 167–175.

10. *Krankina O.N., Harmon M.E.* Dynamics of the dead woods carbon pool in northwestern Russian boreal forests // *Water, Air and Soil Pollution.* – 1995. – 82. – P. 227–238.

11. *Krankina O.N., Harmon M.E., Winjum J.* Carbon storage and sequestration in the Russian forest sector // *Ambio.* – 1996. – 25. – P. 284–288.

12. *Sollins P.* a. o. Patterns of log decay in old-growth Douglas-fir forests / P. Sollins, S.P. Cline, T. Verhoven // *Can. J. For. Resources.* – 1987. – 171. – P. 1585–1595.

Марийский государственный
технический университет

Орегонский государственный
университет

Поступила 18.06.99

E.A. Kurbanov, O. N. Krankina

Wood Detritus in Pine Stands of Middle Volga Area

Wood detritus in the pine stands of natural origin has been estimated. The decay classes are specified and dynamics of its accumulation is revealed.

УДК 630*

И.К. Савин, О.И. Гаврилова

Савин Игорь Константинович родился в 1954 г., окончил в 1977 г. Ленинградский политехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой промышленной теплотехники и энергосбережения Петрозаводского государственного университета, академик Международной академии холода. Имеет более 120 печатных работ по изучению механизма и закономерностей воздействия электрического поля на процессы фазовых переходов, разработке новых систем охлаждения и термостабилизации, использованию древесных отходов в энергетике.



Гаврилова Ольга Ивановна родилась в 1957 г., окончила в 1979 г. Петрозаводский государственный университет, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесного хозяйства ПГУ. Имеет 16 печатных работ в области выращивания посадочного материала и исследования лесных культур.

**АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИИ О МОДЕЛЬНЫХ ЛЕСАХ**

Приведены результаты статистических исследований научно-технических публикаций по проблемам модельных лесов. Выявлены основные тенденции развития, определены приоритетные направления исследований, намечены пути развития модельных лесов в России и Карелии.

проблемы модельных лесов, направление исследований, публикации.

Согласно резолюции Международного семинара «Перспективы развития национальной сети модельных лесов РФ» (г. Хабаровск, 26-28 мая 1998 г.) модельный лес – это действующая модель устойчивого развития лесной территории на основе добровольного партнерства на принципах многоцелевого неистощительного лесопользования и экологизированного управления лесами, включая использование и переработку древесных и недеревесных ресурсов, развитие соответствующих экономических структур с учетом интересов местного населения и коренных народов. В перспективе национальная сеть модельных лесов должна привести к созданию нового механизма сотрудничества и выработке общего понимания устойчивого управления лесами на локальном, региональном и национальном уровнях с учетом экономических, экологических, социальных и культурных ценностей лесных экосистем.

В российском лесоводстве, история которого насчитывает более 200 лет, имеются такие понятия, как нормальный, эталонный, модальный лес. В зарубежных исследованиях и практике используется понятие модельного леса. В настоящее время создана международная сеть модельных лесов (International Model Forest Network (IMFN) http://www.idrc.ca/imfn/temp/index_e.html), членом которой является и Россия.

С 1997 г. на территории Пряжинского лесхоза Республики Карелии началась работа по международному проекту «Гайга – модельный лес». Цель проекта – изучить экологические, экономические и социальные вопросы ведения лесного хозяйства, удовлетворяющего требованиям устойчивого лесопользования. Спонсорами проекта являются Министерство сельского и лесного хозяйства Финляндии, АО «ЭНСО», Экологическая программа ООН–UNEP, Всемирный фонд дикой природы – WWF. Основные исполнители – университеты г. Петрозаводска и Йюенсуу (Финляндия) и Институт леса Карельского НЦ РАН.

Анализ состояния вопроса по информации из других стран показывает огромный интерес к этой проблеме. Начиная с 1968 г. выявлена 26581 научная публикация по проблемам модельных лесов.

Нами проведен анализ электронных баз данных библиотек различных стран по большинству специализированных научных журналов, трудов конференций, книг и других источников.

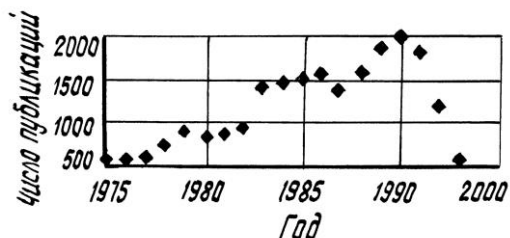
Число публикаций может быть показателем проявления интереса к той или иной проблеме, особенно при обширной базе данных, предоставляемой возможностями электронных баз данных с привлечением базы данных библиотек различных стран. Проверка способа оценки важности проблемы по количеству публикаций показала объективность предлагаемой методики. Так, соотношение публикаций по проблемам рубок и искусственного восстановления в таежной зоне лесов всех стран составило 3:1, что примерно равно этим нормативам в России. Число публикаций по Республике Карелии, равное 4 ... 7 % от числа публикаций по России, показывает примерное соотношение площадей их лесов. Публикации о роли древесной биомассы в энергетике различных стран составляют 10 ... 15 % от общего количества по проблемам энергетике и удовлетворительно отражают реальное состояние.

Сбор и анализ данных осложняются тем, что в одной публикации обсуждается несколько проблем. Однако при правильном подходе и оперировании большим массивом данных эти негативные моменты нивелируются. Таким образом, число публикаций может быть критерием, позволяющим оценить развитие рассматриваемой проблемы и ее важность для всего комплекса.

Анализ базы данных показал, что исследования в модельных лесах наиболее интенсивно развивались за последние 20 лет (22673 публикации из 26581). Не умаляя статистики и важности исследований в 60–70-е гг., анализ тенденций развития модельных лесов и их проблем мы провели за период с 1980 г. по 1999 г.

Выявлен непрерывный рост интереса к данной проблеме (рис. 1), однако наблюдается некоторая периодичность (в 5-7 лет) его возрастания и спада. Это, по-видимому, связано с социальными, экологическими и экономическими изменениями в мире. Так, первый подъем был в 1982–1983 гг., когда в ряде стран снижались объемы производства, что связано с экономическими аспектами.

Рис. 1. Общее число публикаций по проблемам модельных лесов



Второй всплеск интереса произошел в 1987–1988 гг., что, вероятнее всего, обусловлено вниманием к экологическим проблемам после аварии на Чернобыльской АЭС. Безусловно, существует некоторая инерция реакции числа публикаций на те или иные изменения в мире. По нашим наблюдениям, запаздывание может составлять 2 ... 4 года. Это время необходимо для осмысления проблемы, ее проработки, подготовки материалов к публикации и их издания. Уменьшение числа публикаций после 1997 г., видимо, вызвано несвоевременным поступлением материалов в библиотеки мира и увеличением числа публикаций в сети Интернет, которые пока не учитывают в библиотечных базах данных. Аналогичная зависимость наблюдается и при рассмотрении других проблем, поэтому снижение числа публикаций в последние 2-3 года не связывается нами с падением интереса к модельным лесам.

Наибольшее освещение проблема модельных лесов получила в США (рис. 2), Канаде, Норвегии, Швеции – странах, имеющих большие лесные площади и традиционно развитые лесные науки. Страны с тропическими лесами пока не закладывают модельных лесов.

России предстоит много сделать, если мы хотим сохранить свои лесные богатства и определенный уровень исследований в лесных науках. Практическое и теоретическое изучение лесов имеет у нас давнюю историю. Опыты по лесовосстановлению, к примеру в лесах нынешних Московской, Ленинградской, Тульской, Орловской и других областей, заложенные 180 ... 200 лет назад, просто уникальны. Их ценность – в постоянных наблюдениях за ходом роста древостоев. В карельских лесах северной и средней тайги такие пробные площади имеют Институт леса КНЦ РАН и ЛОС СПбНИИЛХа. К сожалению, многие опытные площади в течение последних нескольких лет не изучались из-за недостаточного финансирования.

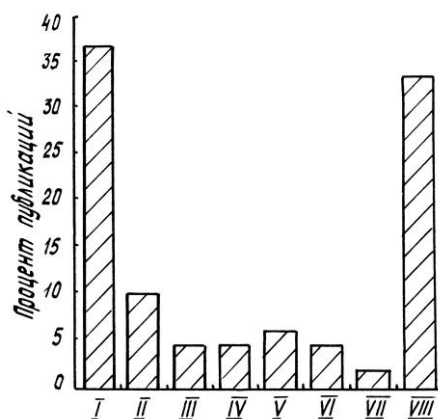


Рис. 2. Интерес к модельным лесам в мире: I – США; II – Канада; III – Норвегия; IV – Швеция; V – Великобритания; VI – Финляндия; VII – Россия; VIII – остальные страны

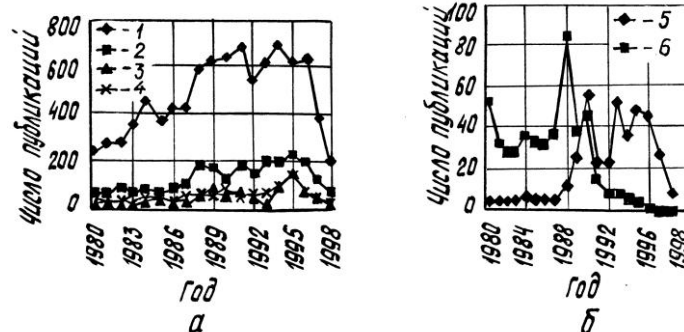


Рис. 3. Интерес к модельным лесам: *а* – в разных странах; *б* – в России и СССР: 1 – США; 2 – Канада; 3 – Норвегия; 4 – Швеция; 5 – Россия; 6 – СССР

Пробные площади лесов России до сих пор не входят в категорию модельных лесов. В настоящее время к модельным относится только около 400 тыс.га, или 0,03 % территории, занятой лесом (в Карелии соответственно 2,46 тыс.га, или 0,03 %). В то же время в Канаде модельные леса занимают около 2,5 млн га, или около 1 % площади лесов, отсюда ее успехи и роль в исследовании и развитии лесного комплекса.

Возрастающий интерес к проблеме подтверждается динамикой научных работ по проблемам создания и исследований экспериментального и модельного леса (рис. 3). Изменение числа публикаций в СССР и России, точно отражает, по нашему мнению, социальные и политические события (распад СССР) и подтверждает объективность методики.

Модельные леса создаются для выявления наиболее благоприятных условий восстановления и роста хвойных лесов (сосна и ель), в отдельных случаях уделяется внимание проблемам роста березы, осины и тополя, практически не изучаются другие породы (рис. 4). Преобладание интереса к хвойным породам связано с большим объемом их потребления промышленностью, длительным периодом выращивания и сложностями лесовосстановления.

За последние 15 ... 20 лет появился незначительный интерес к быстрорастущим тополям и ивам в модельных лесах. По-видимому, это объясняется отсутствием больших естественных площадей, занятых этими породами, нешироким промышленным использованием и прекрасной корнеотпрысковой способностью тополей и ив, что, с одной стороны, облегчает процесс

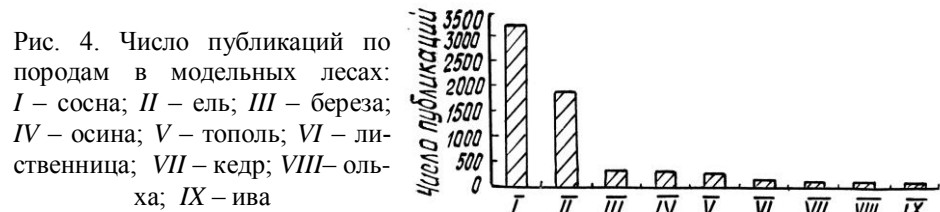


Рис. 4. Число публикаций по породам в модельных лесах: I – сосна; II – ель; III – береза; IV – осина; V – тополь; VI – лиственница; VII – кедр; VIII – ольха; IX – ива

их восстановления, а с другой – вызывает появление неустойчивого к гнилям вегетативного потомства.

Вырубаемые площади лесосек хвойных пород зарастают лиственными. Так, соотношение запасов хвойных и лиственных пород по Карелии в 50-е гг. составляло 38,6; к началу 80-х гг. – 13,7, в настоящее время стабилизировалось на цифре 8,0 (данные Госкомлеса Республики Карелии). С момента промышленного использования лесов прослеживается тенденция к уменьшению запасов сосны и ели и, с некоторым отставанием, возрастание запасов лиственных. С конца 70-х гг. эти показатели стабилизировались.

Если предположить, что для Карелии характерны те же проблемы, что и для всего мира, то следует предпринять более решительные шаги в изучении вопросов восстановления хвойных лесов, чтобы изменить тенденцию их развития в сторону роста.

Большинство стран мира отдают предпочтение изучению разных видов сосны и ели на территории модельных лесов, уделяя существенно меньшее внимание березе и прочим породам (рис. 5). В Норвегии и Великобритании преимущественно исследуются модельные леса ели. Так, в Норвегии публикаций по выращиванию этой породы в 3,5 раза больше, чем по всем другим породам. В США максимум публикаций приходится на изучение проблем роста сосны (в 2,5 раза больше, чем остальным породам). Много публикаций посвящено модельным лесам длиннохвойных сосен, которые являются коренными для страны. В других странах также изучают в основном естественно произрастающие виды и в очень малой степени интродуцируемые.

Исследована динамика числа публикаций по породам (рис. 6), как и в случае общего количества работ (см. рис. 1). Здесь также имеется некоторая периодичность проявления интереса, характерная для всех пород.

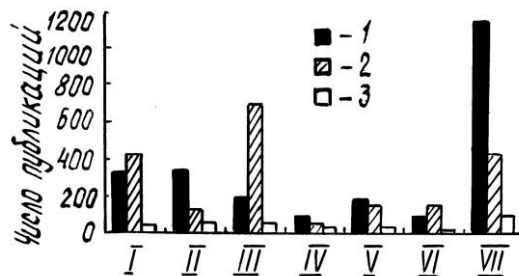


Рис. 5. Число публикаций по странам и основным породам: I – Канада; II – Финляндия; III – Норвегия; IV – Россия; V – Швеция; VI – Великобритания; VII – США; 1 – сосна; 2 – ель; 3 – береза

Рис. 6. Интерес к видам древесных пород: 1 – сосна; 2 – ель; 3 – береза

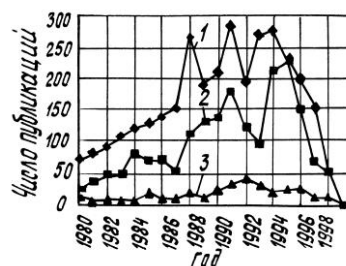
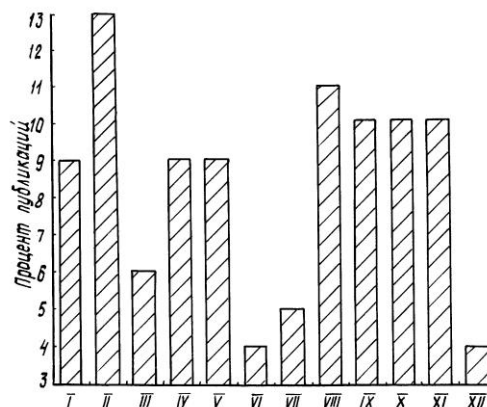


Рис. 7. Основные проблемы, изучаемые в модельных лесах: I – ресурсы; II – рост; III – качество; IV – продуктивность; V – экология; VI – углерод; VII – утилизация; VIII – почвы; IX – техника; X – обучение; XI – виды; XII – энергия



В начале 80-х гг. наблюдалось некоторое повышение интереса к ели, по-видимому, обусловленное появившимися сообщениями о гибели и неизученных повреждениях еловых лесов в экономически развитых регионах. Ель как менее устойчивая к антропогенным воздействиям порода первая отреагировала на содержание опасных веществ в воздухе. Позднее такие повреждения появились у сосны, затем и у лиственных пород, причем не только в экономически развитых регионах. Тенденцию к увеличению числа публикаций по модельным лесам всех пород мы объясняем в большей степени общим ухудшением экологической обстановки на планете, в первую очередь атмосферными загрязнениями и изменением почвенного питания.

Основные проблемы, изучаемые в модельных лесах, на 40 % связаны с изучением вопросов биологии: роста леса, почв, видов растительности. Проблемы техники и технологии составляют почти 20 %, так же как вопросы экологии, утилизации отходов и углеродного баланса; образование и обучение – 10 % от общего количества публикаций (рис. 7).

За последние 20 лет наблюдается стабильный рост числа публикаций по проблемам экологии, почвенного питания, продуктивности, энергетических лесов. Появились новые, еще недавно не стоявшие остро перед учеными, проблемы: воздействия загрязнителей, радиоактивных веществ на лес, сертификации лесов, получения энергии из экологически безопасных источников (рис. 8).

Тенденция возрастания интереса к основным проблемам (рис. 8) и модельным лесам в целом (см. рис. 1), очевидно, связана с повышением роли лесного комплекса в хозяйственной деятельности человечества, возрастанием проблем лесовосстановления, заготовки, переработки и использования продуктов леса и других, например экологических, образования, но-

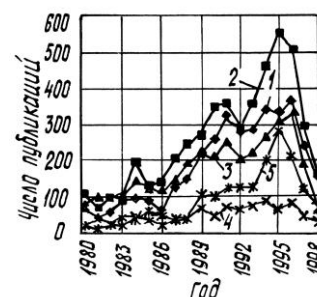


Рис. 8. Интерес к основным проблемам модельных лесов: 1 – экология; 2 – почвы; 3 – продуктивность; 4 – энергия; 5 – загрязнители

вых технологий и техники. Все это заставляет увеличивать площади модельных лесов, что приводит к росту исследований и, как следствие, увеличению числа публикаций.

Выполненный анализ информации позволяет сделать следующие выводы.

1. Количество научных публикаций объективно отражает состояние рассматриваемой проблемы.

2. В мире наблюдается возрастание интереса к решению проблем леса в рамках модельных лесов.

3. Модельными лесами занимаются страны с развитой лесной индустрией; России необходимо существенно активизировать работу по закладке модельных лесов. При этом следует учитывать актуальность, динамику решения проблем не только конкретного региона, но и в мире.

4. Модельные леса закладываются в типах условий местообитания, наиболее характерных для изучаемого региона, а также преимущественно для коренных пород.

5. Наибольшее внимание (около 80 %) в исследованиях уделяется сосне и ели, при этом наблюдается непрерывный рост интереса к проблеме видов древесной растительности.

6. Общее увеличение числа публикаций по проблемам модельных лесов связано с ухудшением экологической обстановки на планете, а именно с изменением почвенного питания и атмосферными загрязнениями.

7. Для Карелии характерно снижение запасов хвойных и возрастание запасов лиственных лесов, что заставляет решать проблемы восстановления хвойных на уровне модельных лесов.

8. Проблемы модельных лесов в первую очередь изучают для естественно произрастающих в регионе видов и в очень малых количествах – интродуцируемых.

9. Основные группы изучаемых проблем связаны с биологией роста (40 %), техникой и технологией (20 %), экологией (20 %), управлением и образованием (10 %).

Авторы выражают благодарность сотрудникам Department of Silviculture Swedish University of Agricultural Sciences (Umea) за предоставленную возможность воспользоваться библиотечной базой данных. Исследования выполнены при финансовой поддержке проекта 1998/2000 TEMPUS TACIS European Project. Development of the Environmental and Economic Studies of Forest Engineering Education at Petrozavodsk State University.

Петрозаводский государственный университет

Поступила 22.06.99

I.K. Savin, O.I. Gavrilova

Analysis of Model Forests Information

The results of statistical studies of scientific-research publications related to model forests problems are given. The main tendencies of the are revealed, the priority research areas are identified, the ways of model forests development in Russia and Karelia are envisaged.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 625

С.И. Морозов, В.С. Морозов

Морозов Станислав Иванович родился в 1929 г., окончил в 1952 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической механики Архангельского государственного технического университета, член-корреспондент РИА, заслуженный деятель науки и техники РФ. Имеет около 140 печатных работ в области изучения устойчивости температурно-напряженного рельсового пути, закрепления его от угона рельсов, удара тел, применения ЭВМ при решении задач механики.



Морозов Владимир Станиславович родился в 1955 г., окончил в 1978 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры строительной механики и сопротивления материалов Архангельского государственного технического университета. Имеет более 40 печатных работ в области строительства и эксплуатации зимних лесовозных дорог.



ТРАНСПОРТНОЕ ОСВОЕНИЕ ТЕРРИТОРИИ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ НА БАЗЕ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ

Выполнен анализ транспортной инфраструктуры Архангельской области. Высказаны предложения по использованию трасс лесовозных автомобильных дорог и УЖД для включения в сеть автомобильных дорог общего пользования области.

Архангельская область, районы, коэффициент транспортного освоения, лесовозные дороги.

Площадь материковой части Архангельской области (без Ненецкого автономного округа и островов) составляет 308,26 тыс. км². Леса занимают примерно 65 % этой территории.

Низкая плотность населения (2,6 человека на 1 км²), суровый климат и плохая транспортная сеть сдерживают экономическое развитие области, препятствуют нормальной деятельности промышленных и сельскохозяйственных предприятий, увеличивают трудозатраты на освоение месторождений полезных ископаемых, затрудняют развитие бытовых, хозяйственных и культурных связей между отдельными населенными пунктами и регионами.

Освоение лесных массивов, а также месторождений органических и минеральных полезных ископаемых требует развитой транспортной инфраструктуры области. Строительство современных дорог связано с большими капитальными вложениями, что в настоящее время проблематично. Необходимо поэтому изыскивать различные способы снижения стоимости строительства. Одним из них является использование существующих трасс лесовозных и других дорог промышленного назначения.

Протяженность всех типов транспортных путей области составляет около 73,5 тыс. км. Это автомобильные дороги федерального, областного и районного назначения – 3,6 тыс. км; железные дороги широкой колеи – 2,6; лесовозные автомобильные дороги и УЖД – 19,3; автомобильные местного назначения – 2,6; грунтовые – 6,1; зимние сезонные – 35,8, ведомственные автомобильные дороги и УЖД – 3,5 тыс. км

Показатели транспортного освоения территории области и районов области даны в табл. 1. На рис. 1 приведена гистограмма, характеризующая КТ всех дорог по районам области (нумерация районов – по табл. 1).

Таблица 1

Район	Площадь территории, км ²	Все типы дорог области		Все типы автомобильных дорог		Автодороги общего пользования		Сезонные зимние дороги (кроме лесовозных)	
		Длина, км	КТ	Длина, км	КТ	Длина, км	КТ	Длина, км	КТ
1. Приморский	22 670	3750,8	0,165	1138	0,0502	827,4	0,0365	1922,4	0,0848
2. Мезенский	34 820	2307,4	0,066	261,2	0,0075	198,5	0,0057	2047,4	0,0588
3. Онежский	24 730	4251,0	0,172	1335,4	0,0540	556,4	0,0225	2265,3	0,0916
4. Холмогорский	18 420	5262,5	0,286	1972,8	0,1071	910,0	0,0495	2746,4	0,1491
5. Пинежский	32 920	5198,3	0,158	1757,9	0,0534	773,6	0,0235	2956,2	0,0898
6. Лешуконский	27 980	2593,2	0,093	629,5	0,0225	492,4	0,0176	1941,8	0,0694
7. Плесецкий	26 350	7879,2	0,299	2031,6	0,0771	1080,4	0,0410	4540,1	0,1723
8. Виноградовский	9 090	4504,0	0,495	1332,6	0,1466	560,0	0,0616	2743,4	0,3018
9. Верхнетоемский	21 710	2575,6	0,119	1715,1	0,0790	712,1	0,0328	1563,1	0,0720
10. Каргопольский	10 110	2876,2	0,284	1048,4	0,1037	610,6	0,0604	1535,7	0,1519
11. Няндомский	8 100	5015,5	0,619	878,9	0,1085	416,6	0,0518	1414,3	0,1746
12. Шенкурский	11 700	4146,5	0,354	2154,0	0,1847	432,4	0,0626	1724,6	0,1474
13. Коношский	8 430	4279,8	0,508	1640,4	0,1946	590,1	0,0700	2080,3	0,1778
14. Вельский	9 320	3405,5	0,363	2088,6	0,2241	805,2	0,0864	929,2	0,0997
15. Устьянский	11 560	3847,0	0,333	1583,6	0,1370	573,3	0,0496	1366,4	0,1182
16. Красноборский	9 520	4042,8	0,425	2010,6	0,2120	912,9	0,0958	1551,8	0,1630
17. Ленский	9 020	3239,5	0,359	1130,1	0,1253	435,1	0,0482	1424,2	0,1496
18. Котласский	5 500	2064,0	0,375	832,7	0,1514	579,7	0,1054	826,6	0,1503
19. Вилегодский	6 310	2309,1	0,305	954,6	0,1513	548,9	0,0870	1024,7	0,1624
Итого	308 260	73 547,9	0,304	24 939,9	0,0809	12 015,6	0,0349	36 603,9	0,1360

Примечание. 1. Данные о площади районов взяты из книги «Архангельская область. Административно-территориальное деление». – Архангельск.: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1977. – 194 с. 2. Коэффициентами транспортного освоения КТ для какой-либо территории называют отношения суммы длин дорог (км) к площади территории (км²).

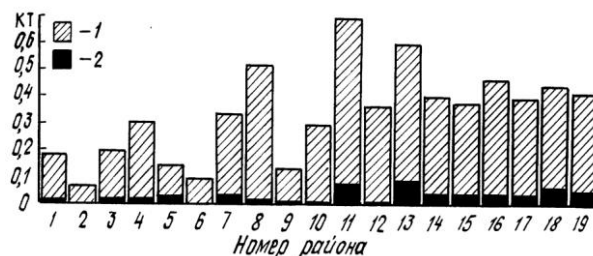


Рис. 1. Гистограмма транспортных коэффициентов для дорог Архангельской области: 1 – автомобильных; 2 – железных

Данные таблицы и рисунка позволяют сделать следующие выводы.

1. Значение КТ для всех дорог области равно 0,304, т. е. достаточно высокое, что соответствует, например, уровню КТ скандинавских стран.

2. Протяженность всех автомобильных дорог области (кроме зимних) различного назначения и подчинения составляет 24,9 тыс. км. Коэффициент транспортного освоения ими равен 0,081. Наибольшее значение КТ по этому показателю (0,224) имеет место для Вельского района; наименьшее (0,0075) – для Мезенского. Таким образом, автомобильные дороги составляют только четвертую часть всех дорог области.

3. Протяженность автомобильных дорог общего пользования по области составляет 12 тыс. км с $КТ = 0,0389$. Это значение близко к аналогичным данным, приведенным в различных литературных и служебных источниках.

По сравнению с другими регионами России (не говоря о развитых западных странах) значение КТ для области является очень низким. Архангельская область по транспортному освоению занимает только 69-е место среди других областей.

4. В последних двух колонках табл. 1 приведены данные о протяженности и коэффициенты транспортного освоения для зимних дорог (кроме лесовозных) различного назначения. Общая длина этих дорог составляет 36,6 тыс. км, коэффициент транспортного освоения территории области – 0,136. В наибольшей степени зимние дороги распространены в Виноградовском, Холмогорском, Плесецком, Няндомском, Каргопольском, Шенкурском, Коношском, Ленском, Котласском и Вилегодском районах; в наименьшей – в Мезенском, Лешуконском и Верхнетоемском.

Зимние дороги обычно прокладывают по поверхности земли, стараясь избежать больших объемов земляных работ, очень часто по болотам. Это делает такие дороги сравнительно дешевыми, что перспективно для устройства дорог сезонного действия.

Однако, в принципе, они не решают проблему транспортного освоения территории области и ее регионов. Необходима развитая сеть автомобильных дорог круглогодичного действия. К ним можно отнести и транспортную сеть дорог для вывозки леса.

Протяженность лесовозных дорог в области составляет примерно 19,3 тыс. км, в том числе УЖД – 4,1, автомобильные – 15,2 тыс. км. Сюда входят также сезонные зимние дороги, которые можно эксплуатировать только в зимний период при соответствующей подготовке проезжей части (проминка, выравнивание поверхности проезжей части, устройство переходов через водотоки, укладка деревянного настила на болотах и заболоченных участках и т. д.).

Протяженность сезонных зимних дорог по области составляет около 36,6 тыс. км (табл. 1), т. е. практически половину всех дорог области (73,5 тыс. км). Следовательно, значение КТ по всем остальным дорогам равно 0,152.

Транспортная сеть развита хуже всего в Мезенском районе, немного лучше в Лешуконском, Пинежском и Верхнетоемском. Транспортный коэффициент изменяется в довольно широком диапазоне (примерно в 10 раз): от 0,066 для Мезенского района до 0,619 для Няндомского (рис. 1.) Высокий показатель КТ имеют также Виноградовский, Коношский, Красноборский и ряд других районов на юге области.

На рис. 2 приведена гистограмма распределения лесовозных дорог по районам области, в табл. 2 – автомобильных лесовозных дорог по типам покрытия.

Рис. 2. Гистограмма транспортных коэффициентов для лесовозных дорог Архангельской области. Обозначения см. на рис. 1

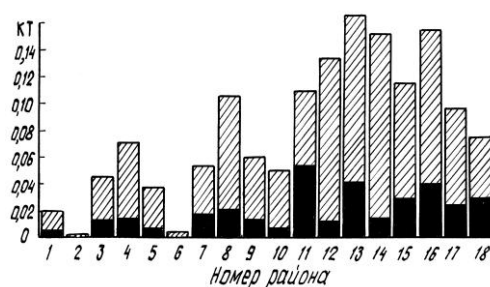


Таблица 2

Тип покрытия	Всего дорог, шт./%	Протяженность, км			Ширина земляного полотна, м
		Всего	В том числе		
			магистрала	ветки	
Гравийное	26/14,7	2468	1189	1279	5...8
Гравийно-лежневое	12/7,3	1237	501	736	4...6
Гравийно-грунтовое	3/1,7	332	160	172	4...6
Лежневое	40/22,6	3638	1447	2191	<4
Грунтовое	11/6,2	1110	378	732	4...6
Грунтово-лежневое	7/4,0	455	281	174	<4
Железобетонное	16/9,0	1894	934	960	5...8
Снежное	62/34,5	4006	2065	1941	<4
Итого	177	15 140	6955	8185	-

Данные таблицы показывают, что только гравийные дороги можно в определенной степени отнести к дорогам условно круглогодочного действия. Все остальные являются частично круглогодочными или сезонными.

Грунтовые дороги нельзя использовать в весенне-осенний период распутицы; лежневые и другие колейные дороги трудно использовать зимой ввиду небольшой поперечной устойчивости автомобильного транспорта при движении их по снежному или обледенелому покрытию.

Большинство автомобильных лесовозных дорог имеют достаточную ширину земляного полотна (от 4 до 8 м), и вопрос о необходимости его расширения необходимо решать в индивидуальном порядке.

Таким образом, лесовозные автомобильные дороги, а также трассы лесовозных УЖД могут быть использованы для включения в сеть автомобильных дорог общего пользования области при условии предварительной реконструкции и приведения их состояния к требованиям нормативов. Это позволит не менее чем на треть уменьшить дорожные затраты за счет снижения капитальных вложений на строительство земляного полотна.

Использование трасс существующих дорог лесопромышленного назначения окажет большое влияние на оздоровление экологической обстановки в области за счет сокращения вырубке леса при прокладке просек и отчуждения земель под строительство, уменьшения объемов земляных работ, использования существующих сооружений (трубы, мосты) и снижения отрицательного влияния дорожно-строительной техники на окружающую среду и биогеоценоз.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 02.03.2000 г.

S.I. Morozov, V.S. Morozov

Transport Reclamation of the Territory of the Arkhangelsk Region based on the Wood Tracks

The analysis of the transport infrastructure of the Arkhangelsk region is carried out and proposals are formulated in relation to the use of forest tracks and narrow-gage railroad to be included into the general highway network of the region.

УДК 625.711.84:625.85

Ф. А. Павлов, Т. В. Челышева

Павлов Фридрих Алексеевич родился в 1934 г., окончил в 1957 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, старший научный сотрудник по специальности «Автомобильные дороги», профессор кафедры промышленного транспорта Архангельского государственного технического университета, член-корреспондент РАЕН, изобретатель СССР. Имеет более 80 печатных работ по проблемам создания эффективной лесотранспортной сети, ленточных дорожных покрытий.



Челышева Татьяна Валерьевна родилась в 1974 г., окончила в 1996 г. Архангельский государственный технический университет, старший преподаватель кафедры промышленного транспорта АГТУ. Имеет 5 печатных работ в области исследования процесса пылеобразования на гравийных (щебеночных) дорогах.



**ВЛИЯНИЕ КАСАТЕЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ
НА ГЛУБИНУ ОБРАБОТКИ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ
ПРИ ОБЕСПЫЛИВАНИИ**

На основе теории упругости выполнен анализ касательных напряжений в верхнем слое дорожной одежды. Их максимальные значения позволяют установить толщину пылящего слоя, требующего укрепления.

нагрузка, касательное напряжение, упругость, толщина, обеспыливание, покрытие, укрепление, интегрирование, напряженно-деформированное состояние, реагент.

В зоне контакта колеса автомобиля с покрытием дороги, помимо нормальных, возникают и касательные нагрузки от крутящего и тормозного моментов, а также от боковых сил, действующих на автомобиль. Касательные нагрузки не учитываются существующими методами расчета дорожной одежды на прочность, в то время как на поверхности дороги они могут приближаться к нагрузкам от веса автомобиля [1], вызывая деформации сдвига в верхних слоях дорожной одежды.

Под влиянием напряжений, возникающих в грунтовом массиве при действии внешних нагрузок, преодолеваются связи в точках контакта, между отдельными частицами и структурными агрегатами, и последние пере-

мещаются в новое, более устойчивое положение. Нормальные напряжения вызывают уплотнение грунта и прижатие его частиц и структурных агрегатов друг к другу, в результате повышается сопротивление грунта сдвигу и его внутренняя связность. Под действием касательных напряжений частицы грунта сдвигаются относительно друг друга. Это происходит, когда преодолеваются удерживающие силы в точках контакта.

Из-за продольных и поперечных колебаний автомобилей давление от колес на покрытие то возрастает, то уменьшается. В момент разгрузки колес тяговое усилие может быть выше сил сцепления колес с покрытием и возникает кратковременное пробуксовывание.

Колебания дорожной одежды вызывают циклическое сжатие и растяжение материала покрытия. Это приводит к возникновению разности давления воздуха в порах. В результате мелкие частицы, полученные при износе покрытия, постепенно выталкиваются из его толщи. Этому способствуют и глинистые тонкодисперсные частицы, расположенные между отдельными твердыми зёрнами. Превращаясь во влажную пластичную массу, они работают как смазка, облегчая перемещение зёрен к поверхности.

Износ покрытия можно предотвратить устройством защитного слоя, полученного обработкой поверхности покрытия обеспыливающим реагентом (ОР). Для определения максимальной толщины розлива ОР рассчитывали касательные и нормальные напряжения в грунтовой массе.

Совместное действие касательных и нормальных нагрузок на покрытие дороги можно исследовать с помощью теории упругости, на основе которой в настоящее время построен практический метод расчета дорожных одежд. В сухой период грунт приобретает упругие свойства, и его можно рассматривать как упругое слоистое полупространство.

Для машинного счета наиболее удобно применять методику расчета, предложенную Р.М. Раппопорт [2] и развитую в работах К.К. Туровой [3]. Согласно ей компоненты напряженного состояния слоистого основания могут быть записаны в следующем виде:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{z_i} &= \frac{1}{H^3} \int_0^{\infty} F_1(\alpha, \eta, \mu_i, E_i) J_0(\alpha \rho) d\alpha; \\ \tau_{z_i} &= \frac{1}{H^3} \int_0^{\infty} F_2(\alpha, \eta, \mu_i, E_i) J_1(\alpha \rho) d\alpha, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где σ_{z_i}, τ_{z_i} – соответственно сжимающие нормальные и касательные напряжения в i -м слое;

z_i – глубина от поверхности покрытия;

H – общая толщина дорожной одежды;

F_1, F_2 – функции, зависящие от модуля упругости E_i , коэффициента

Пуассона μ_i , места расположения слоя и безразмерного коэффициента α ;

J_0, J_1 – функции Бесселя первого рода нулевого и первого порядков;

α – параметр интегрирования;

η – коэффициент, зависящий от места расположения слоя,

$\eta = z/H$;

ρ – удельное давление на поверхности, $\rho = b/H$ (b – радиус отпечатка колеса).

Для отыскания функций F_1, F_2 нагрузки на поверхности покрытия представлены интегралами Фурье – Бесселя в виде [2]: нормальная $-\frac{\rho\beta H^3}{\alpha^3} J_1(\alpha\beta)$; касательная $-\frac{t\beta H^3}{\alpha^3} J_2(\alpha\beta)$, где p, t – соответственно нормальная и касательная распределенная нагрузка; $J_2(\alpha\beta)$ – функция Бесселя первого рода второго порядка.

Используем зависимости (1) для расчета реальной гравийной дорожной одежды, расчетная схема которой приведена на рис. 1.

Нормальные нагрузки p и диаметр отпечатка $2b$ соответствуют удельному давлению от заднего колеса автомобиля МАЗ-509 с шиной модели 320×580. Касательные нагрузки t представлены в долях от нормальной, но не более 0,55 МПа.

Двухслойная дорожная одежда, верхний слой которой отсыпан из гравийно-песчаной смеси с модулем упругости 180 МПа, а нижний – из песка среднезернистого с модулем упругости 100 МПа, уложена на земляное полотно из суглинка с модулем упругости $E_1 = 50$ МПа. В расчетах принято: коэффициент Пуассона $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = 0,25$; толщина покрытия $h_n = 15$ см, толщина основания $h_o = 30$ см, общая толщина дорожной одежды $H = 45$ см.

Расчет напряжений по формулам (1) выполнен для схемы, представленной на рис. 1, численным интегрированием по формуле Симпсона в операционной системе Microsoft Excel. Программа для вычисления напряжений составлена на языке Turbo Pascal 5.5. В ходе расчетов получены значения нормальных и касательных напряжений, а также произведен анализ их совместного действия на различной глубине z от поверхности покрытия.

Результаты расчетов приведены на рисунках, анализ которых позволяет установить, как изменяется напряженное состояние дорожной одежды при действии на поверхности касательных нагрузок.

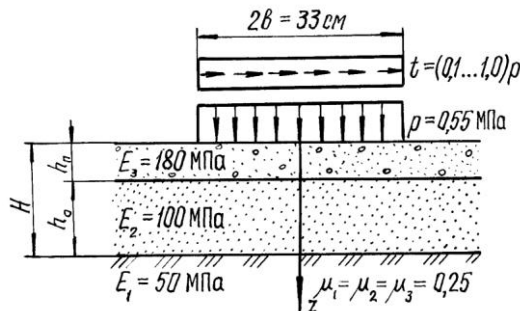


Рис. 1. Расчетная схема

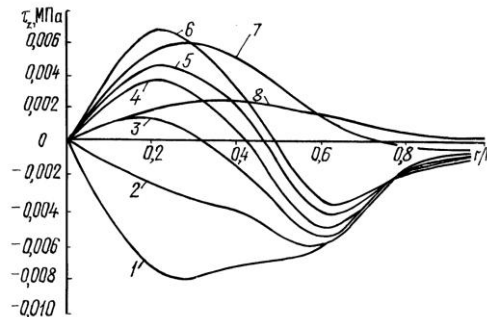


Рис. 2. Распределение касательных напряжений τ_z в зависимости от отношения r/H и глубины z : 1 – 8 – z равно соответственно 5, 6, 7, 8, 9, 10, 20 и 30 см

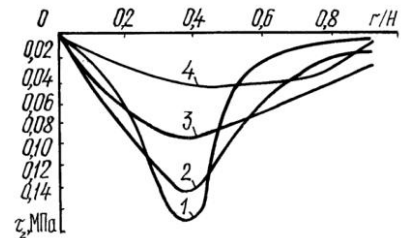


Рис. 3. Распределение касательных напряжений τ_z при совместном действии нормальных и касательных нагрузок: 1 – 4 – z равно 5, 10, 20 и 30 см

График распределения касательных напряжений при действии на поверхность касательных нагрузок величиной 0,11 МПа (при отсутствии вертикальных сжимающих нагрузок) показан на рис. 2.

Максимальные касательные напряжения имеют место в верхнем слое на расстоянии (0,2 ... 0,5) r/H от центра отпечатка (рис. 3).

На глубине более 6 см касательные напряжения возникают прежде всего от действия вертикальных (нормальных) нагрузок. В нашем примере на глубине 30 см касательные напряжения распределяются сравнительно равномерно, не концентрируясь в указанной выше зоне.

Касательные нагрузки влияют на величину касательных напряжений главным образом в верхнем слое дорожной одежды до 6 см (рис. 4), поэтому толщину покрытия (слой износа) необходимо проектировать с их учетом.

Таким образом, нами проанализировано напряженно-деформированное состояние гравийной дорожной одежды при действии на ее поверхность касательных и нормальных нагрузок. Максимальная толщина, на которую следует производить розлив обеспыливающих веществ при укреплении (обеспыливании) покрытия предложенной конструкции дорожной одежды, составляет 6 см.

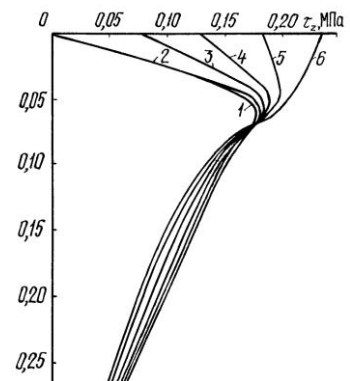


Рис. 4. Распределение τ_z при различной касательной нагрузке на поверхности: 1 – 6 – τ_z равно 0, 0,1р, 0,3р, 0,5р, 0,7р, 0,9р МПа

1. Конструирование и расчет нежестких дорожных одежд / Под ред. Н. Н. Иванова. – М.: Транспорт, 1973. – 243 с.
2. *Pаннопорт Р.М.* Задача Буссинеска для слоистого упругого полупространства // Тр. /ЛПИ. – 1948. – № 5. – С. 19–30.
3. *Туровецов К.К.* К вопросу исследования напряженного и деформированного состояния упругого слоистого полупространства // Науч. тр. / ЛТА. – 1962. – № 94. – С. 87–101.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 10.11.2000 г.

F.A. Pavlov, T.V. Chelysheva

Influence of Tangential Stress on the Depth of Road Pavement under Dedusting

Based on the elasticity theory the analysis of tangential stress has been carried out in the upper layer of the roadbed. Their maximum values allow determining the thickness of the dusting layer to be stabilized.

УДК 630*377:629.114.207

Г.Д. Главацкий, К.В. Романович

ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРУЖЕННОСТИ ОПОРНЫХ КАТКОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ЛЕСНОГО ТРАКТОРА

Обоснована возможность оснащения трелевочного трактора ТТ-4 навесным технологическим оборудованием для выполнения лесопожарных и лесохозяйственных работ.

опорные катки трактора, нагруженность, эксперимент, навесная нагрузка, согласование.

Задачу создания специализированных тракторов для лесного хозяйства с гидрофицированными задней и передней навесными системами в течение ряда лет решали ученые и конструкторы лесной отрасли. Для практической реализации было предложено в качестве энергетической базы использовать трелевочные тракторы ТТ-4. Их гусеничный движитель максимально приспособлен для движения по лесу и послужил базой для создания различной лесозаготовительной техники (валочная машина ВМ-4, валочно-трелевочная машина ВТМ и др.).

Для получения согласия от Алтайского тракторного завода на применение трелевочного трактора ТТ-4 в качестве базы для создания многопрофильного лесного трактора необходимо экспериментально обосновать возможность его оснащения передней и задней навесными системами для навешивания технологического оборудования для выполнения лесопожарных и лесохозяйственных работ.

Исследования проведены ВНИИПОМлесхозом в течение четырех лет. Переоборудование трактора ТТ-4 включало: демонтаж щита и лебедки, разработку, изготовление и монтаж передней и задней гидрофицированных навесных систем. Для передней навесной системы был разработан и изготовлен клин КРП-2,5А массой 870 кг для расчистки и минерализации почвы. Сзади навешивали серийный плуг ПЛШ-1,2 массой 650 кг. Массы выбранного технологического оборудования несколько превышали аналогичные показатели как у серийных навесных орудий, так и у находящихся в перспективной разработке. Это обуславливало возможность работы создаваемого лесного трактора с широким шлейфом навесных машин и орудий.

Перемещаясь по естественной поверхности грунта, МТА передает на почву свой эксплуатационный вес $G_{э,агр}$ и динамические нагрузки через опорные катки и опорные поверхности гусениц трактора. Из теории гусеничных машин [1–3] известно, что навешивание на передние и задние системы трактора технологического оборудования существенно влияет на показатели эксплуатационной надежности ходовой части. Вследствие перераспределения масс и силовых нагрузок, возникающих при выполнении

технологических операций, нарушается устойчивость заданного динамического режима, возрастает интенсивность изнашивания и поток ресурсных отказов основных узлов и деталей ходовой части, лимитирующих долговечность гусеничных движителей в целом.

Для гусеничных движителей такими характеристиками являются допустимые величины максимальных нормальных нагрузок на каждый опорный каток $N_{i\max}$ и максимальных удельных давлений звеньев гусениц на грунт под опорными катками $P_{i\max}$. Величина и характер изменения $N_{i\max}$ и $P_{i\max}$ в значительной степени определяют проходимость трактора, его тягово-сцепные свойства, нагруженность и долговечность элементов ходовой системы, а следовательно, и эффективность использования гусеничного трактора в различных условиях.

Если бы опорная поверхность гусеницы находилась под бесконечно большим натяжением и представляла собой жесткую пластину, а центр тяжести трактора совпадал с серединой длины опорной поверхности гусеницы и центром давления D , то при неподвижном тракторе нормальное давление гусениц на грунт распределялось бы по всей длине опорной поверхности гусеницы равномерно и эпюра давления гусеницы в этом случае имела вид прямоугольника с ординатой $P_{\text{ср}}$, определяемой по формуле [1]

$$P_{\text{ср}} = \frac{G_{\text{э.ап}}}{2bL_r},$$

где b – ширина гусеницы, м;

L_r – длина опорной поверхности каждой гусеницы, м.

Однако эта зависимость не позволяет оценить различные варианты комплектования агрегата, так как не отражает изменение удельного давления под опорными катками гусениц реальных гусеничных движителей отечественных трелевочных тракторов, имеющих отношение расстояния между соседними катками l_0 к шагу звена t_r гусеницы более 3 и передающих давление гусениц на грунт только звеньями, расположенными непосредственно под опорными катками [2], при некотором участии соседних звеньев.

Со стороны грунта на звено гусеницы (опорный каток) действует нормальная реакция Y_i , приближенно равная нормальной нагрузке на данный каток N_i . Зная максимальную нагрузку на каток $N_{i\max}$, можно определить максимальное давление $P_{i\max}$ звена гусеницы на грунт в зоне его расположения по формуле [1]

$$P_{i\max} = \frac{N_{i\max}}{bt_r},$$

где $N_{i\max}$ – максимальная динамическая нагрузка на наиболее нагруженном катке, кН.

Ходовая часть трактора ТТ-4 имеет полужесткую рычажно-балансирную подвеску остова трактора с четырьмя каретками. Для движителей такого типа характеристикой распределения нормальных давлений гусениц на грунт могут служить суммарные нормальные реакции грунта Y_1

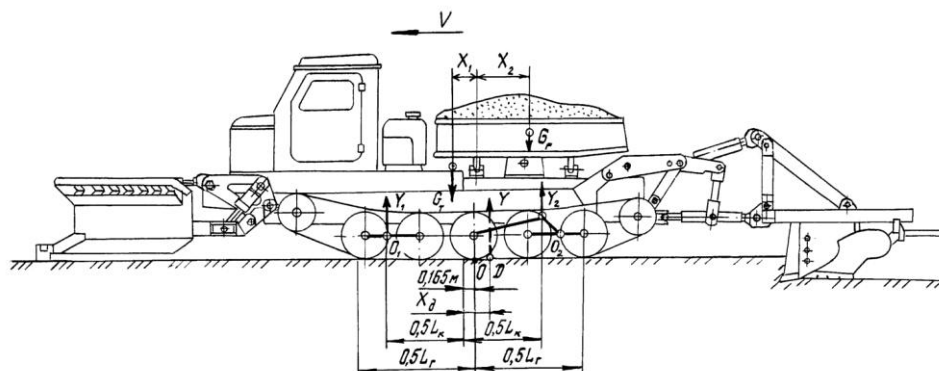


Рис. 1. Схема сил и реакций, действующих на экспериментальный лесной трактор в агрегате с технологическим оборудованием при установившемся движении

и Y_2 на опорные катки кареток. На рис. 1 приведена схема внешних сил и реакций при установившемся движении экспериментального лесного трактора в агрегате с технологическим оборудованием по горизонтальной поверхности. Результирующая нормальных реакций грунта Y находится в центре давления трактора D и равна сумме нормальных реакций грунта на опорные катки задних балансирных кареток Y_2 и на опорные катки балансирных кареток Y_1 , проходящих через оси O_2 и O_1 , на которых располагаются каретки.

Максимальные нормальные давления и характер их распределения по опорным каткам гусеничного движителя зависят от величины и направления внешних нагрузок, приложенных к трактору в продольно-вертикальной плоскости (эксплуатационный вес агрегата, тяговое сопротивление на крюке, результирующая всех нормальных реакций грунта), расположения центра тяжести и центра давления трактора, физико-механических свойств грунта [1–3]. Основными показателями, характеризующими распределение нормальных давлений гусениц на грунт, являются коэффициент смещения центра давления $K_{ц.д}$ трактора и коэффициент неравномерности распределения максимальных удельных давлений по опорным каткам ξ (коэффициент распределения максимумов давления звена гусеницы на грунт под опорными катками). Коэффициент $K_{ц.д}$ определяется по формуле [3]

$$K_{ц.д} = \frac{0,165X_d}{L_r} = \frac{\Delta}{L},$$

где X_d – смещение центра давления D – точки приложения результирующей всех нормальных реакций грунта $Y \approx (Y_1 + Y_2) \approx G_{э.агр}$ на катки балансирных кареток относительно середины расстояния L_k между осями качания кареток, м,

$$X_d = \frac{(Y_2 - Y_1) \cdot 0,5L_k}{Y_2 + Y_1},$$

Δ – смещение центра давления D относительно середины длины опорной поверхности гусеницы, м.

Значение $K_{ц.д} = 0,16$ считается предельно допустимой величиной коэффициента смещения центра давления D [3], так как при превышении этой величины часть опорной поверхности гусениц перестает принимать участие в передаче давлений на почву.

Коэффициент неравномерности распределения максимальных удельных давлений по опорным каткам гусеничного движителя находится по формуле

$$\xi = \frac{P_{i \max}}{P_{\text{ср}}},$$

где $P_{\text{ср}}$ – среднее удельное нормальное давление гусениц на грунт (вариант 1), кПа,

$$P_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^{10} N_i}{2n_k b t_r};$$

n_k – число опорных катков на одной стороне гусеницы.

При экспериментальных исследованиях решали следующие задачи:

1) изучение влияния масс технологического оборудования, навешиваемого на трактор ТТ-4 для выполнения основных видов лесохозяйственных и лесопожарных работ, на изменение нормальных нагрузок на опорные катки;

2) определение максимальных удельных давлений на грунт под опорными катками;

3) определение коэффициентов смещения центра давления трактора и коэффициентов неравномерности распределения максимальных удельных давлений под опорными катками.

Для количественной оценки влияния масс навесного технологического оборудования на уровень нагруженности опорных катков кареток гусеничного движителя проведены лабораторные исследования и полевые испытания экспериментального образца лесного трактора, созданного на базе трелевочного трактора ТТ-4.

При лабораторных исследованиях определены весовые характеристики различных вариантов агрегата. Задача полевых испытаний заключалась в получении экспериментальных данных об уровне нагруженности опорных катков кареток в наиболее типичных условиях эксплуатации лесного трактора. Варианты составов, условия и режимы работы экспериментального МТА приведены в табл. 1. Груз массой 5 т в кузове трактора (вариант 3) имитировал массу бака лесопожарного трактора вместимостью 4 м³. Набор технологического оборудования на передней и задней навесных

системах обеспечивал выполнение основных видов наиболее энергоемких лесокультурных и лесопожарных работ.

На полевых испытаниях определяли следующие параметры:

1) нормальную нагрузку на опорных катках с помощью тензометрического устройства для измерения нормальных реакций грунта на опорных катках гусеничных машин;

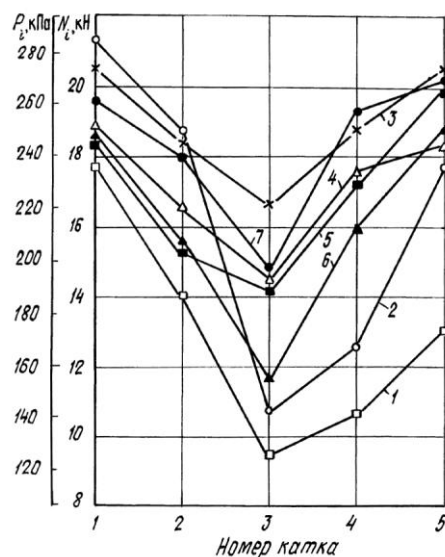
2) тяговое сопротивление плуга с помощью тензометрической рамки, изготовленной по схеме ОНИС – НАТИ;

3) частоту вращения измерительного колеса с помощью бесконтактного датчика частоты вращения.

Таблица 1

Вариант	Технологическое оборудование	Характеристика участка	$V_{\text{раб}}$, км/ч
1. Движение трактора на участке	–	Грунтовая дорога с дерново-подзолистой среднесуглинистой почвой (высота неровностей микрорельефа ≤ 90 мм; длина неровностей 3...8 м; твердость и влажность грунта в слое 0...20 см равна соответственно 5,1 МПа и 20...25 %)	1,02
2. Движение трактора с клином в транспортном положении	Клин КРП-2,5А на передней навеске	То же	5,10
3. Транспортировка груза массой 5 т в кузове трактора	–	»	3,20
4. Движение трактора с клином и плугом в транспортном положении	КРП-2,5А, плуг ПЛШ-1,2 на задней навеске	»	4,20
5. Движение трактора с плугом в транспортном положении	ПЛШ-1,2 на задней навеске	»	3,08
6. Прокладка противопожарных минерализованных полос	Клин КРП-2,5А в рабочем положении	Задренная вырубка с дерново-подзолистой среднесуглинистой почвой (твердость и влажность почвы в слое 0...20 см равна соответственно 2,6...3,2 МПа и 25...34 %)	1,80
7. Нарезка борозд шириной 1,2 м и глубиной до 25 см под посадку лесных культур	ПЛШ-1,2 в рабочем положении	То же	2,92

Рис. 2. Распределение нормальных нагрузок N_i на опорные катки кареток подвески и удельных нормальных давлений P_i звеньев гусениц на грунт под опорными катками кареток экспериментального лесного трактора при вариантах состава МТА 1–7



Осциллографические записи обрабатывали на приборе ПОБД-12, дальнейшая обработка экспериментальных данных выполнена на ЭВМ «Искра» с получением средних значений измеряемых величин.

Анализ экспериментальных данных, представленных на рис. 2 и в табл. 2, свидетельствует, что по сравнению с вариантом 1 силовое воздействие навесного технологического оборудования на трактор (варианты 2 – 7) вызывает увеличение нагрузок на опорные катки и смещение центра давления трактора. При этом во всех вариантах комплектования МТА максимальные нагрузки приходятся на первый и пятый катки, что объясняется влиянием усилия натяжения гусениц. В зависимости от варианта комплектования МТА диапазон варьирования максимальных нагрузок по каткам составил: первый – от 17,7 до 21,2 кН (19,8 %); второй – от 14,0 до 18,6 кН (32,8 %); третий – от 9,3 до 16,6 кН (78,5 %); четвертый – от 10,7 до 19,1 кН (78,5 %); пятый – от 13,0 до 20,5 кН (57,7 %).

Навешивание технологического оборудования на переднюю навесную систему лесного трактора (клин КРП-2,5А) приводит к увеличению максимальных нагрузок на передние катки до 21,2 кН или на 19,8 % (вариант 2). В рабочем положении клина (вариант 6) нагрузка на передние катки возрастает до 18,7 кН. Нагрузка на задние катки увеличивается на 37,7 % при транспортном и на 44,6 % при рабочем положении клина.

Коэффициент смещения центра давления при установившемся движении трактора $K_{ц.д} = |0,05| < [K_{ц.д}] = 0,16$. В случае навешивания клина на переднюю навесную систему $K_{ц.д} = |0,052| < [K_{ц.д}]$ в транспортном и $K_{ц.д} = |0,045| < [K_{ц.д}]$ в рабочем положении орудия. Навешивание орудия только на переднюю навесную систему вызывает наиболее неравномерное распределение нормальных давлений по каткам движителя при транспортных переездах агрегата. Коэффициент ξ имеет максимальное значение для

первого и минимальное для третьего катка из всех испытанных вариантов МТА.

В вариантах 5 и 7 навешивание на заднюю навесную систему вызывает увеличение нагрузки на первом катке на 8 ... 10, на пятом на 50 ... 55 % по сравнению с вариантом 1, а центр давления D смещается назад в сторону приложения тяговой нагрузки (вариант 7). В обоих вариантах $K_{ц.д} < [K_{ц.д}]$.

Из анализа экспериментальных данных, приведенных на рис. 2 и в табл. 2, следует, что оптимальные нагрузочные режимы для опорных катков

Таблица 2

Номер варианта	Коэффициент $K_{ц.д} \cdot 10^{-2}$	Коэффициент ξ по опорным каткам				
		1	2	3	4	5
1	5,0	1,36	1,10	0,70	0,80	1,00
2	5,2	1,60	1,43	0,80	0,96	1,40
3	-0,5	1,58	1,40	1,30	1,45	1,58
4	-0,5	1,45	1,28	1,10	1,40	1,42
5	-2,0	1,42	1,16	1,10	1,35	1,54
6	-0,45	1,44	1,18	0,90	1,24	1,45
7	-0,5	1,50	1,14	1,14	1,47	1,55

гусеничного движителя лесного трактора создаются в вариантах 3 и 4. Коэффициент смещения центра давления $K_{ц.д} = 0,005 < [K_{ц.д}]$ для обоих вариантов, а коэффициент ξ изменяется в меньших интервалах, чем у самого трактора (вариант 1).

Силовое воздействие технологического оборудования приводит к увеличению коэффициента неравномерности распределения нормальных давлений по опорным каткам во всех шести вариантах комплектования МТА. Однако с ростом максимальных давлений $P_{i\max}$ коэффициент неравномерности ξ изменяется незначительно, так как при этом увеличивается и среднее давление $P_{ср}$.

Анализируя полученные экспериментальные данные, можно заключить, что навешивание технологического оборудования на переднюю и заднюю навесные системы лесного трактора не вызывает предельных нагрузок на опорные катки гусеничного движителя трелевочного трактора. По результатам испытаний было получено согласие Алтайского тракторного завода на применение трактора ТТ-4 в качестве базы для лесных тракторов. Созданные во ВНИИПОМ в результате дальнейших исследований лесохозяйственный ЛХТ-4 и лесопожарный ТЛП-4 тракторы прошли широкие производственные испытания в различных лесорастительных условиях и рекомендованы государственной приемочной комиссией для серийного производства. В настоящее время машиностроительными предприятиями отрасли выпущено более 800 тракторов ЛХТ-4 и ТЛП-4.

В связи с переходом Алтайского тракторного завода на выпуск модернизированных тракторов ТТ-4М институтом проведены исследования и разработаны тракторы ЛХТ-4М и ТЛП-4М на базе нового трелевочного

трактора, которые приняты государственной комиссией и рекомендованы к серийному производству.

Для оснащения тракторов ЛХТ-4 и ТЛП-4, наряду с клином КРП-2,5А, институтом разработано орудие для расчистки и раскорчевки полос ОРП-2,6, бульдозерное оборудование ОБ-4, подборщик-транспортировщик порубочных остатков ПТ-3,2, машина для послойного фрезерования лесных почв МПФ-1,2, плуг ПЛ-2 для создания и многократного подновления минерализованных противопожарных полос, полосопрокладыватель лесной комбинированный ПЛК-5 и другое оборудование, поставляемое по прямым заказам лесохозяйственных предприятий экспериментально-механическими мастерскими института.

Опыт эксплуатации тракторов ЛХТ-4 и ТЛП-4 свидетельствует о том, что в агрегате с новыми и серийными машинами и орудиями они обеспечивают комплексную механизацию энергоемких лесохозяйственных и лесопожарных работ в таежных условиях. Перспектива применения этой техники в лесном хозяйстве в условиях перехода к рыночным методам регулирования производственных отношений видится в расширении межхозяйственных связей для приобретения и организации ее эффективного использования, что послужит сохранению и приумножению лесных ресурсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теория, конструкция и расчет строительных и дорожных машин / Под общ. ред. Л.А. Гобермана. – М.: Машиностроение, 1979. – 407 с.
2. Тракторы (теория): Учеб. для студентов вузов по специальности «Автомобили и тракторы» / Под общ. ред. В.В. Гуськова. – М.: Машиностроение, 1988. – 376 с.
3. Чудаков Д.А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля. – М.: Колос, 1972. – 384 с.

ВНИИПОМлесхоз

Поступила 18.10. 2000 г.

G.D. Glavatsky, K.V. Romanovich

Study of Force Conditions of Bearing Rollers of Experimental Forestry Tractor

The possibility of skidding tractor (ТТ-4) rigging with mounted technological equipment for carrying out forest-fire protection and forestry work is substantiated.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.8

В.И. Малыгин, Н.В. Лобанов

Малыгин Владимир Иванович родился в 1952 г., окончил Университет дружбы народов им. П. Лумумбы, доктор технических наук, профессор, действительный член АИИ РФ, проректор по научной работе Севмашвуза. Имеет более 110 печатных трудов в области математического моделирования физических процессов при резании.



МОДЕЛЬ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ СБОРНОГО ДЕРЕВОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЕГО КАЧЕСТВА НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Предложена математическая модель сборного дереворежущего инструмента, позволяющая на стадии проектирования обеспечить оценку его качества с позиций прочности режущего элемента.

сборный дереворежущий инструмент, качество, математическая модель, напряженно-деформированное состояние, режущий элемент.

По причине сложной зависимости показателей надежности сборного дереворежущего инструмента от протекающих в нем физических процессов задача выбора конструкции на стадии проектирования может решаться по частям за счет оценки отдельных критериев, определяющих показатели надежности. Одним из таких критериев является напряженно-деформированное состояние (НДС) режущего элемента, причем даже не столько с позиций обеспечения прочности, сколько с позиций зависимости периода стойкости инструмента от его напряженно-деформированного состояния. Для металлорежущего инструмента экспериментально установлена зависимость его стойкости от НДС. Есть основания предполагать, что такая зависимость существует и при эксплуатации дереворежущего инструмента. Разработка модели и методики расчета НДС сборного дереворежущего инструмента (СИ) актуальна.

Существующие методы расчета прочностной надежности СИ (как аналитические, так и численные) разрознены, несистематизированы и являются неполными. Недостаток аналитических методов заключается в том, что они, в силу принимаемых упрощений, не позволяют комплексно исследовать

довать влияние конструктивных и эксплуатационных параметров СИ на его НДС. Недостаток численных методов связан с большим объемом вычислительной работы и сложностью интерпретации получаемых результатов, а также с тем, что эти методы не вскрывают механизма влияния различных факторов на прочность СИ. В связи с этим возникает необходимость создания комплексной расчетной методики определения НДС сборного дерево-режущего инструмента, включающей в себя математическую модель, позволяющую анализировать влияние и оптимизацию отдельных конструктивных элементов.

При построении комплексной модели в качестве основных элементов выбраны: режущий элемент (РЭ), прочность которого в наибольшей степени определяет работоспособность инструмента; элементы узла крепления, непосредственно контактирующие с РЭ. Все остальные элементы отнесены к вспомогательным, их моделировали упрощенно.

В модели СИ принимали линейно-упругим, статически нагруженным и находящимся в плоском напряженном состоянии. Допущение о плоском напряженном состоянии обосновывается тем, что оно наиболее приемлемо для режущих инструментов, работающих с шириной среза, близкой к длине режущей кромки, т. е. в условиях, характерных для дерево-режущего инструмента. В качестве основного критерия НДС выбран критерий предельного состояния материала [1], позволяющий определить точки (микрообъемы материала), опасные с позиций хрупкого разрушения. В качестве дополнительных критериев предложены: объем материала с напряженным состоянием, близким к предельному, увеличение которого повышает вероятность хрупкого разрушения; распределение контактных напряжений в стыке режущий элемент – корпус; напряженное состояние подвершинной части корпуса, пластические деформации которой могут привести к отказу инструмента.

Кроме того, выполнен расчет НДС сборного инструмента методом конечных элементов (МКЭ) с учетом раскрытия стыка режущий элемент – корпус и сил трения в этом стыке.

В рамках принятого подхода было исследовано влияние граничных условий закрепления СИ на НДС его наиболее нагруженной части – режущего элемента. На основании расчетов различных вариантов закрепления корпуса СИ, выполненных с помощью МКЭ и позволяющих не потерять точность при определении НДС РЭ, сделаны следующие выводы:

1) любую схему консольного крепления базирующего элемента (при неизменной высоте корпуса под РЭ) можно моделировать жестким консольным защемлением с вылетом $L = 1,25H$ (где H – толщина корпуса под РЭ);

2) для любого базирующего элемента, имеющего толщину корпуса H под РЭ больше $1,5l$ (где l – длина РЭ), можно моделировать граничные условия крепления базирующего элемента его жестким защемлением по контуру с размерами $H_1 = 1,5l$, $B_1 = 1,25l$.

Полученные выводы существенно уменьшают объем вычислений за счет рационального моделирования НДС СИ.

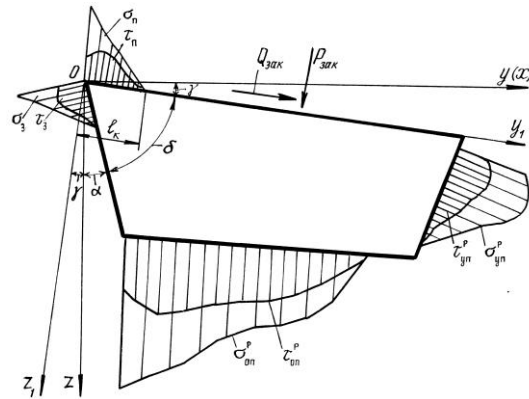


Рис. 1. Модель режущего элемента сборного инструмента

В качестве составной части комплексной модели была разработана математическая модель напряженного состояния режущего элемента сборного режущего инструмента (рис. 1), которая учитывает силы резания в виде нормальных и касательных напряжений на длине контакта со стружкой l_k по передней (σ_n и τ_n) и задней (σ_3 и τ_3) поверхностям.

Взаимодействие РЭ с элементами крепления моделировали сосредоточенными силами закрепления $Q_{зак}$ и $P_{зак}$. Учет взаимодействия РЭ с элементами корпуса СИ осуществляли в виде силовых граничных условий по опорной ($\sigma_{оп}^p$ и $\tau_{оп}^p$) и упорной ($\sigma_{уп}^p$ и $\tau_{уп}^p$) поверхностям, которые были приняты за реальные граничные условия.

Для определения НДС в данной модели был использован хорошо известный в классической теории упругости метод наложения (суперпозиции) решений. Сначала определяли НДС в режущем элементе, как в ограниченной области бесконечного клина, под действием нагрузки, моделирующей силы резания и силы закрепления (рис. 2). Такое решение, как и НДС, получаемое с помощью этого решения, было названо основным. Нормальные и касательные напряжения, действующие на линиях, ограничивающих РЭ, которые вырезаны из бесконечного клина, были названы идеальными граничными условиями: $\sigma_{оп}^и$ и $\tau_{оп}^и$ – по опорной поверхности; $\sigma_{уп}^и$ и $\tau_{уп}^и$ – по упорной поверхности.

Таким образом, в качестве основного решения для режущего

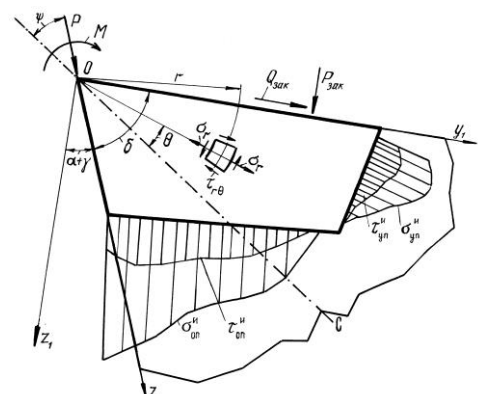


Рис. 2. Основное решение математической модели (OC – биссектриса угла клина)

элемента было принято НДС клина, нагруженного сосредоточенной силой и моментом в вершине. При этом сосредоточенную силу P вычисляли как главный вектор внешних сил резания, а момент M – как главный момент внешних сил относительно вершины клина. Решение этой задачи хорошо известно в теории упругости. Такое распределение уже не является простым радиальным, в полярных координатах (r, θ) оно имеет следующий вид:

$$\sigma_r(r, \theta) = \frac{2}{b} \left[P \left(\frac{\sin \psi \sin \theta}{r(\delta - \sin \delta)} - \frac{\cos \psi \cos \theta}{r(\delta + \sin \delta)} \right) - \frac{M \sin 2\theta}{r^2 (\sin \delta - \delta \cos \delta)} \right];$$

$$\tau_{r\theta}(r, \theta) = -\frac{M(\cos 2\theta - \cos \delta)}{br^2 (\sin \delta - \delta \cos \delta)}; \quad \sigma_\theta(r, \theta) = 0 \quad \text{при } 0 < r < \infty; -\frac{\delta}{2} \leq \theta \leq \frac{\delta}{2},$$

где θ – угол, отсчитываемый от биссектрисы угла клина;

b – толщина клина;

ψ – угол, определяющий направление силы P относительно биссектрисы угла клина;

r – радиус, измеряемый от вершины;

δ – угол заострения клина.

Положительные направления P , M и углов ψ , θ показаны стрелками.

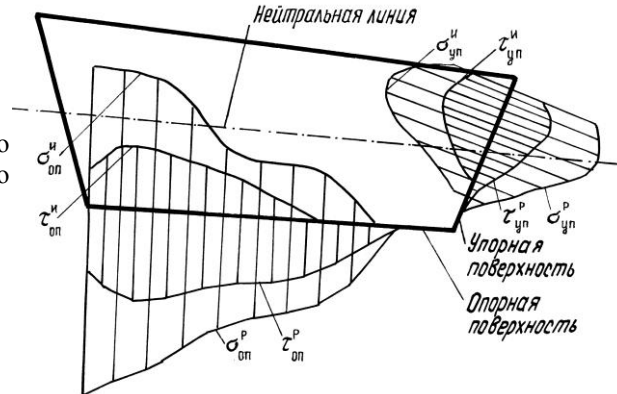
Выполненный анализ основного решения показал, что оно качественно верно описывает НДС в режущем клине, в частности экстремумы нормальных напряжений на передней и задней поверхностях. Существование таких, опасных с точки зрения прочности, напряжений в реальном инструменте установлено теоретически и подтверждено экспериментально.

Для оценки погрешности основного решения, связанной с заменой распределенных сил резания сосредоточенной нагрузкой P , M были проведены специальные исследования. С помощью МКЭ были выполнены расчеты клина при различных эпюрах распределения нагрузки по длине контакта со стружкой l_k , которую варьировали в пределах от 0,5 до 5,0 мм; угол заострения клина δ изменяли от 60 до 90 °.

Результаты расчета НДС сопоставляли с результатами, полученными в основном решении. Анализ показал, что на расстоянии $r \geq 1,1l_k$ от режущей кромки погрешность в определении напряжений не превышает 10 % от среднего нормального напряжения $\sigma_{ср}$ на длине контакта со стружкой. С удалением от режущей кромки погрешность уменьшается. С учетом того, что опасные напряжения, как правило, действуют за пределами длины контакта, основное решение дает приемлемые по точности результаты.

Рассмотренное выше основное решение для режущего клина позволяет определять напряженное состояние в непосредственной близости от площадки контакта для тех случаев, когда влиянием граничных условий на напряжения в этой зоне можно пренебречь. Например, когда режущий элемент имеет большие размеры в плоскости сечения по обоим направлениям.

Рис. 3. Модель поправочного решения для режущего элемента



В качестве поправочного решения, учитывающего реальные граничные условия, НДС в режущем элементе было принято, как в балке (рис. 3), нагруженной системой распределенных сил: $\sigma_{оп}^n, \tau_{оп}^n, \sigma_{уп}^n, \tau_{уп}^n$ (идеальные граничные условия по опорным и упорным поверхностям РЭ, взятые со знаком минус) и $\sigma_{оп}^p, \tau_{оп}^p, \sigma_{уп}^p, \tau_{уп}^p$ (реальные граничные условия по упорным и опорным поверхностям). При выводе поправочного решения были наложены следующие ограничения на форму режущего элемента: угол между передней поверхностью и касательной к контуру опорной поверхности не должен превышать 20° . Это ограничение связано с использованной в решении гипотезой плоских сечений. Общее решение в системе координат Oz_1y_1 имеет следующий вид:

$$\begin{aligned}\sigma_{y1}^p(y_1, z_1) &= \sigma_{y1}^o(y_1, z_1) + \sigma_{y1}^n(y_1, z_1); \\ \sigma_{z1}^p(y_1, z_1) &= \sigma_{z1}^o(y_1, z_1) + \sigma_{z1}^n(y_1, z_1) \quad \text{при } y_1 > l_n; \\ \sigma_{y1}^p(y_1, z_1) &= \sigma'_{y1}(y_1, z_1); \\ \sigma_{z1}^p(y_1, z_1) &= \sigma'_{z1}(y_1, z_1) \quad \text{при } y_1 > l_n,\end{aligned}$$

где $\sigma_{y1}^o, \sigma_{z1}^o$ – напряжения основного решения;

$l_n = h_1 \operatorname{tg}(\gamma + \alpha)$ – свес пластинки;

$\sigma_{y1}^n, \sigma_{z1}^n$ – напряжения поправочного решения,

$$\sigma_{z1}^n = \left[\frac{2(z_1 - 0,5z'(y_1))^3}{bz'(y_1)^3} + \frac{3(z_1 - 0,5z'(y_1))}{2z'(y_1)} - 0,5 \right] \cdot \left[\sigma_{zp2}(y_1) + \sigma_{z1}^o(y_1) + \sigma_{z1}^o(y_1, z'(y_1)) \right];$$

$$\sigma_{y1}^n = \frac{12(z_1 - 0,5z'(y_1)) \cdot (M_{p2}(y_1) - M_{T2}(y_1))}{bz'(y_1)^3} + \frac{N_{p2}(y_1) - N_{T2}(y_1)}{bz'(y_1)};$$

$z'(y_1)$ – уравнение опорной поверхности РЭ;

b – ширина режущего элемента;

M_{p2}, M_{T2} и N_{p2}, N_{T2} – изгибающие моменты и нормальные силы в поперечных сечениях, соответственно создаваемые идеальными и реальными граничными условиями на опорной поверхности РЭ.

Реальные граничные условия определяли интегрально из условий равновесия РЭ в виде величины и положения равнодействующих сил реакции R и N по опорной и упорной поверхностям:

$$R = \frac{P_{z1} + P_{зак} - (Q_{y1} + Q_{зак}) \operatorname{tg}(\lambda + \varphi)}{\cos(\Omega + f) - \sin(\Omega + f) \operatorname{tg}(\lambda + \varphi)},$$

$$N = \frac{(P_{z1} + P_{зак}) \operatorname{tg}(\Omega + f) - Q_{y1} + Q_{зак}}{\sin(\lambda + \varphi) \operatorname{tg}(\Omega + f) - \cos(\lambda + \varphi)},$$

$$y_r = \frac{d + \sin(\Omega + f) \cdot (h_1 + l_n \operatorname{tg}(\Omega))}{\cos(\Omega + f) + \operatorname{tg}(\Omega) \sin(\Omega + f)}.$$

Обозначения, входящие в формулы, показаны на рис. 4. После определения величины и положения равнодействующей реакции эпюра распределения реальных граничных условий по опорной поверхности $\sigma^p_{оп}$ принималась в виде треугольника. Точность общего решения математической модели оценивали путем сравнения результатов расчетов НДС РЭ, выполненных аналитическим методом и МКЭ. Анализ этих расчетов показал, что наибольшая погрешность в определении опасных напряжений на передней поверхности РЭ не превышает 16 %. Наибольшая погрешность получена при расчете РЭ, имеющих примерно одинаковые длину и толщину, а также в случае, когда распределение реакции по опорной поверхности близко к сосредоточенной силе. Математическая модель пригодна и для расчета тангенциально расположенных элементов.

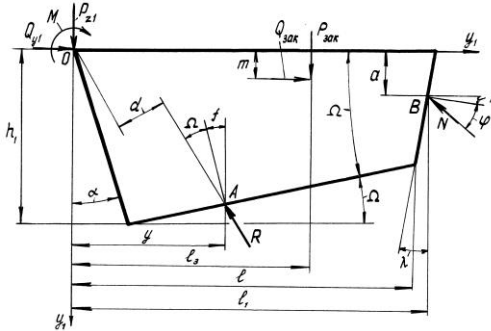


Рис. 4. Схема определения реальных граничных условий режущего элемента

При разработке математической модели одним из наиболее существенных упрощений явилось предположение о том, что НДС режущего элемента плоское. В рамках данной работы была оценена приемлемость данного упрощения. Для этого был произведен расчет объемных конечно-элементных моделей дереворежущего инструмента с шириной среза, составляющей 75 % от длины режущей кромки. По математической модели для этих же резцов получена удовлетворительная сходимость с результатами расчета по МКЭ. Погрешность в определении опасного напряжения σ_1 по передней поверхности не превышала 13,6 %.

Таким образом, разработанная модель позволяет с удовлетворительной точностью оценивать напряженное состояние наиболее нагруженного элемента сборного дереворежущего инструмента, каковым является режущий элемент, как на стадии проектирования, так и при выборе инструмента для конкретных технологических операций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Писаренко Г.С., Лебедев А.А. Деформирование и прочность материалов при сложном нагружении. – К.: Наук. думка, 1976. – 415 с.

2. *Полетика М.Ф.* Контактные нагрузки на режущих поверхностях инструмента. – М.: Машиностроение, 1969. – 150 с.

Севмашвтуз

Поступила 20.03.01

V.I. Malygin, N.V. Lobanov

Model of the Stress State of Prefabricated Woodcutting Tool for Assessment of its Quality at the Design Stage

The mathematical model of prefabricated woodcutting tool is offered allowing assessment of its quality at the design stage from the point of view of cutting instrument strength.

УДК 647.815-41

И.А. Пикулин, В.Б. Снопков

Пикулин Игорь Анатольевич родился в 1974 г., окончил в 1996 г. Белорусский государственный технологический университет, ассистент кафедры технологии клееных материалов и плит БГТУ. Имеет 15 печатных трудов в области технологии древесных плит и пластиков.



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 125 печатных трудов в области технологии древесных плит и пластиков, гидротермической обработки и защиты древесины.

**ПРИМЕНЕНИЕ ПОБОЧНОГО ПРОДУКТА ДОБЫЧИ НЕФТИ
В ПРОИЗВОДСТВЕ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ**

Приведены результаты исследований, направленных на увеличение количества мягких древесных отходов в составе композиции для древесностружечных плит путем модификации древесного наполнителя полиметаллическим водным концентратом; установлено позитивное влияние полиметаллического водного концентрата на снижение содержания свободного формальдегида в древесностружечных плитах.

древесностружечные плиты, опилки, прочность, разбухание, токсичность плит.

Древесностружечные плиты (ДСтП) широко применяют как в мебельной промышленности, так и в строительстве. Наряду с физико-механическими свойствами важным показателем ДСтП является их токсичность.

Нами предложен способ изготовления ДСтП, позволяющий повысить показатели качества плит и снизить содержание свободного формальдегида в них. Он основан на модификации поверхности древесной стружки полиметаллическим водным концентратом (ПВК). ПВК – это водносолевой рассол, который является побочным продуктом, извлекаемым из нефтяных месторождений на территории Гомельской области. Рассол имеет очень сложный химический состав и включает более 30 анионов и катионов (основные из них K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Zn^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-}).

Было установлено, что активирующая обработка древесины с помощью ПВК способствует увеличению критического поверхностного натяжения, улучшению смачивания поверхности древесины смолой и, как следст-

вие, приводит к получению более прочного клеевого соединения. В результате этого предел прочности при статическом изгибе возрастает на 15 ... 20 %, предел прочности на растяжение перпендикулярно пласти плиты – на 10 ... 15 %; разбухание снижается на 15 ... 20 % по сравнению с плитами, полученными из необработанной стружки [1]. Кроме того, применение ПВК позволяет увеличить долю мягких отходов деревообработки и лесопиления в сырье для производства плит.

На деревообрабатывающих предприятиях Республики Беларусь существует проблема утилизации мягких отходов деревообработки. До сих пор главное направление их использования – сжигание. Нами была предпринята попытка найти более эффективный способ применения мягких отходов деревообработки для получения товарной продукции. С этой целью был проведен эксперимент по замене наружного слоя ДСтП из специально изготовленной стружки на опилки от деревообработки. В ходе эксперимента предпринята попытка активации древесных частиц наружного слоя ПВК. При этом руководствовались оптимальными режимами, установленными в предыдущих экспериментах.

Опилки для формирования наружного слоя отбирали из мелкой фракции, прошедшей через сита диаметром 1,6 мм, что составило 83 % от общей массы. Наружные слои активировали перед сушкой. Все плиты были получены при температуре 175 °С и давлении 2,0 МПа. При определении физико-механических показателей ДСтП проводили по 10 параллельных измерений. Результаты испытаний готовых плит приведены в табл. 1. Среднее значение коэффициента вариации при определении плотности, предела прочности при изгибе и разбухания по толщине, предела прочности при растяжении перпендикулярно пласти соответственно составляет 5, 3 и 2 %.

Из табл. 1 видно, что физико-механические показатели ДСтП с наружным слоем из опилок не хуже, чем у плит с обычным слоем. Активирование опилок ПВК позволяет заметно повысить предел прочности при изгибе. Что касается разбухания по толщине и предела прочности при

Таблица 1

Физико-механические показатели ДСтП

Материал наружного слоя	Активатор	Плотность, кг/м ³	Предел прочности при изгибе, МПа	Разбухание, %	Предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти, МПа
Стружка	–	772	15,6	29,8	0,66
Опилки	–	768	15,2	30,3	0,64
Стружка	ПВК	779	17,6	27,8	0,68
Опилки	ПВК	785	17,3	29,9	0,65

Таблица 2

Геометрические характеристики древесных частиц

Диаметр сит, мм	Стружка				Опилки			
	Содержание, %	Длина, мм	Толщина, мм	Коэффициент формы	Содержание, %	Длина, мм	Толщина, мм	Коэффициент формы
1,60...1,00	57,0...59,0	4,172	0,3874	12,38	41,00...42,0	3,196	0,266	15,03
1,00...0,63	2,5...3,5	1,767	0,2006	10,53	2,6...3,0	1,278	0,161	11,23
0,63...0,40	11,0...12,0	1,686	0,1400	16,50	14,3...15,0	1,262	0,105	19,00
0,40...0,00	21,0...22,0	1,129	0,0514	49,58	19,0...22,5	0,957	0,053	32,09

растяжении перпендикулярно пласти, то в данном случае заметных изменений не произошло, так как эти свойства характеризуют внутренний слой, который не подвергался обработке ПВК. Для того, чтобы объяснить почему ДСтП с наружным слоем из опилок имеют свойства не хуже, чем плиты с обычным слоем, предпринято следующее. Стружку и опилки рассортировали по фракциям и измерили геометрические показатели у 50 частиц из каждой фракции, определили средние значения длины и толщины и рассчитали коэффициент формы древесных частиц. Результаты измерений и расчетов приведены в табл. 2.

Анализируя данные, представленные в табл. 2, можно сделать вывод о том, что опилки имеют геометрические параметры, схожие со специально изготовленной стружкой. На наш взгляд, этим и объясняется возможность применения опилок для формирования наружных слоев ДСтП.

Позитивное влияние ПВК на токсичность ДСтП было выявлено в ходе производственной выработки на ОАО «Речицадрев». Данное предприятие производит ДСтП, по классу эмиссии свободного формальдегида относящиеся к Е1. Это достигается благодаря нанесению водного раствора карбамида на стружку перед сушкой. Во время эксперимента карбамид заменили на ПВК. Количество параллельных измерений 10. В итоге получены результаты, сведенные в табл. 3. Средний коэффициент вариации при определении содержания свободного формальдегида составил 3 %.

Дальнейшие исследования проводили для того, чтобы выяснить механизм действия ПВК на снижение токсичности ДСтП. Для этого был запланирован эксперимент, в ходе которого определяли содержание свободного формальдегида в готовых плитах с различным содержанием ПВК. При

Таблица 3

Показатели качества ДСтП

Расход, кг/м ³		Плотность, кг/м ³	Предел прочности, МПа		Разбухание, %	Влажность, %	Содержание формальдегида, мг/100 г плиты
ПВК	Карбамид		при изгибе	при растяжении перпендикулярно пласти			
–	4,8	784	20,1	0,40	24,9	5,2	7,0
–	–	771	24,2	0,41	23,9	5,3	16,2
7,0	–	764	27,6	0,41	22,7	5,3	12,4
8,7	–	774	25,8	0,43	24,3	5,4	10,1
5,4	–	772	26,9	0,48	22,7	5,2	9,0
3,2	1,5	746	22,3	0,48	21,4	5,5	11,0

Таблица 4

Содержание свободного формальдегида

Отвердитель	Расход ПВК, %	Способ введения	Содержание свободного формальдегида, мг/100 г плиты
(NH ₄)SO ₄	–	–	16,1
»	1,00	I	8,1
»	3,00	I	9,3
»	0,05	II	14,6
»	0,10	II	11,1
NH ₄ Cl	–	–	14,5
»	1,00	I	10,6
»	3,00	I	11,5
»	0,05	II	15,4
»	0,10	II	11,4

этом использовали различные способы введения ПВК в древесно-полимерную композицию: на стружку перед сушкой (I) и непосредственно в смолу перед осмолением (II). Содержание ПВК в готовой плите варьировали от 0,01 до 3,00 % по отношению к абсолютно сухой древесине.

В качестве связующего использовали карбамидоформальдегидную смолу марки КФ-НП. Каждый опыт повторяли для двух отвердителей: хлористого аммония (NH₄Cl) и сульфата аммония ((NH₄)₂SO₄). Содержание свободного формальдегида определяли методом WKI [2]. Результаты представлены в табл. 4.

Анализ данных, представленных в табл. 4, позволяет сделать следующее заключение. Присутствие ПВК в древесно-полимерной композиции снижает содержание свободного формальдегида независимо от способа введения. Однако в случае нанесения на стружку перед сушкой снижение токсичности более существенное, чем при введении прямо в смолу. В этом случае оптимальный расход ПВК составляет 1,00 % к абсолютно сухой стружке. Дальнейшее повышение расхода ПВК снижает содержание свободного формальдегида в меньшей степени. Необходимо отметить, что при использовании в качестве отвердителя сульфата аммония эффект максимален, в то время как в контрольных плитах наилучший результат получен при использовании хлористого аммония.

Объяснением позитивного влияния ПВК на снижение токсичности ДСтП, на наш взгляд, является возможная реакция формальдегида с фурфуролом. Выделение последнего может возрастать в связи с действием на древесину при высоких температурах солей металлов, содержащихся в ПВК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пикулин И.А., Снопков В.Б. Применение полиметаллического водного концентрата в производстве древесностружечных плит // Матер. третьей конф. «Ресурсосберегающие и экологически чистые технологии» (июнь 1998 г.). – Гродно, 1998. – С. 170-171.

2. Э. Роффэль. Выделение формальдегида из древесностружечных плит / Пер. с нем.; Под ред. А.А. Эльберта. – М.: Экология, 1991. – 160 с.

Белорусский государственный
технологический университет

Поступила 12.03.01

I.A. Pikulin, V.B. Snopkov

Application of Oil By-product in Wood Chipboard Production

The results of investigations are presented aimed at increasing the volume of soft wood wastes within the composition for wood chipboards by modification of the wooden filling agent with multimetal water concentrate. The positive influence of multimetal water concentrate on the reduction of free formaldehyde in wood chipboards is established.

УДК 647.815-41

В.В. Тулейко, В.Б. Снопков

Тулейко Валерий Валентинович родился в 1975 г., окончил в 1997 г. Белорусский государственный технологический университет, младший научный сотрудник лаборатории огнезащиты строительных конструкций и материалов при кафедре технологии клееных материалов и плит БГТУ. Имеет 14 печатных трудов в области исследования процессов тепломассопереноса при пьезотермическом воздействии на древесно-клеевые композиции и древесные слоистые материалы, а также разработки режимов их изготовления.

**ПРЕССОВАНИЕ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ
УВЕЛИЧЕННОЙ ТОЛЩИНЫ.****3. СКЛЕИВАНИЕ ВНУТРИ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНОГО БРИКЕТА**

Установлена корреляция прочности клеевых соединений с влажностью древесины; показано, что клеевые соединения начинают образовываться после 6–9-й минуты прессования при влажности брикета 12...22 %, максимальная прочность достигнута на 12-й минуте прессования при влажности древесины 4...10 %.

древесностружечный брикет, горячее прессование, контактный нагрев, тепломассоперенос, температура, влажность, парогазовая смесь.

Горячее прессование древесностружечных плит (ДСтП) увеличенной толщины сопровождается изменением в значительных пределах температуры и влажности стружечного брикета [2]. Это должно оказывать существенное воздействие на процесс образования клеевого соединения между древесными частицами внутри него. При разработке режима горячего прессования ДСтП важно знать продолжительность процесса образования достаточно прочных клеевых связей, предотвращающих расслоение брикета при размыкании нагревательных плит пресса. Это позволит получать плиты высокого качества с минимальными энергозатратами.

Цель нашей работы – установить время, когда начинается образование клеевых соединений в древесностружечном брикете и характер изменения прочности клеевого шва в процессе прессования.

Для достижения поставленной цели была разработана следующая методика. В стружечный брикет при его формировании помещали опытные образцы, представляющие собой два листа березового шпона влажностью 8 %, толщиной $(1,5 \pm 0,2)$ мм и размером $(15 \pm 0,5) \times (60 \pm 1)$ мм, соединенные на $\frac{1}{4}$ своей длины внахлест (рис. 1, а). На поверхность шпона перед прессованием наносили смолу КФ-НП (расход 180...200 г/м²). Для облегчения последующего извлечения образцы при закладке в брикет располагали между двумя металлическими сетками № 8.

Схема расположения образцов шпона в стружечном брикете приведена на рис. 1, б.

Сформированный стружечный брикет помещали под пресс и прессовали его при температуре 190 °С и максимальном удельном

давлении 2,8 МПа [1]. Через определенное время после смыкания плит пресса процесс прерывали и образцы шпона извлекали. Для определения усилия, необходимого для разрушения клеевых соединений при сдвиге, использовали разрывную машину Р-5. Скорость нагружения составляла

15 мм/мин. Сразу после проведения испытаний сушильно-весовым методом определяли влажность образцов шпона. Продолжительность процесса прессования (от момента смыкания плит пресса до момента окончания процесса) изменяли от 2 до 25 мин.

Графические зависимости влажности шпона от продолжительности прессования представлены на рис. 2. Сопоставим их с результатами, полученными при изучении изменения влажности стружечного брикета (рис. 3) [2]. Прежде всего, следует отметить одинаковый характер кривых, полученных в обоих опытах. Так, например, максимальная влажность в середине брикета как стружки, так и шпона достигается на

6–8-й минуте прессования. Вблизи поверхности брикета максимум влажности фиксируется раньше: для стружки (удаление от поверхности – 4 ... 6 мм) – через 4 мин после начала прессования, для шпона (удаление от поверхности – 4 мм) – через 3 мин.

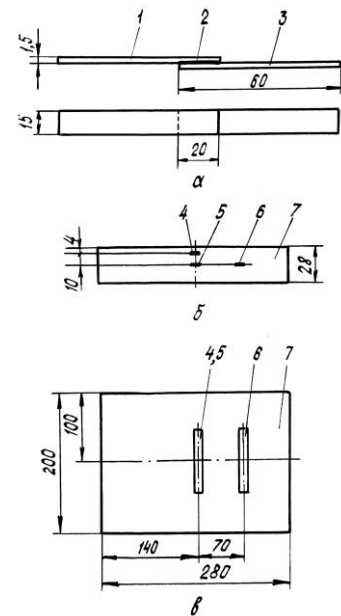
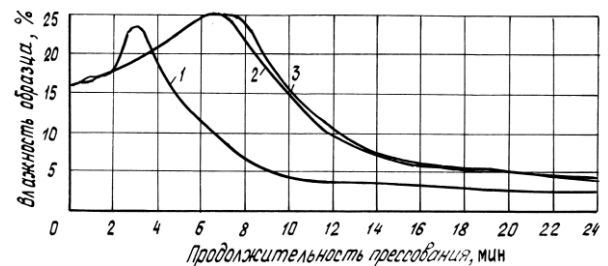


Рис. 1. Образцы шпона (а) и схема их расположения в стружечном брикете (б, в): 1, 3 – листы шпона (в образцах); 2 – слой смолы КФ-НП; 4, 5, 6 – образцы шпона; 7 – стружечный брикет

Рис. 2. Изменение влажности склеиваемых образцов шпона в зависимости от продолжительности прессования на расстоянии 4 мм от пласти (1), 14 мм от пласти и 70 мм от центра (2), в центре плиты (3)



Что касается влажности образцов шпона, то этот параметр имеет более низкое значение. Так, у образцов, заложенных в середину брикета, максимум влажности составляет 25 %, в промежуточный слой – 24 %. Для стружки соответственно получено 55 и 41 %. Установленные различия влажности шпона и стружки можно объяснить, вероятно, различными их размерами.

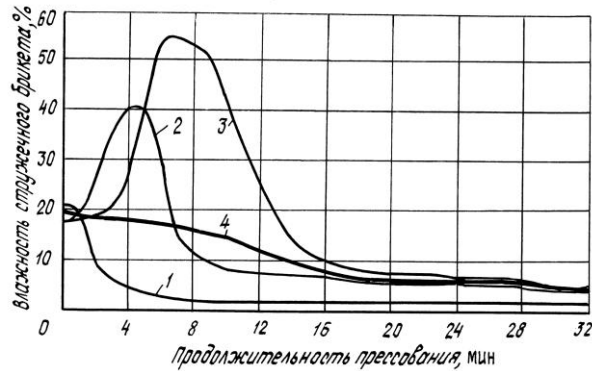
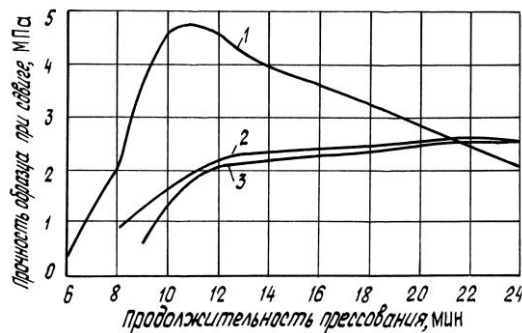


Рис. 3. Изменение влажности стружечного брикета во время прессования: 1 – наружный слой; 2 – промежуточный слой; 3 – внутренний слой; 4 – средняя влажность

Образцы шпона (длина 60 мм, ширина 15 мм, толщина 1,5 мм) за время, измеряемое минутами, не успевают, в отличие от стружки, увлажниться по всему объему. Тем не менее, берем на себя смелость утверждать, что в наших опытах наружные слои шпона, участвующие в процессе склеивания, имеют влажность, сопоставимую по величине с влажностью древесных частиц, образующих брикета. Следовательно, результаты определения прочности клеевого шва между пластинами шпона могут объективно характеризовать процессы склеивания, протекающие внутри древесностружечного брикета.

Рис. 4. Изменение прочности при сдвиге склеиваемых образцов шпона в зависимости от продолжительности прессования на расстоянии 4 мм от пласти (1), 14 мм от пласти и 70 мм от центра (2), в центре плиты (3)



Результаты измерения прочности клеевых соединений, полученные в разные периоды цикла прессования образцов, расположенных в различных местах древесностружечного брикета, представлены на рис. 4. Анализируя графические зависимости, необходимо отметить, что процессы склеивания начинаются по прошествии довольно большого периода времени с начала прессования. Так, на расстоянии 4 мм от пласти брикета первое клеевое соединение, поддающееся измерению, нам удалось получить лишь после 6-й минуты прессования (кривая 1). Для склеивания шпона во внутреннем слое

потребовалось еще больше времени: в середине брикета – 9 мин (кривая 3), на расстоянии 70 мм от кромки – 8 мин (кривая 2). К моменту образования клеевых соединений происходило снижение влажности шпона до 12...22 %. Дальнейшее прессование приводит к нарастанию прочности клеевых соединений. Особенно значительно этот показатель увеличивается в слоях брикета, приближенных к нагревательным плитам пресса. Уже к 10-й минуте цикла прессования прочность склеивания достигает максимума (4,7 МПа) и удерживается на этом уровне до 12-й минуты, средняя влажность шпона в этот период (см. рис. 2) составляет 3,5 ... 4,0 %, стружки (рис. 3) – 6 ... 8 %. Дальнейшее увеличение продолжительности прессования приводит к постепенному снижению прочности склеивания на фоне почти не изменяющейся влажности образцов шпона. Вероятно, это явление связано с деструктивными процессами, протекающими в отвержденном связующем при длительном воздействии высокой температуры.

Во внутреннем слое первые признаки склеивания появляются после 8 – 9-й минуты прессования, когда влажность древесины становится равной 18 ... 22 %. После этого и вплоть до 12-й минуты прочность клеевого соединения быстро возрастает, после чего упрочнение клеевого шва хоть и имеет место, однако его нельзя считать значительным. Влажность шпона в середине плиты на 12-й минуте составляет около 10 % (см. рис. 2), стружки – 14 ... 24 %.

Анализируя графические зависимости, представленные на рис. 4, можно сделать вывод о том, что древесностружечные плиты толщиной 28 мм лучше всего прессовать в течение 12 мин. Именно такая продолжительность прессования позволяет получить наиболее высокую прочность клеевых соединений в наружных и промежуточных слоях стружечного брикета и достичь близкого к максимальному склеивания во внутреннем слое.

На основании выполненных исследований установлено следующее:

а) клеевые соединения между древесными частицами внутри стружечного брикета начинают образовываться после 6 – 9-й минуты прессования в зависимости от места их расположения в брикете;

б) прочность клеевых соединений находится в корреляции с влажностью древесины, образование склеек начинается при влажности 12 ... 22 %, максимальная их прочность достигается при влажности 4 ... 10 %;

в) оптимальная продолжительность прессования древесностружечных плит толщиной 28 мм составляет 12 мин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тулейко В.В., Снопков В.Б. Исследование процесса прессования древесностружечных плит увеличенной толщины // Тр. БГТУ. Сер. II, Лесн. и деревообр. пром-сть. – 1999. – Вып. VII. – С. 115–122.

2. Тулейко В.В., Снопков В.Б. Прессование древесностружечных плит увеличенной толщины. 1. Явления тепло- и массопереноса в древесностружечном брикете // Лесн. журн. – 2001. – № 3. – С. 95–101. – (Изв. высш. учеб. заведений).

Белорусский государственный
технологический университет

Поступила 25.01.01

V.V. Tuleiko, V.B. Snopkov

Compression of Wood Chipboards of Increased Thickness.

3. Bonding inside Chipboard Briquette

The correlation of adhesive bonds and wood humidity is found. It is shown that adhesive bonds start forming after the 6– 9th minute of compression at the briquette humidity of 12...22 %. The maximum strength is achieved on the 12th minute of compression at the wood humidity of 4...10 %.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 662.63

***В.Н. Пиялкин, С.Е. Грязнов, Е.А. Цыганов, А.В. Чалова,
О.М. Соколов, Н.И. Богданович***

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. Имеет более 170 печатных трудов в области исследования процессов сульфатной варки, изучения свойств и применения технических лигнинов.



Богданович Николай Иванович родился в 1943 г., окончил в 1969 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой лесохимических производств Архангельского государственного технического университета. Имеет более 210 печатных трудов в области изучения пиролиза древесины и отходов ее химической и механической переработки с получением адсорбентов для очистки сточных вод и газовых выбросов, а также адсорбционных методов очистки сточных вод и переработки осадков.



ТЕХНИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТЕРМОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ ЖИДКОГО ТОПЛИВА ИЗ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ

На основании анализа имеющихся литературных данных о скоростном пиролизе, газификации и термохимической конверсии древесного сырья делается вывод об экономической целесообразности производства на их основе качественных жидких топлив.

пиролиз, газификация, конверсия термохимическая, топлива жидкие синтетические.

Квалифицированное использование отходов древесного сырья от лесозаготовок, лесопиления и деревообработки является одной из наиболее серьезных и пока не решенных проблем лесного комплекса. Так, фактически даже не налажен учет корней и корневой древесины, сучьев, вершинника,

коры, хвои, листьев и пр. [4]. В целом можно считать, что отходы составляют до 65 % от массы заготавливаемой древесины. Например, при лесозаготовках возможные объемы переработки такого сырья составляют не менее $30 \cdot 10^6$ пл. м³, а с учетом неиспользуемой и неучитываемой растительной биомассы дерева количество его фактически удваивается [20].

Теплотворная способность древесины как топлива определяется элементным составом и практически не зависит от породы, так как содержание углерода С колеблется от 48,8 до 50,7 %, а водорода Н – от 6,00 до 6,25 %. Соответственно высшая теплотворная способность органической массы древесного сырья находится в пределах 18,64 ... 19,86 МДж/ кг. Древесину и древесные отходы трудно отнести к типу качественных топлив промышленного назначения ввиду высокой естественной влажности и относительно низкой энергоемкости. Мнения исследователей о целесообразности непосредственного использования древесины в качестве энергетического топлива противоречивы. Так, некоторые ученые отмечают низкую удельную объемную теплотворную способность, невозможность организации грамотного ее сжигания с минимальным α и резким увеличением содержания механического уноса и NO_x в выбросах в атмосферу [52]. В свою очередь шведские исследователи пропагандируют экономически целесообразное теплоснабжение небольших поселков за счет сжигания так называемой топливной щепы из любых отходов древесного сырья [6]. Ими разработан, проверен и предложен полный комплекс оборудования для сбора, рубки, транспортировки и хранения такого топлива. Установлено, что его себестоимость в радиусе 200 км не превышает 4,18 долларов США за 1 пл. м³.

Одно из перспективных направлений многотоннажной утилизации древесных отходов – производство на их основе обгазированного жидкого топлива термохимическими методами. Возрастающий интерес к этой области исследований обусловлен тем, что растительная биомасса является возобновляемым источником, а в регионах с большими запасами такого сырья, особенно в отдаленных районах, использование «жидкой древесины» вместо нефтяного топлива может быть экономически целесообразным уже и в настоящее время [24].

Из термохимических способов в первую очередь следует отметить методы скоростного пиролиза, газификации и интенсивно прорабатываемое направление – термохимическая конверсия [17, 26, 41]. В США ежегодно выделяется 25 млн долларов из федерального бюджета на поиск эффективных путей энергетического использования древесных отходов, причем прямое ожигание древесины в искусственную нефть считается наиболее перспективным [7]. Данное решение основано на положительных результатах промышленной проверки различных вариантов технологий термического ожигания ископаемых углей. Предполагается, что в ближайшие годы последние реально могут обеспечить производство жидких топлив в объеме 20 ... 40 млн т/год. По оценке Department of Energy производство топлива из биомассы может составить до 20 % от их общего производства в США.

Альтернативно искусственной нефти успешно развивается промышленное производство качественного моторного топлива типа высокооктанового бензина на основе генераторных и пиролизных синтез-газов по ФТ-технологии [8]. По мнению академика Я.М. Паушкина [9], возможно получение жидких моторных топлив из растительной биомассы через генераторный синтез-газ на передвижных малогабаритных технологических установках. Экономическая целесообразность создания таких модулей должна быть доказана подробным технико-экономическим обоснованием.

Рассмотрим технические и экономические аспекты методов термохимической переработки древесной биомассы с учетом характеристик процессов, оборудования, выхода и качества получаемых продуктов.

Методы скоростного пиролиза

Основными преимуществами данного направления являются простота аппаратного оформления и проведение процесса при атмосферном давлении. Из продуктов пиролиза к жидкому топливу в данном случае относится пирогенная смола с теплотворной способностью 25 ... 27 МДж/кг и плотностью 1120 ... 1180 кг/м³.

Ниже представлены различные модификации высокоскоростного пиролиза.

Методы низкотемпературного пиролиза по традиционной технологии позволяют получить выход смол всего 10 ... 12 % от абс. сухой древесины. Поэтому усилия исследователей направлены на изучение механизма разложения и разработку технологии с максимальным выходом «топливной смолы» при варьировании температуры и давления, времени пребывания парогазов и сырья в реакционной зоне, использовании восстановительной среды и катализаторов [51]. Скотт [46] сообщил о разработке непрерывного низкотемпературного скоростного пиролиза древесины лиственных пород в псевдооживленном слое для получения жидкого топлива и угля. Условия пиролиза: температура 425 ... 650 °С, атмосферное давление, размер частиц древесины 0,1 ... 0,25 мм, продолжительность контакта 0,4 ... 1,0 с. Выход жидких продуктов при оптимальной температуре 500 °С достигает 65 %, смолы – до 56 %. Проведенный авторами экономический анализ процесса показал, что при использовании жидких продуктов пиролиза в качестве топлива их стоимость будет сопоставима с нефтяным топливом. Основная часть затрат приходится на сырье, его сушку и измельчение.

Следует отметить технологические разработки по увеличению выхода пирогенной смолы в процессе пиролиза древесного сырья при температуре более 350 °С под вакуумом [14] с целью получить жидкое топливо и химическое сырье на основе древесной смолы. При остаточном давлении $1,3 \cdot 10^3$ Па выход масел составил до 33,63 % от абс. сухой древесины. Разрабатывается технология такого пиролиза, где газы и уголь сжигаются, а полученное тепло используется для сушки сырья и осуществления процесса.

Методы окислительного пиролиза [1, 28] основаны на подводе тепла для пиролиза за счет сжигания собственных парогазов разложе-

ния древесины непосредственно в слое, так как реакции окисления в газовой фазе протекают значительно быстрее, чем гетерогенный процесс окисления угля. Фирма «Georgio Tech» разработала установку окислительного пиролиза древесных отходов с получением жидкого топлива (пирогенной смолы), выход которой в 1,5–2,0 раза выше относительно обычных методов. В этом же направлении проведены работы по скоростному пиролизу в формованном слое. Следует подчеркнуть, что внутренний нагрев при интенсификации пиролиза является основным, но существующие методы термической переработки не позволяют полностью использовать всю его реакционную поверхность. Даже пылевидный и псевдооживленный способы, несмотря на их поточность, непрерывность и большую общую производительность, обладают сравнительно низкой удельной интенсивностью. По-видимому, термическая переработка формованных топлив с развитой внутренней реакционной поверхностью является наиболее прогрессивной. Так, увеличение скорости теплоносителя без нарушения устойчивости слоя позволяет свести до нуля роль диффузионного торможения скорости пиролиза и увеличить ее значение до величины, близкой к константе скорости химической реакции. Промышленная проверка данного метода на отработанной щепе канифольно-экстракционного производства в установке производительностью 0,3 т/ч подтвердила возможность интенсификации процесса пиролиза до 5,9 т/(м³·ч) по сырью [10]. С учетом коэффициента заполнения реактора продолжительность пребывания сырья в реакционной зоне составила 144 с, скорость теплоносителя – 7,0 м/с, суммарная (с учетом объема образующихся парогазов пиролиза) скорость – 9,0 м/с, выход угля – 15,0 %, суммарной смолы – 21,9 %.

Расчеты показывают, что при цене на топливную щепу 4 доллара за 1 м³ и 70 %-й стоимости сырья в товарном продукте, себестоимость «синтетической нефти» с учетом дополнительного продукта (древесного угля) будет составлять 40 ... 50 долларов/т.

Методы ультрапиролиза [39] при скорости нагрева около 1000 °С/с древесины хвойных и твердолиственных пород в виде опилок (фракция 0,14...2,00 мм) и повышении температуры от 500 до 1000 °С приводят к увеличению степени газификации до 60 ... 65 %. Максимальную теплотворную способность (20,0 МДж/м³) имеет газ, полученный при 700 ... 800 °С. С увеличением влажности от 0 до 100 % при температуре 1000 °С степень газификации возрастает с 62 до 76 %, теплотворная способность газа – с 13,0 до 17,0 МДж/кг древесины. Энтальпия реакции газификации равна 19,5 МДж/кг. До температуры 600 ... 700 °С реакция экзотермична, а выше 700 °С – эндотермична. Исследованиями пиролиза древесных отходов в интервале температур 700 ... 1000 °С и скорости нагрева 250 ... 300 °С/с установлено, что при 800 ... 900 °С получается в основном топливный газ, обогащенный углеводородами, а при 900 ... 1000 °С – преимущественно синтез-газ [32]. Доказана возможность регулирования состава газа путем выбора соответствующего катализатора [34]. Так, для получения газа с высоким содержанием углеводородов следует осуществлять

пиролиз сухой древесины в присутствии оксида алюминия и алюмосиликатов, а для преимущественного получения синтез-газа необходимо использовать биомассу с большим содержанием воды и металлический катализатор на носителе, например никель на мордените.

В университете Западного Онтарио [31] разработан процесс и установка ультрапиролиза биомассы, где обеспечивается быстрый (менее 100 мс) прогрев сырья в псевдооживленном слое до температуры 700 ... 1000 °С при минимальной продолжительности контакта (менее 500 мс). В Канаде [29] испытана промышленная установка получения синтез-газа из древесных отходов. Отходы подвергали пиролизу при 820 °С с получением пиролизного газа в количестве 89,5 % от сухой древесины. В реформере углеводороды газа превращались в H_2 и CO , а остаток CO_2 и воды удаляли очисткой. Отношение H_2 и CO в очищенном газе составляет 1,8 : 1,0, т. е. он наиболее пригоден для синтеза метанола. На 1 т метанола расходуется 2,2 т древесных отходов.

Электротермические методы пиролиза являются одним из перспективных направлений в разработке новых технологий термического разложения древесины. В первую очередь, это связано с интенсификацией процесса и возможностью быстрого и точного регулирования количества подводимого тепла. Так, исследована возможность осуществления ультрапиролиза березовой древесины, целлюлозы и лигнина в электрическом разряде при разности потенциалов 20 кВ [47]. Основной компонент газа – CO . Относительно высокое содержание в газе ацетилена (из древесины – 6,2 %, целлюлозы – 33,4 %, лигнина – 15,5 %) свидетельствует о высокотемпературном характере процесса и влиянии микрозарядов на электрокрекинг летучих продуктов пиролиза. Опыты по высокочастотному пиролизу (30 МГц) показывают, что ВЧ-нагрев является скоростным, безынерционным; выход конденсата – 57,1 %. Следует также отметить, что несмотря на высокую удельную производительность по сырью (до 4,5 т/(м³·ч) реакционной зоны) расход электроэнергии составляет не менее 4,7 кВт·ч/кг перерабатываемой древесины [12]. Результатом плазмохимической обработки древесины (30 ... 60 В, 150 ... 500 А) являются только парогазы (ацетилен, H_2 , CO) и мелкодисперсный углерод (сажа ПМ-75) с выходом 14,0 ... 24,1 % [11].

Практическое значение представляет электротермический непрерывный пиролиз древесного сырья в виде щепы (47,5 В; 2,42 А/см³) [13]. Температура в зоне прокаливания достигает 830 ... 1000 °С, соотношение паров и газообразных продуктов пиролиза определяется продолжительностью их пребывания в реакционной зоне $\tau_{п.г.}$. При увеличении $\tau_{п.г.}$ от 0,04 до 0,10 с выход смолы снижается с 37,5 до 4,3 % при соответствующем увеличении выхода неконденсирующихся газов с 20,3 до 73,1 %. Проводимые по электротермическому пиролизу исследования показывают высокую эффективность процесса с удельной производительностью до 13,2 т/(м³·ч) по реакционной зоне и расходом электроэнергии по сырью 0,44 кВт·ч/кг. Данный метод открывает возможность получения не только жидкого топлива (37,5 %), но и дополнительно новых сортов древесного угля с содержанием

летучих веществ 1,5 ... 2,0 %, что невозможно при традиционных методах нагрева, но необходимо для ряда перспективных потребителей.

Методы газификации

В настоящее время производство искусственных жидких моторных топлив из генераторных синтез-газов широко распространено в ЮАР (более 5 млн т в год). Древесина является хорошей основой для получения генераторных газов разного состава и назначения. В современной технологии газификации древесного сырья разработаны и применяются следующие основные способы [2, 15, 23, 25]:

1. Автотермичный процесс прямой газификации сырья в плотном слое с отбором неконденсирующихся жидких продуктов пиролиза (кислая смола) и переводом нелетучего остатка в генераторный газ. Способ характеризуется наличием противотока сырья и дутья, а также швельшахты.

2. Автотермичный процесс обращенной газификации в плотном слое при наличии вторичного разложения всех летучих продуктов пиролиза в зоне горения–восстановления. Способ характеризуется наличием прямотока сырья и дутья, а также фактическим отсутствием смолистых веществ в получаемом газе.

3. Автотермичный полуобращенный процесс газификации с поперечными потоками сырья и дутья. Способ применяется в аппаратах большой производительности по сырью.

4. Аллотермичный процесс высокотемпературного пиролиза древесного сырья и газификации нелетучего остатка с целью получить синтез-газ, предназначенный для производства метанола или разветвленных метановых углеводородов, которые являются основными компонентами высокооктановых моторных топлив.

Метанол может непосредственно использоваться в качестве жидкого моторного топлива в смеси с бензином (газохолл). В последнее время метанол в значительных количествах перерабатывают в углеводородное топливо по технологии фирмы «Mobil Oil Corp». Процесс ведут в присутствии синтетических цеолитов с получением до 44 % высокооктанового бензина.

Отечественные исследователи также показали принципиальную возможность получения жидких углеводородов из продуктов газификации растительного сырья для выработки жидких углеводородов (кобальто-магниевый катализатор, содержание метанола – 30 %, выход углеводородов $C_1 \dots C_{22}$ по массе – до 29 ... 46 % от исходного газа).

К настоящему времени подробно изучено влияние сырьевых и режимных факторов [5]: размера частиц древесины, породы древесины, влаги и температуры на выходе и качество получаемых продуктов газификации. Как показали исследования [22], интенсификация процесса достигается использованием катализаторов, взвешенного слоя, давления и применением кислородного дутья. Испытаны различные катализаторы, ускоряющие процесс газификации: CaO , Na_2CO_3 , $Ca(CH_3COO)_2$, $Ca(NO_3)_2$, K_2CO_3 , NiO/Al_2O_3 ,

Ni/Al₂O₃, Ni-Cu-Mo/SiO₂, Ni-Co-Mo/SiO₂-AlO₃, зола и др. [21]. Так, Ni/Al₂O₃ позволяет повысить выход газа с 50 до 90 % при следующем составе газа (об. %): H₂ – 53, CO – 27, CO₂ – 17 [50]. Подробно влияние катализаторов на газификацию биомассы древесины рассмотрено в работе [1].

Одной из фирм разработан процесс, проводимый в присутствии никелевого катализатора при атмосферном давлении и температуре 550 °С. Получаемый газ содержит 20 ... 25 % метана. В другом варианте процесс газификации осуществляют при давлении 2,3 МПа и температуре 610 ... 670 °С. Древесина в данном случае на 95 % превращается в генераторный газ, состоящий из 20 % H₂, 18 % CH₄, 10 % CO и 25 % CO₂.

Сообщалось [30], что в соответствии с правительственной программой Канады разработана и смонтирована установка газификации древесной щепы производительностью 10 т/ч. Сырье подается в нижнюю часть газогенератора (диаметр 2,0 м, высота 13,0 м) в слой кипящего инертного теплоносителя (песка). Процесс производится при температуре 777 ... 825 °С, давлении 0,36 ... 1,40 МПа и кислородном дутье. Степень превращения древесины в газ – 98 %, получаемый синтез-газ используется для производства метанола.

В работе [18] рассмотрены четыре проекта опытных установок фирм «Крезю Луар» (Франция), «Лурги» (ФРГ), «Джон Браун Беллман ОДВ» и «Италэнерджи АGIP» для получения синтез-газа из биомассы, разработанных и испытанных под эгидой Комиссии Европейского экономического сообщества (мощность по сырью от 4,8 до 12,0 т/сут).

Фирма «Omnifuel Gasification Systems» (Канада) заключила контракт на строительство промышленного газификатора для производства синтез-газа из древесных отходов [44]. Производительность по сырью 300 т/сут, по конечному продукту (метанолу) – 165 т/сут.

Разработан непрерывный процесс переработки древесины в дизельное топливо [40], включающий два газификатора с псевдооживленным слоем и циркуляцией инертного теплоносителя. Древесные отходы непрерывно подаются в газификатор, где они пиролизуются до синтез-газа, содержащего 15 % олефинов, 15 % парафинов, 30 % CO, 30 % H₂, 10 % CO₂, который затем превращается в жидкое топливо. Из 2 т сухой древесины может быть получено 190 ... 380 л углеводородного топлива.

Ассоциация по разработке топлив газификацией древесины (ASCAB) [14] разработала технологию получения метанола методом кислородно-паровой газификации биомассы под давлением из щепы размером 20×20×5 мм. Головной модуль «Газо-30», построенный в г. Кламси, включает: узел газификации в кипящем слое (диаметр 1,5 м) под давлением 1,5 МПа при паро-кислородном дутье и рабочей температуре 700 ... 800 °С (первая ступень); реактор доокисления газа, смол, углерода (диаметр 1,7 м) с температурой 1300 °С (вторая ступень); закалка газа, частичное обеспыливание и охлаждение (третья ступень).

Показатели	Значения показателей для установки	
	«Крезол»	«Кламси»
Давление, МПа	0,10	1,50
Производительность по сухой древесине, кг/ч	350	2500
Влажность сырья, %	15	15
Температура, °С:		
кипящего слоя	700...750	700...750
в реакторе окисления	1200...1450	1200...1450
Расход на 1 кг сухой массы, кг:		
кислорода	0,57	0,60
пара	0,08	0,04
Степень конверсии углерода, %	99,3	98,0
Термический КПД, %	69,0	70,0
Выход метанола на 1 кг сухой древесины, кг		

Технические характеристики синтез-газа из древесины по данным ASCAB представлены в таблице.

Методы термохимической конверсии

Термохимическое ожижение в настоящее время рассматривается как реальный и перспективный способ получения жидкого топлива из ископаемых углей и возобновляемой биомассы [35, 36, 38]. В практических целях рекомендуется применять растворители, которые образуются в самом процессе ожижения и могут быть регенерированы и возвращены в технологический цикл. Для повышения теплотворной способности получаемого топлива необходимым условием термоожижения считается наличие восстановительной среды. Ниже представлены основные направления термохимической конверсии.

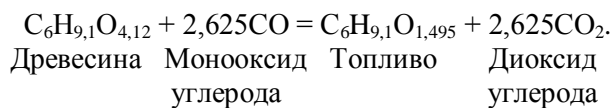
Гидрогенизация биомассы осуществляется в среде жидких или газообразных доноров водорода с использованием катализаторов, давления до 40 МПа и температуры до 400 °С [37]. Это один из наиболее сложных процессов термохимической конверсии по параметрам и аппаратурному оформлению, позволяющий получать продукты с максимальным соотношением углерод : водород. Процесс гидрирования древесины в присутствии никеля Ренея, благодаря высокой эффективности и выделению катализатора из жидких продуктов методом магнитной сепарации, считается особенно перспективным. Так, разработан способ, где водную суспензию измельченной древесины гидрируют 2 ч в присутствии катализатора при давлении 10 МПа и температуре 325 ... 370 °С. Из 1 кг сухой древесины получают 0,4 кг жидкого топлива с теплотворной способностью 33,6 ... 37,8 МДж/кг. В работе [53] сообщается о процессе прямой гидрогенизации древесины тополя и показано, что на выход и характеристику масел в основном влияет соотношение древесина : водород. Так, при соотношении 3,5 г/г, температуре 350 °С и 2-часовой обработке выход масел составил 20,6 %. Масло низковязкое с теплотворной способностью 40,8 МДж/кг.

Наибольший выход масел (до 31,5 %) средней вязкости с теплотворной способностью 32,2 МДж/кг достигнут при соотношении 8,7 г/г.

Одним из способов получения жидких продуктов в отсутствии молекулярного водорода является ионное гидрирование [19], которое проводится при более низких температурах (250...350 °С) и давлениях (1 ... 3 МПа). Его характерная особенность – относительно большое насыщение продуктов ожижения водородом.

СО-процесс – перевод целлюлозосодержащих материалов в жидкое (котельное) топливо в присутствии оксида углерода.

Как отмечает Егер [48], здесь наиболее важным параметром является соотношение вода : древесина. Установлено, что выход масла из сырой древесины на 5 % выше, чем из высушенной. В качестве катализаторов могут быть использованы гидроксиды, карбонаты и формиаты К или Na, гидроксид и карбонат Са. Автор работы [27] приводит результаты исследований ожижения по полунепрерывному процессу и отмечает возможность увеличения степени конверсии при более низком, по сравнению с периодическим процессом, давлении. В практическом отношении наиболее известен PERC/ALBANY-процесс [3], где в качестве растворителя древесины используют рециркулирующее масло, добавляют около 5 частей катализатора (5 %-й раствор Na₂CO₃) на 100 частей смеси и обрабатывают в среде СО и Н₂ при температуре 340 ... 350 °С. Выход масла с теплотворной способностью 29 ... 33 МДж/кг составляет до 70 % от исходной древесины. Действующая установка производительностью 3 т/сут по сырью эксплуатируется фирмой «Раст Инжинеринг». При давлении 28 МПа и температуре 350 °С сырье превращается в топливное масло, близкое к марке Боннер С. При однократном проходе древесины конверсия составляет 50 ... 70 %, продолжительность пребывания в реакционной зоне 5 ... 10 мин, температура более 275 °С, энергоемкость термолизата 35,6 кДж/кг, содержание С – 77 %, Н – 6,5 %, О – 8,4 %, плотность – 1,2 г/см³. Процесс ожижения протекает по схеме



При цене древесных отходов в США 10 долларов за тонну стоимость получаемого топлива на первом этапе промышленных выработок составляет около 300 долларов за тонну. По данным фирмы, процесс можно проводить и в водной среде, но тогда выход жидкого топлива всего 30 ... 35 %.

Субкритическая экстракция. Ее проводят в среде органических низкокипящих или высококипящих растворителей при давлении до 28,0 МПа и температуре до 350 °С. Большинство авторов для этих целей использовали ацетон, метанол, этанол, фенол, глицерин, тетралин, толуол, фракции каменноугольных и сланцевых смол. Принято, что при выборе соответствующего растворителя достигается селективность и последователь-

ность деструкции компонентов древесного сырья [43]. Исследовано влияние основных факторов (температура, давление, расход растворителя) на процесс надкритической экстракции древесины тополя в трубчатом проточном реакторе [49]. Основным фактор, влияющий на степень конверсии (которая достигает 90,2 %) – скорость нагрева.

Термохимическое растворение древесины в расплавах. Снижение рабочего давления процессов ожижения до атмосферного достигнуто при использовании расплавов формиатов щелочных металлов, которые при температуре 170 ... 350 °С могут выступать в роли жидкофазных доноров водорода. Данная схема позволяет получить 10 ... 12 % масла. Термодинамические (расчетные) оценки авторов показали возможность в замкнутом цикле увеличить выход жидких продуктов до 18 % [16].

Ожижение в водной среде с карбонатами дает удовлетворительные результаты только для субстратов типа древесины, содержащих большое количество кислорода. Выбор воды в качестве растворителя обусловлен тем, что сложно и экономически нецелесообразно проводить предварительно глубокую сушку сырья, так как вода всегда будет присутствовать в реакционной массе за счет дегидратации. Каталитическое действие карбонатов при ожижении в присутствии СО объясняется образованием в ходе реакции водорода. Японскими исследователями [33, 42] найдены оптимальные условия, обеспечивающие выход масла до 47 % с теплотворной способностью 31 ... 34 МДж/кг: начальное давление 2 МПа, температура 300 °С, соотношение древесина : катализатор (K_2CO_3) : вода – 5,0 : 0,2 ... 0,3 : 30,0. Несмотря на то, что энергоемкость получаемых масел ниже, чем тяжелой нефти, предполагается, что данный способ имеет перспективу, так как процесс осуществляется без подвода водорода извне.

Выводы

Термохимическая конверсия является наиболее перспективной технологией химической переработки отходов древесного сырья:

появляется возможность варьирования выхода и качества получаемых продуктов за счет регулирования параметров ожижения;

при ожижении в водно-фенольной среде возможно сохранение целлюлозной части сырья;

термолизаты («жидкая древесина») можно рассматривать как химическое сырье для производства антиокислителей, ПАВ, копильных препаратов, активных добавок в дорожном строительстве и др.;

экономическая целесообразность производства качественной жидкой древесины из разнопородных и полифракционных отходов древесного сырья вполне очевидна и несомненно перспективна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богданович Н.И. Ресурсосбережение и повышение экологической безопасности предприятий химико-лесного комплекса с применением методов пиролиза: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Архангельск, 1998. – 49 с.
2. Зорина Г.И., Брух-Цеховой А.Р. Современное состояние технологии газификации за рубежом. – М.: ВНИИТЭнефтехим, 1986. – 48 с.

3. *Кислицын А.Н.* Пиролиз древесины. Химизм, кинетика, продукты, новые процессы. – М.: Лесн. пром-сть, 1990. – 312 с.
4. *Коробов В.В., Рушинов Н.П.* Переработка низкокачественного древесного сырья. – М.: Экология, 1991. – 240 с.
5. *Лямин В.А.* Газификация древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1967. – 260 с.
6. Материалы международного семинара «Программа развития природо-сберегающих энергетических систем в странах Балтии и Восточной Европы» (г. С.-Пб, 11 апр. 1996). – С.-Пб.: Лисинский лесной колледж, 1996. – С. 34-53.
7. Национальная программа получения топлива из биомассы / Т. Mitchell, В. Schroeg, М. Ziewke, G.Peters // Chemtech. – 1983. – Vol. 13, N 4. – P. 242–249.
8. Оценка перспектив для 18 проектируемых процессов производства синтетического топлива // Oil and Gas 1. – 1980. – Vol. 78, N 49. – С. 40–51.
9. *Паушкин Я.М., Горлов Е.Г.* Синтетическая нефть из растительного сырья // ДАН БССР. – 1984. – Т. XXVIII, № 3. – С. 236–238.
10. *Пялякин В.Н., Зайцев В.М., Атрошко В.В.* Интенсификация процесса пиролиза измельченной древесины при повышенной температуре // Лесохимия и подсочка. – 1975. – № 10. – С. 13–14.
11. *Пялякин В.Н., Никкинен А.П., Зайцев В.М.* Пиролиз древесины в низкотемпературной плазме // Лесохимия и подсочка. – 1973. – № 8. – С. 11–12.
12. *Пялякин В.Н., Федоров В.А., Славянский А.К.* Высокочастотный пиролиз древесины // Материалы научно-технической конф. ХТФ. – Л.: ЛТА, 1971. – С. 3–5.
13. *Пялякин В.Н., Федоров В.А., Славянский А.К.* Применение электрического тока для пиролиза древесины // Лесохимия и подсочка. – 1974. – № 7. – С. 7–8.
14. Получение синтез-газа для производства метанола газификацией биомассы // ЦНИТИХИМнефтемаш. – № 10. – 1987. – 44 с.
15. *Саламонов А.А.* Установки для сжигания и газификации древесных отходов // Пром. энергетика. – 1985. – № 2. – С. 52–54.
16. *Тарабанько В.Е., Кудряшев А.В., Кузнецов Б.Н.* Получение жидких продуктов из древесных отходов // Изв. СО РАН. Сер. хим. наук. – 1992. – Вып. 6. – С. 14–24.
17. *Терентьев Г.А., Тюков В.М.* Моторные топлива из альтернативных сырьевых ресурсов. – М.: Химия, 1989. – 240 с.
18. Техническая оценка процесса газификации древесины // EPR 1 Techn. Rept. Sum. Adv. Pomer Syst. Div. – 1982. – P. 25–67.
19. *Чернецкая Н.В., Баженов Б.А., Полубенцева М.Ф.* Ожижение в условиях ионного гидрирования в присутствии растворителей различного типа // Химия твердого топлива. – 1990. – № 6. – С. 50–54.
20. *Ягодин В.И.* Проблемы заготовки и глубокой химической переработки всех элементов биомассы дерева // Изв. С.-Пб ЛТА. – 1993. – С. 222–230.
21. *Baker E.G., Mudge L.K., Brown M.D.* Steam gasification of biomass with nickel secondary catalysts // Ind. and Eng. Chem. Res. – 1987. – Vol. 26, N 7. – P. 1333–1339.
22. *Baker E.G., Mudge L.K., Mitchell D.* Oxygen steam gasification of wood in a fixed-bed gasifier // Ind. and Eng. Chem. Proc. Des. and Dev. – 1984. – Vol. 23, N 4. – P. 725–728.
23. *Bridgwater A., Beenackers A.* Gasification and pyrolysis of biomass in Europe // Biomass Energy and Ind.: 5th Eur.Conf., Lisbon, 9-13 Oct., 1989. – P. 38–40.

24. *Bridgwater A., Double J.* Production costs of liquid fuels from biomass: Adv. Transp. Fuels EC Conf., Palermo Oct., 1990 // Int. J. Energy Res. – 1994. – Vol. 18, N 2. – P. 79–95.
25. *Buseens A., Schoetens J.* Европейский опыт в области газификации и пиролиза биомассы // Conservand Recycl. – 1986. – Vol. 9, N 3. – P. 253–259.
26. *Czencz M.* Novenyi basison eloallitolt uzemanyagok // Musz. gard. mag. – 1991. – N 3. – P. 1427–1462.
27. *Eager R., Pepper J.* A Small-scale semi-continuous reactor for the conversion of wood to fuel oil // Can. J. Chem. Eng. – 1983. – Vol. 61, N 2. – P. 189–193.
28. *Fussey D., Rokech B.* Переработка древесины и коры в топливо // Sol. Word Forum Prac.: Int. Sol. Energy Soc. Congr., Brighton, 23-25 Aug., 1981. – Oxford e. a., 1982. – Vol. 2. – P. 1268–1272.
29. *Graham R., Bergougnou M.A., Overend R.P.* Fast pyrolysis of biomass // J. Anal. and Appl. Pyrol. – 1984. – Vol. 6, N 2. – P. 95–135.
30. *Gravel G., Chamberland A.* Испытание и оценка газификатора древесины высокого давления Ю-и/н // Energy Biomass and Warts 10th Conf., Washington, Apr. 7-10, 1986. – London; Chicago, 1987. – P. 713–720.
31. *Hemati M.* Etude de la pyrolyse et de la gazification de bois par thermogravimétrie et en lit fluidise de catalyseur // These Doct. Ing. Inst. Nat. Polytechn. – Toulouse, 1984. – Var. pag. 1, II-X. – P. 231–237.
32. High-temperature gasification of carbonaceous materials by flash pyrolysis / P. Corte, V. Herault, S. Castillo, J.P. Traverse // Fuel. – 1987. – Vol. 66, N 8. – P. 2107–2114.
33. *Jokoyama S.* Технология каталитического сжижения древесины // J. Fuel. Soc. Jap. – 1985. – Vol. 64, N 2. – P. 80–39.
34. *Katagguine S., Grandmaison J.* Production of hydrocarbons from Aspen Poplar pyrolytic oils over H-ZSM 5/P // Appl. Catal. – 1984. – Vol. 10, N 3. – P. 317–332.
35. *Kuester J.* Дизельное топливо из биомассы получаемое при непрерывном ожижении / Bionergy 84 Prac. Int. Conf., Gotelony, 15-21 lune, 1984. – Vol. 3. – London, 1985. – P. 48–55.
36. *Lamm St., Arit W.* Thermodynamische Betrachtung eines Verfahrens zur Umwandlung von Biomasse in flussige Brennstoffe / BWK: Brenst.-Warme-Kraft. – 1995. – 47, N 10. – P. 437–442.
37. *Meier D., Fuchs K., Faix O.* Прямое гидроожижение еловой древесины в легкие и средние фракции / Energy Biomass and Waster 10th Conf., Apr. 7-10, Washington, 1986. – London; Chicago, 1987. – P. 785–799.
38. *Moffett J., Overend R.* Прямое ожижение древесины и каталитического деоксигенирования: инженерная оценка // Biomass. – 1985. – N 2. – P. 99–123.
39. *Mok L., Graham R., Freel B.* Fast pyrolysis (ultrapyrolysis) of cellulose and wood components // J. Anal. and Appl. Pyrol. – 1985. – Vol. 8. – P. 391–400.
40. *Mudge L., Baker E., Mitchel D., Brown M.* Catalytic steam gasification of biomass for methanol and methane production // Trans. ASME: J. Solar Energy Eng. – 1985. – Vol. 107. – P. 88-92.
41. North Dakota liquefaction hits \$ 20 /barrel range / J. Rindt, F. Beaver, P. Miller, P. Leister // Coal and Synfuel Technology. – 1994. – N 15. – P. 1–8.
42. *Ogi T., Yokoyama S., Koguchi K.* Direct liquefaction of wood by cataiysr. (Part 1). Effects of pressure, temperature, holding time and wood (catalyst) water ratio on oil yield // J. Jap. Petrol. Inst. – 1985. – Vol. 28, N 3. – P. 239–245.

43. *Petrocelli F., Klein M.* Probabilistic modelling of lignin liquefaction // *Fuel Sci. and Technol. Int.* – 1987. – Vol. 5, N 3. – P. 291–327.
44. *Prince E.G.* Обзор производства жидких топлив из биомассы в Австралии // *World Congr. III Chem. Eng., Tokyo, Sept. 2-25, 1986.* – P. 13–14.
45. Production of liquids from biomass by vacuum pyrolysis. Development, of data base for continuous process / *C. Roy, B. Caumia, P. Plante, H. Menard* // *Energy Biomass and Wastes.* – Chicago, 1983. – Vol. 7. – P. 1147–1167.
46. *Scott D., Piskorz J.* The continuous flash pyrolysis of biomass / *Can. J. Chem. Eng.* – 1984. – Vol. 62, N 3. – P. 404–412.
47. *Sivell A., Beeckmans J., Webster A.* Ultrarapid pyrolysis of biomass using an electrical discharge // *J. Anal. and Appl. Pyrol.* – 1984. – Vol. 7, N 1-2. – P. 185–191.
48. Studies on the products resulting from the conversion of aspen poplar to an oil / *R. Eager, J. Mathews, J. Pepper, H. Zohdi* // *Can. J. Chem.* – 1981. – Vol. 59, N 14. – P. 2191–2198.
49. Supercritical gas extraction of wood with methanol in a tubular reactor / *M. Poirier, A. Ahmed, J. Grandmaison, S. Kaliaguine* // *Ind. and Eng. Chem. Res.* – 1987. – Vol. 26, N 9. – P. 1738–1743.
50. *Yamazaki K., Yamaguchi T., Tanaka Y.* Catalytic gasification of wood for methanol synthesis gas // *Chem. Lett.* – 1983. – N 7. – P. 1029–1032.
51. *Yasiumshi A., Tada Y., Malsuura K.* Влияние условий пиролиза на состав продуктов // *Kagaku ronbunshu.* – 1984. – Vol. 10, N 3. – P. 308–314.
52. *Wegner G.* Экономические аспекты потенциального растительного сырья / *Holz-Roh-and-Werst.* – 1982. – Vol. 40, N 7. – P. 241–245.
53. *Willner T., Brunner G.* Umwandlung von Holz unter dem Einfluss von Wasserstoff und Wasser unter höheren Drucken // *Chem. Ing. Techn.* – 1994. – Vol. 66, N 1. – S. 72-74.

С.-Петербургская лесотехническая
академия
Архангельский государственный
технический университет

Поступила 15.05.01

*V.N. Piyalkin, S.E. Gryaznov, E.A. Tsyganov, A.V. Chalova,
O. M. Sokolov, N.I. Bogdanovich*

Technical and Economic Aspects of Thermochemical Methods of Producing Liquid Fuel out of Wooden Raw Material

Based on the analysis of the registered data related to the dynamic pyrolysis, gasification and thermochemical conversion of the wooden raw material the conclusion is drawn about the economic feasibility of producing qualitative liquid fuels on their basis.

УДК 676. 017.

В.И. Комаров, М.Ю. Кузнецова

Комаров Валерий Иванович родился в 1946 г., окончил в 1969 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии целлюлозно-бумажного производства Архангельского государственного технического университета. Имеет более 160 печатных трудов в области исследования свойств деформативности и прочности целлюлозно-бумажных материалов.



Кузнецова Мария Юрьевна родилась в 1974 г., окончила в 1997 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры технологии целлюлозно-бумажного производства Архангельского государственного технического университета. Имеет более 10 печатных трудов в области исследования деформативности и прочности целлюлозно-бумажных материалов.



**ВЛИЯНИЕ РАСХОДА КАТИОННОГО ПОЛИАКРИЛАМИДА
В КИСЛОЙ И ЩЕЛОЧНОЙ СРЕДАХ
НА ВЯЗКОУПРУГИЕ СВОЙСТВА БУМАГИ**

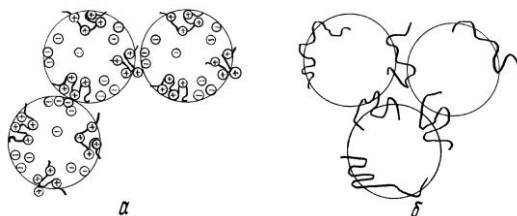
Показано, что увеличение прочности образцов при увеличении расхода флокулянта обусловлено ростом вязкоупругих свойств. Характер деформирования бумаги в присутствии полиакриламида в композиции как при рН 5, так и при рН 9 определяется процессами, происходящими в конечной области замедленно-упругих деформаций, а также трещиностойкостью на последней стадии деформирования.

катионный полиакриламид, бумага, вязкоупругие свойства, работа разрушения, абсорбируемая энергия разрушения (ТЕА), жесткость при изгибе, жесткость при растяжении, межволоконные силы связи, разрушающее напряжение.

Данная статья является продолжением серии работ, посвященных исследованию влияния различных факторов наполнения на вязкоупругие свойства бумаги [2].

При выработке писчих и печатных видов бумаг для удержания наполнителей широко применяют различные вспомогательные вещества, в том числе флокулянты, которые обладают гораздо большей способностью к удержанию наполнителей, чем соединения алюминия. Для флокулянтов со средней молекулярной массой менее $0,4 \cdot 10^6$ справедлив механизм мозаичного сцепления (рис. 1, а), когда полимер адсорбируется на отдельных участках поверхности частиц наполнителя. Для флокулянтов с молекулярной массы более $2,0 \cdot 10^6$ справедлив мостичный механизм, при котором крупные молекулы флокулянта связываются с наполнителем и мелким во-

Рис. 1. Механизмы флокуляции:
а – заплаточный, *б* – мостиковый



локном (рис. 1, *б*), образуя крупные флокулы, которые хорошо задерживаются в бумажном полотне [4].

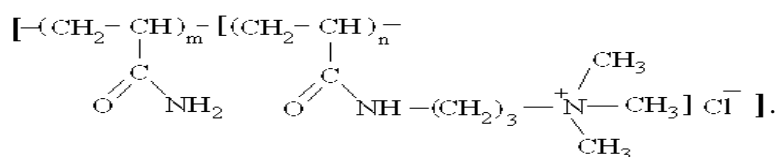
Наиболее часто используемый мостиковый химикат – полиакриламид (ПАА) большой молекулярной массы, образуя физические мостики, дает «твердые» флокулы и обеспечивает, таким образом, удержание. ПАА по химическому составу представляет собой сополимер акриловой кислоты и акриламида. На сегодняшний день существуют различные анионные и катионные модификации на основе данного сополимера, которые также называют ПАА. Они могут иметь соответствующие технические названия и названия торговых марок. Химическая формула ПАА: $[-CH_2-CH(CONH_2)-]_n$.

В настоящее время ПАА используют почти со всеми видами технической целлюлозы и механических масс в композиции бумаги. В зависимости от химической среды и способа модификации он может быть катионным или анионным, существуют также неионогенные марки модифицированного ПАА. Лучше всего флокулирующее действие ПАА проявляется в присутствии сернокислого глинозема или любой другой соли алюминия, полимерные ионы которого способны к образованию координационной связи с волокнами целлюлозы и наполнителей.

Важной характеристикой ПАА является молекулярная масса, от нее в основном зависит механизм удержания наполнителей и мелкого волокна в полотне бумаги. Кроме того, существенную роль играет форма макромолекул, зависящая от содержания диссоциированных групп, рН среды, температуры и содержания низкомолекулярных примесей. Диссоциация ионогенных групп ПАА приводит к изменению размеров макромолекул и взаимному отталкиванию одноименно заряженных звеньев. Считают, что ПАА в растворе существует не в виде нитей, а в виде вытянутых клубков, состоящих из молекул [1]. Флокуляция улучшается при возрастании молекулярной массы. Кроме того, ПАА является не только флокулянт, но и эффективным связующим. Заряженные положительно за счет амидных и карбоксильных групп молекулы ПАА способствуют связыванию целлюлозных волокон. Эффект связующего действия ПАА усиливается в присутствии ионов алюминия.

В данной статье представлены результаты исследований влияния расхода вводимого в бумажную массу флокулянта «Praestol» марки 852 ВС (катионный ПАА) на вязкоупругие, прочностные и деформационные свойства бумаги. Производитель флокулянта – российско-германское предприятие ЗАО «Москва-Штокхаузен-Пермь». Флокулянт обладает средней ка-

тионной активностью (содержание неионогенных амидных и диссоциирующих катионных групп составляет $(45 \pm 5) \%$), приблизительная молекулярная масса $9 \cdot 10^6$. Рабочий интервал применения по значению pH составляет от 1 до 14. Техническое название – полиакриламид катионный, химическое – сополимер акриламида и 3-(пропеноиламино)пропилтриметиламмоний хлорида. Структурная формула



Для эксперимента были изготовлены лабораторные образцы бумаги с различным расходом флокулянта «Praestol» (50, 100, 150, 200 и 250 г/т), а также без него в кислой (pH 5) и щелочной (pH 9) средах. pH в кислой области регулировали сульфатом алюминия, в щелочной – гидроксидом натрия. Необходимое для достижения заданного значения pH среды количество химикатов определяли опытным путем.

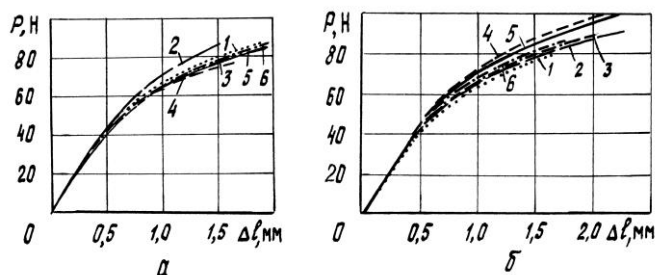
Состав отливок: 85 % лиственной и 15 % хвойной сульфатной беленой целлюлозы, размолотой до 30 °ШР. Масса 1 м^2 – 70 г. У образцов были определены прочностные, деформационные и вязкоупругие характеристики.

Варьирование расхода катионного полиакриламида приводит к различным изменениям в структуре материала. Соответственно изменяются и вязкоупругие свойства, которые определяют характер деформирования материала. Изучение вопроса о влиянии расхода катионного ПАА на характеристики вязкоупругости позволит с большей вероятностью прогнозировать производство бумаги с заданными свойствами.

Печатные виды бумаги на практике редко испытывают разрушающие нагрузки, но важно не допустить при ее переработке или использовании значительных необратимых (пластических) деформаций. Задача данного исследования – установить какая из составляющих работы разрушения определяет характер деформирования бумаги, а также какие стадии деформирования наиболее подвержены изменениям при варьировании расхода ПАА в кислой и щелочной средах.

На рис. 2 представлены кривые зависимости $P - \Delta l$ (усилие – удлинение) образцов бумаги, изготовленной с различным расходом ПАА ($P_{\text{ПАА}}$)

Рис. 2. Кривые зависимости $P - \Delta l$ образцов бумаги, изготовленной при pH 5 (а) и 9 (б) с различным расходом катионного полиакриламида $P_{\text{ПАА}}$: 1 – 0 г/т; 2 – 50; 3 – 100; 4 – 150; 5 – 200; 6 – 250 г/т



в кислой и щелочной средах. Как видно из рис. 2, характер деформирования образцов с ростом расхода ПАА изменяется в обоих случаях. В кислой среде (рис. 2, а) при малых добавках флокулянта вязкоупругость несколько снижается по сравнению с исходным значением, а при больших (200 и 250 г/т) вязкоупругость и прочность растут. Следовательно, эффект упрочнения бумаги полиакриламидом в присутствии ионов алюминия заметен только при больших добавках флокулянта. В щелочной среде (рис. 2, б) практически во всем диапазоне изменения расхода флокулянта прочность и удлинение до разрыва у испытуемых образцов выше, чем у исходных, и только при максимальной добавке ПАА (250 г/т) вязкоупругие свойства понижаются, что, по-видимому, связано с избыточной флокуляцией волокон при формировании листа.

Величины работы разрушения и работ, затрачиваемых на определенных этапах деформирования, при изменении расхода ПАА представлены в табл. 1. Графики рис. 3 отражают связь между изменением расхода ПАА в кислой и щелочной средах и относительным вкладом составляющих работы разрушения в общую работу.

Из данных табл. 1 и рис. 3 следует, что вклад составляющих A_y и A_{3-y} в работу разрушения A_p при изменении pH бумажной массы изменяется незначительно. Наиболее стабилен вклад A_{3-y} . Характер изменений, происходящих с относи-

Таблица 1
Зависимость работы разрушения и ее составляющих от расхода флокулянта в кислой (числитель) и щелочной (знаменатель) средах

$P_{\text{ПАА}}$, г/т	A_y	A_{3-y}	$A_{\text{п}}$	$A_{\text{т}}$	A_p
	мДж				
0	4,3	33,0	38,3	32,7	108,3
	5,9	25,2	29,9	28,8	89,9
50	6,1	20,4	19,4	35,1	81,0
	3,8	36,7	55,1	39,8	135,4
100	4,2	33,9	39,4	30,4	107,9
	6,6	30,5	36,7	50,8	124,6
150	2,4	28,1	31,4	22,6	84,5
	7,4	32,7	35,1	60,2	135,4
200	2,7	33,2	34,5	45,9	116,3
	11,0	35,4	59,2	54,5	160,1
250	5,7	43,4	60,3	32,7	142,1
	2,6	29,8	32,0	34,6	99,0

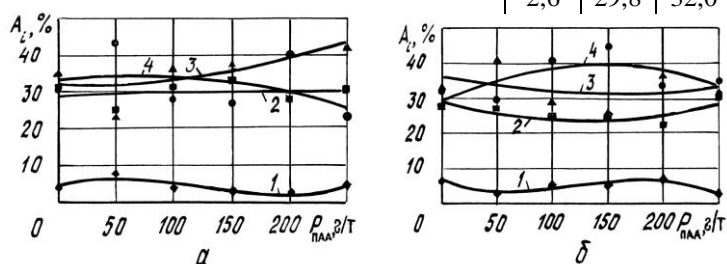


Рис. 3. Зависимость относительного вклада составляющих в работу разрушения A_p от расхода полиакриламида $P_{\text{ПАА}}$ при pH 5 (а) и 9 (б): 1 – A_y – работа в упругой зоне деформирования; 2 – A_{3-y} – работа в замедленно-упругой зоне деформирования; 3 – $A_{\text{п}}$ – работа, затрачиваемая на деформирование образца от начала развития пластических деформаций до зоны предразрушения; 4 – $A_{\text{т}}$ – работа, затрачиваемая на развитие трещины

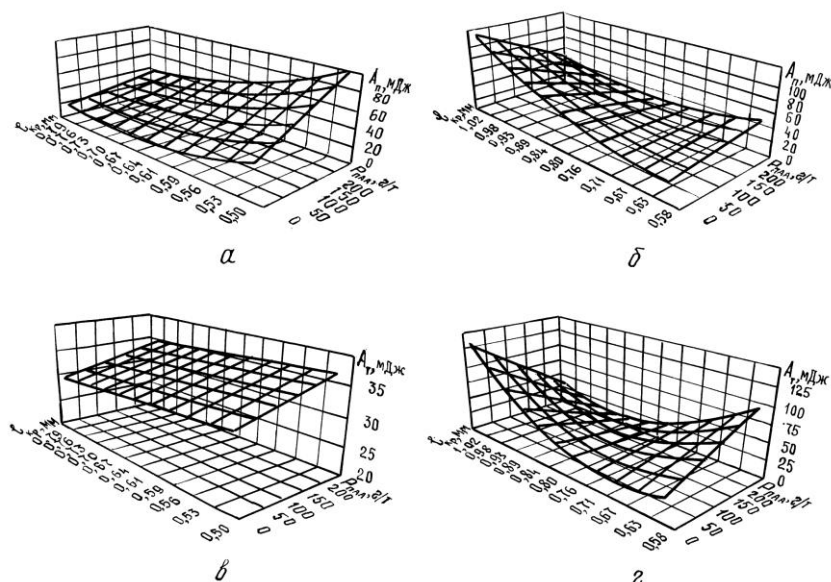


Рис. 4. Влияние «критической» длины волокна при различных расходах катионного полиакриламида $P_{\text{ПАА}}$ на $A_{\text{п}}$ (а, б) и $A_{\text{т}}$ (в, г) при рН 5 (а, в) и рН 9 (б, г)

тельной долей A_y в кислой и щелочной средах, при увеличении расхода ПАА отличается: при рН 5 доля A_y снижается, а при рН 9 – растет, что свидетельствует о различии в изменении характера деформирования данных образцов при увеличении расхода ПАА.

Более существенные изменения наблюдаются у составляющих $A_{\text{т}}$ и $A_{\text{п}}$, причем прямо противоположного характера. В кислой и щелочной средах относительная доля $A_{\text{п}}$ при расходах ПАА, превышающих 150 г/т, растет, доля $A_{\text{т}}$ при этом понижается. Полученные экспериментальные данные позволяют утверждать, что вязкоупругость исследуемых образцов бумаги определяется процессами, происходящими в конечный период замедленно-упругой деформации (после наступления интенсивного развития пластических деформаций) и трещиностойкостью в области развития трещин.

Суммарная доля работ A_y и A_{3-y} , совершаемых на участках деформирования, за пределами которых начинаются нежелательные пластические деформации, остается практически постоянной.

На рис. 4, 5 приведены зависимости некоторых характеристик вязкоупругости в виде поверхности отклика от двух факторов. Из рис. 4, а видно, что при рН 5 величина $A_{\text{п}}$ растет с увеличением расхода ПАА и снижением $l_{\text{кр}}$, а при рН 9 (рис. 4, б) рост $A_{\text{п}}$ при увеличении расхода флокулянта ПАА отмечен лишь при низких значениях $l_{\text{кр}}$. Из рис. 4, в, г следует, что зависимости $A_{\text{т}}$ от $l_{\text{кр}}$ и расхода ПАА аналогичны рис. 4, а, б при соответствующих рН среды. Представленные на рис. 4 данные позво-

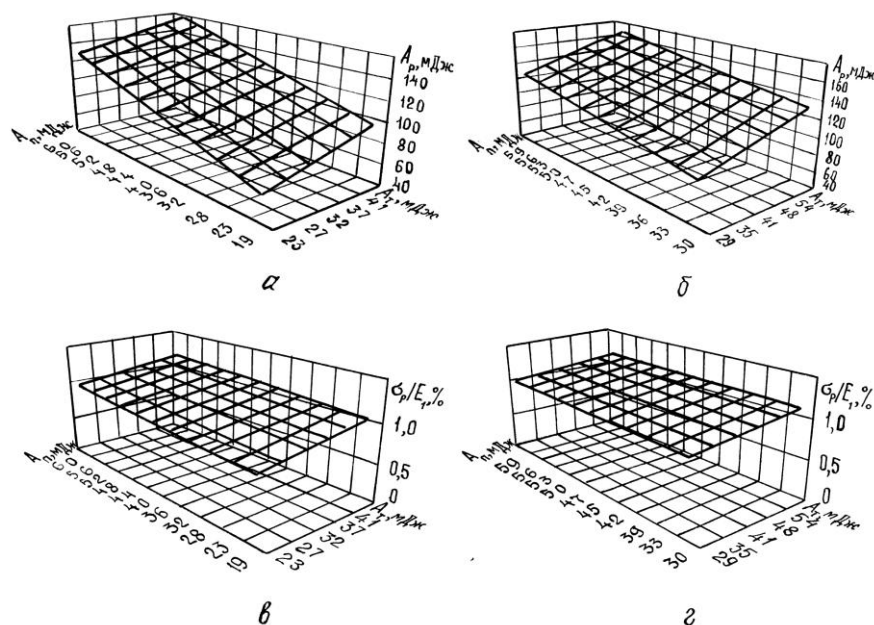


Рис. 5. Влияние изменения работ A_n и A_t при варьировании расхода катионного полиакриламида на A_p (а, б) и соотношение σ_p/E_1 (в, г) при pH 5 (а, в) и 9 (б, г)

ляют сделать вывод о том, что в щелочной среде ПАА вызывает более значительные изменения вязкоупругих свойств.

Из рис. 5, а, б следует, что общая работа A_p увеличивается с ростом A_t и A_n , что согласуется с данными, приведенными в табл. 1. В кислой среде рост A_p более заметен с увеличением A_n , в щелочной – с увеличением A_t .

На рис. 5, в, г приведено изменение соотношения σ_p/E_1 при изменении A_n и A_t . Как в кислой, так и в щелочной среде оно остается постоянным.

В табл. 2 представлены данные о влиянии количества вводимого ПАА в кислой и в щелочной средах на фундаментальные, прочностные и деформационные характеристики бумаги, в табл. 3 – изменение коэффициентов корреляции между исследуемыми характеристиками. На рис. 6 приведены зависимости, показывающие изменение исследуемых характеристик с ростом расхода катионного ПАА (величины на рис. 6 выражены в процентах; за 100 % принята величина, соответствующая исходному образцу, т.е. без добавления ПАА).

Как следует из данных табл. 3 и рис. 6, а, б, увеличение расхода ПАА в кислой среде способствует росту межволоконных сил связи и нулевой разрывной длины, которая несколько повышается по сравнению с исходным значением. В щелочной среде с увеличением вводимого количества ПАА силы связи снижаются, а собственная прочность волокна остается на прежнем уровне. Представленные на рис. 6, а, б данные согласуются с приведенными на рис. 3, где заметно увеличение относительного вклада

Таблица 2

Влияние расхода флокулянта «Praestol» при отливе в кислой (числитель) и щелочной (знаменатель) средах на прочность и деформативность бумаги

$P_{ПАА}$, г/т	$F_{св}$, МПа	L_0 , м	ρ , г/см ³	δ , мкм	L , м	σ_p , МПа	$P_{отн}$, кПа	$R_{отн}$, мН	$l_{кр}$, мм	E_1 , МПа	ϵ_p , %	$E_{\delta} \cdot 10^{-3}$, Н/м	σ_p/E_1 , %	EI , мН·см ²	ТЕА, Дж/м ²	Индекс, ТЕА, Дж/г
0	1,32*	7689	<u>0,73</u>	<u>86,2</u>	<u>9356</u>	67,87	443	<u>830</u>	<u>0,497</u>	<u>6959</u>	<u>1,89</u>	600	<u>0,98</u>	33,4	<u>72,2</u>	<u>1,15</u>
	1,85	9463	<u>0,76</u>	<u>81,8</u>	<u>8666</u>	66,25	493	<u>691</u>	<u>0,625</u>	<u>6992</u>	<u>1,73</u>	571	<u>0,95</u>	34,3	<u>59,9</u>	<u>0,96</u>
50	<u>1,45</u>	<u>8418</u>	<u>0,76</u>	<u>84,3</u>	<u>9130</u>	<u>69,00</u>	<u>472</u>	<u>839</u>	<u>0,698</u>	<u>7133</u>	<u>1,52</u>	<u>601</u>	<u>0,97</u>	<u>39,3</u>	<u>54,0</u>	<u>0,85</u>
	<u>1,47</u>	<u>9632</u>	<u>0,75</u>	<u>87,2</u>	<u>9261</u>	<u>69,81</u>	<u>469</u>	<u>825</u>	<u>0,824</u>	<u>6624</u>	<u>2,24</u>	<u>578</u>	<u>1,05</u>	<u>38,3</u>	<u>90,3</u>	<u>1,37</u>
100	<u>1,38</u>	<u>7334</u>	<u>0,73</u>	<u>86,6</u>	<u>9074</u>	<u>66,08</u>	<u>425</u>	<u>1085</u>	<u>0,606</u>	<u>6824</u>	<u>1,92</u>	<u>591</u>	<u>0,97</u>	<u>34,2</u>	<u>71,9</u>	<u>1,14</u>
	<u>1,76</u>	<u>8614</u>	<u>0,76</u>	<u>86,8</u>	<u>9238</u>	<u>70,10</u>	<u>371</u>	<u>700</u>	<u>0,585</u>	<u>6503</u>	<u>2,09</u>	<u>564</u>	<u>1,08</u>	<u>34,2</u>	<u>83,1</u>	<u>1,26</u>
150	<u>1,21</u>	<u>8100</u>	<u>0,73</u>	<u>84,8</u>	<u>8346</u>	<u>60,63</u>	<u>309</u>	<u>839</u>	<u>0,787</u>	<u>7294</u>	<u>1,66</u>	<u>619</u>	<u>0,83</u>	<u>37,6</u>	<u>56,3</u>	<u>0,91</u>
	<u>1,55</u>	<u>9772</u>	<u>0,79</u>	<u>83,4</u>	<u>10136</u>	<u>79,73</u>	<u>486</u>	<u>673</u>	<u>0,637</u>	<u>7384</u>	<u>2,08</u>	<u>616</u>	<u>1,08</u>	<u>39,9</u>	<u>90,3</u>	<u>1,38</u>
200	<u>1,36</u>	<u>8661</u>	<u>0,77</u>	<u>83,8</u>	<u>9017</u>	<u>69,44</u>	<u>461</u>	<u>861</u>	<u>0,739</u>	<u>6772</u>	<u>2,03</u>	<u>567</u>	<u>1,03</u>	<u>43,3</u>	<u>77,5</u>	<u>1,20</u>
	<u>1,54</u>	<u>10270</u>	<u>0,79</u>	<u>84,4</u>	<u>10232</u>	<u>80,5</u>	<u>497</u>	<u>471</u>	<u>1,020</u>	<u>7067</u>	<u>2,38</u>	<u>596</u>	<u>1,14</u>	<u>41,1</u>	<u>106,7</u>	<u>1,61</u>
250	<u>1,59</u>	<u>8436</u>	<u>0,78</u>	<u>82,6</u>	<u>9632</u>	<u>75,25</u>	<u>467</u>	<u>704</u>	<u>0,616</u>	<u>6785</u>	<u>2,31</u>	<u>560</u>	<u>1,11</u>	<u>41,9</u>	<u>94,7</u>	<u>1,47</u>
	<u>1,30</u>	<u>8968</u>	<u>0,72</u>	<u>87,8</u>	<u>9206</u>	<u>65,99</u>	<u>464</u>	<u>794</u>	<u>0,719</u>	<u>6969</u>	<u>1,77</u>	<u>612</u>	<u>0,95</u>	<u>40,7</u>	<u>66,0</u>	<u>1,05</u>

Примечание. Жирным шрифтом выделены величины характеристик, принятые на рис. 6 за 100 %.

Таблица 3

Коэффициенты корреляции вязкоупругих характеристик с деформативностью и прочностью образцов бумаги, изготовленной с различными расходами катионного ПАА при pH 5

Характеристики	ТЕА, Дж/м ²	$l_{кр}$, мм	σ_p/E_1 , %	A_y , мДж	A_{3-y} , мДж	$A_{п}$, мДж	$A_{т}$, мДж	$A_{р}$, мДж	A_y , %	A_{3-y} , %	$A_{п}$, %	$A_{т}$, %
P_p , Н	0,75	-0,57	0,97	0,69	0,54	0,56	0,55	0,75	0,24	-0,45	0,15	0,01
σ_p , МПа	0,78	-0,39	0,97	0,66	0,54	0,58	0,56	0,76	0,22	-0,46	0,20	0,02
ε_p , %	0,99	-0,36	0,78	0,06	0,97	0,93	0,31	0,99	-0,51	0,27	0,84	-0,53
E_1 , МПа	-0,82	0,44	-0,85	-0,16	-0,72	-0,62	-0,64	-0,84	0,30	0,09	-0,52	0,11
$P_{отн}$, кПа	0,47	-0,46	0,86	0,66	0,19	0,18	0,75	0,47	0,41	-0,74	-0,16	0,42
R , мН	-0,36	-0,06	-0,34	-0,26	-0,23	-0,32	-0,07	-0,31	-0,07	0,15	-0,16	0,10
$F_{св}$, МПа	0,37	-0,90	0,49	0,49	0,32	0,35	0,16	0,40	0,20	-0,15	0,01	-0,12
L_0 , м	0,20	0,56	0,33	0,06	-0,05	-0,05	0,52	0,13	0,05	-0,49	0,01	0,42
L , м	0,71	-0,73	0,90	0,73	0,54	0,58	0,41	0,71	0,28	-0,36	0,12	-0,09
EI , мН·см ²	0,40	0,57	0,46	0,02	0,17	0,15	0,56	0,34	-0,11	-0,38	0,22	0,28
A_y , мДж	0,19	-0,45	0,54	1,00	0,01	0,15	0,05	0,18	0,82	-0,57	-0,44	0,11
A_{3-y} , мДж	0,94	-0,41	0,64	0,01	1,00	0,98	0,08	0,95	-0,56	0,47	0,89	-0,72
$A_{п}$, мДж	0,92	-0,42	0,63	0,15	0,98	1,00	-0,05	0,92	-0,43	0,46	0,82	-0,78
$A_{т}$, мДж	0,35	0,00	0,63	0,05	0,08	-0,05	1,00	0,34	-0,04	-0,64	0,02	0,63
$A_{р}$, мДж	0,99	-0,42	0,84	0,18	0,95	0,92	0,34	1,00	-0,41	0,18	0,77	-0,49
$l_{кр}$, мм	-0,37	1,00	-0,43	-0,45	-0,41	-0,42	0,00	-0,42	-0,14	-0,04	-0,07	0,30
σ_p/E_1 , %	0,85	-0,43	1,00	0,54	0,64	0,63	0,63	0,84	0,05	-0,37	0,32	-0,02
A_y , %	-0,39	-0,14	0,05	0,82	-0,56	-0,43	-0,04	-0,41	1,00	-0,72	-0,86	0,47
A_{3-y} , %	0,15	-0,04	-0,37	-0,57	0,47	0,46	-0,64	0,18	-0,72	1,00	0,68	-0,86
$A_{п}$, %	0,76	-0,07	0,32	-0,44	0,89	0,82	0,02	0,77	-0,86	0,68	1,00	-0,70
$A_{т}$, %	-0,47	0,30	-0,02	0,11	-0,72	-0,78	0,63	-0,49	0,47	-0,86	-0,70	1,00
ТЕА, Дж/м ²	1,00	-0,37	0,85	0,19	0,94	0,92	0,35	1,00	-0,39	0,15	0,76	-0,47

Примечание. Здесь и далее, в табл. 4, коэффициенты корреляции, выделенные жирным шрифтом, являются значимыми ($r \geq 0,81$).

Таблица 4

Коэффициенты корреляции вязкоупругих характеристик с деформативностью и прочностью образцов бумаги, изготовленной с различными расходами катионного ПАА при pH 9

Характеристики	TEA, Дж/м ²	$l_{кр}$, мм	σ_p/E_1 , %	A_y , мДж	A_{3-y} , мДж	$A_{п}$, мДж	$A_{т}$, мДж	$A_{р}$, мДж	A_y , %	A_{3-y} , %	$A_{п}$, %	$A_{т}$, %
P_p , Н	0,94	0,53	0,90	0,70	0,75	0,60	0,92	0,93	0,26	-0,83	-0,09	0,44
σ_p , МПа	0,90	0,47	0,85	0,82	0,59	0,50	0,89	0,85	0,48	-0,87	-0,17	0,46
ε_p , %	0,96	0,68	0,93	0,60	0,89	0,90	0,70	0,98	0,17	-0,79	0,37	0,02
E_1 , МПа	0,16	0,09	0,02	0,34	-0,08	-0,18	0,30	0,08	0,34	-0,15	-0,43	0,37
$P_{отг}$, кПа	0,14	0,48	-0,12	0,18	0,09	0,21	-0,13	0,07	0,18	0,06	0,28	-0,35
R , мН	-0,64	-0,51	-0,63	-0,96	-0,14	-0,38	-0,53	-0,57	-0,84	0,79	0,06	-0,19
$F_{св}$, МПа	-0,14	-0,43	0,02	0,35	-0,52	-0,27	-0,06	-0,20	0,71	-0,28	-0,22	0,11
L_o , м	0,67	0,73	0,47	0,61	0,50	0,63	0,32	0,61	0,41	-0,48	0,36	-0,21
L , м	0,87	0,53	0,81	0,68	0,67	0,51	0,88	0,85	0,26	-0,76	-0,16	0,46
EI , мН·см ²	0,47	0,65	0,27	0,14	0,59	0,42	0,35	0,48	-0,26	-0,12	0,14	0,02
A_y , мДж	0,75	0,44	0,77	1,00	0,25	0,43	0,67	0,68	0,85	-0,91	-0,09	0,28
A_{3-y} , мДж	0,82	0,68	0,73	0,25	1,00	0,87	0,56	0,87	-0,25	-0,48	0,45	-0,08
$A_{п}$, мДж	0,80	0,88	0,70	0,43	0,87	1,00	0,34	0,83	0,03	-0,53	0,73	-0,41
$A_{т}$, мДж	0,82	0,18	0,88	0,67	0,56	0,34	1,00	0,80	0,32	-0,86	-0,40	0,72
$A_{р}$, мДж	0,99	0,67	0,96	0,68	0,87	0,83	0,80	1,00	0,23	-0,84	0,22	0,16
$l_{кр}$, мм	0,66	1,00	0,49	0,44	0,68	0,88	0,18	0,67	0,08	-0,37	0,70	-0,49

$\sigma_p/E_1, \%$	0,96	0,49	1,00	0,77	0,73	0,70	0,88	0,96	0,38	-0,94	0,04	0,33
$A_y, \%$	0,32	0,08	0,38	0,85	-0,25	0,03	0,32	0,23	1,00	-0,65	-0,23	0,23
$A_{3-y}, \%$	-0,88	-0,37	-0,94	-0,91	-0,48	-0,53	-0,86	-0,84	-0,65	1,00	0,12	-0,42
$A_{II}, \%$	0,18	0,70	0,04	-0,09	0,45	0,73	-0,40	0,22	-0,23	0,12	1,00	-0,92
$A_T, \%$	0,18	-0,49	0,33	0,28	-0,08	-0,41	0,72	0,16	0,23	-0,42	-0,92	1,00
TEA, Дж/м ²	1,00	0,66	0,96	0,75	0,82	0,80	0,82	0,99	0,32	-0,88	0,18	0,18

упругой деформации с ростом расхода ПАА в кислой среде и ее снижение в щелочной среде.

Жесткость при изгибе (рис. 6, в) с увеличением расхода ПАА растет как в кислой, так и в щелочной среде. В первом случае ее рост обусловлен увеличением модуля упругости при изгибе EI , а во втором случае, кроме этого показателя, возрастает толщина образцов по сравнению с исходной. Отношение модуля упругости при изгибе к его начальному значению растет при увеличении расхода флокулянта ПАА как при рН 5, так и при рН 9, но в большей степени это отмечается для кислой среды. Это указывает на снижение разносторонности бумаги в кислой среде, в которой катионный характер ПАА возрастает за счет протонирования амидных групп. В результате этого молекулы ПАА способны удерживать больше мелкого волокна, что снижает разносторонность бумаги. Однако это не приводит к заметному росту жесткости при растяжении вследствие снижения толщины образцов. Жесткость при растяжении (рис. 6, з) растет при увеличении расхода ПАА лишь в щелочной среде, что обусловлено увеличением толщины образцов за счет флокуляции.

Изменение величины разрушающего напряжения (рис. 6, д) в кислой и щелочной средах имеет противоположный характер, что обусловлено несоответствием в изменении толщины образцов. При этом в большей части диапазона изменения расхода ПАА величина разрушающего напряжения σ_p в кислой среде ниже исходного значения, а в щелочной – выше. В щелочной среде добавка ПАА вызывает более значительную флокуляцию,

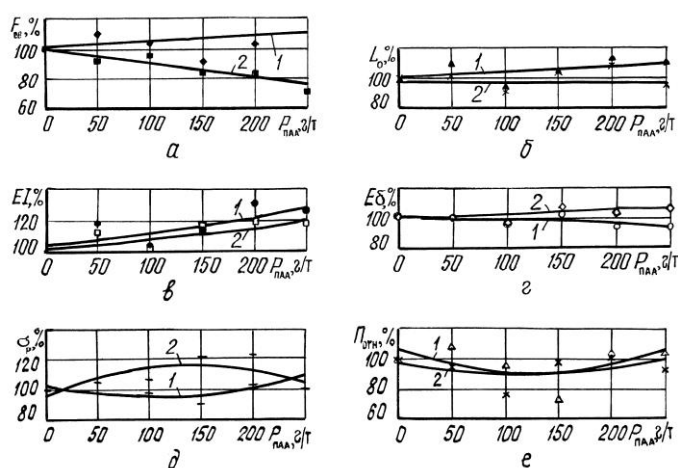


Рис. 6. Влияние расхода полиакриламида $P_{ПАА}$ на фундаментальные свойства (а, б), деформационные (в, г) и прочностные (д, е) характеристики при рН 5 (1) и 9 (2): а – межволоконные силы связи, б – нулевая разрывная длина, в – жесткость при изгибе, г – жесткость при растяжении, д – разрушающее напряжение, е – относительное сопротивление продавливанию

способствующую росту толщины наполнителя и не снижающую прочность. В [3] отмечается, что ионы Na^+ повышают вязкость раствора ПАА. При этом молекулы полимера становятся более вытянутыми и способны образовывать множественные мостиковые связи, что значительно увеличивает флокуляцию.

Величина относительного сопротивления продавливанию (рис. 6, e) во всем диапазоне варьирования расхода флокулянта остается практически без изменений как при pH 5, так и при pH 9.

У исследуемых образцов целлюлозно-бумажного материала определяли «критическую» длину волокна $l_{\text{кр}}$. При увеличении расхода ПАА в кислой среде $l_{\text{кр}}$ возрастает (см. табл. 2). В этом случае отношение собственной прочности волокна к силам связи увеличивается из-за неравномерного роста этих характеристик (нулевая разрывная длина растет в большей степени, чем межволоконные силы связи). Корреляционный анализ показал, что при pH 5 критическая длина волокна не обнаруживает с характеристиками вязкоупругости тесной связи. Следовательно, в данном случае критическая длина волокна не является фактором, определяющим составляющие работы разрушения – характеристики вязкоупругости.

В щелочной среде при увеличении расхода флокулянта $l_{\text{кр}}$ практически во всем диапазоне изменения расхода ПАА выше исходного значения, что обусловлено снижением межволоконных сил связи при повышении расхода флокулянта. Это позволяет сделать вывод о том, что наличие флокулянта в структуре бумаги как при pH 5, так и при pH 9 не исключает возможности скольжения волокон при разрушении материала. Механизмы процессов, происходящих в структуре бумаги при нагружении в присутствии ПАА и без него, отличаются. В щелочной среде $l_{\text{кр}}$ имеет положительную корреляцию (табл. 4) с деформацией разрушения и L_0 . Это позволяет предположить, что в щелочной среде механизм «вытаскивания» волокон из структуры бумаги при разрушении более вероятен, чем в кислой среде. Это может быть связано с более высокими значениями собственной прочности волокна в щелочной среде. Тесная положительная связь (табл. 3) отмечена с жесткостью при изгибе, ТЕА (энергия, поглощаемая при разрушении образца), A_p , составляющими A_{3-y} и A_n .

В табл. 2 приведена характеристика вязкоупругости – ТЕА. Этот показатель при pH 5 имеет довольно тесную корреляцию с прочностными характеристиками, а также с величинами работ на различных участках деформирования (A_{3-y} и A_n) и соотношением σ_p/E_1 (табл. 3). С величиной начального модуля упругости у ТЕА обратная связь, следовательно, рост прочности вызван изменением не упругих, а вязкоупругих свойств образца. Изменение ТЕА в щелочной среде аналогично изменению прочностных показателей. По данным табл. 4 величина ТЕА имеет положительную корреляцию с характеристиками прочности (P_p , σ_p , L) и такими характеристиками вязкоупругости, как составляющие работы разрушения (A_y , A_{3-y} , A_n и A_t) и соотношение σ_p/E_1 .

Из данных табл. 3 следует, что рост вязкоупругости бумаги при изменении расхода ПАА в кислой среде происходит за счет работы, совершаемой на стадии замедленно-упругих деформаций. Увеличение A_p при варьировании расхода флокулянта в кислой среде приводит к росту прочности бумаги и снижению начального модуля упругости. В данном случае рост прочности при растяжении обусловлен увеличением вязкоупругости образцов. Рост характеристик A_y и A_t увеличивает сопротивление продавливанию. Рост относительного вклада работы, совершаемой на конечной стадии замедленно-упругих деформаций A_n , при изменении расхода ПАА является следствием увеличения работы, совершаемой на всей стадии замедленно-упругих деформаций, относительный вклад A_t при этом снижается.

В щелочной среде (табл. 4) с изменением расхода ПАА рост работы разрушения и ее составляющих приводит к росту прочности при растяжении и деформации разрушения. Увеличение сил связи при изменении расхода ПАА в щелочной среде способствует повышению вклада упругой работы. При увеличении вклада A_y снижается доля A_{3-y} в общей работе разрушения, а рост вклада A_n приводит к снижению доли работы A_t , затрачиваемой на последней стадии деформирования.

Выводы

1. Увеличение расхода ПАА при обработке целлюлозы в кислой среде (при pH 5) приводит к росту вязкоупругости бумаги за счет увеличения межволоконных сил связи и работы, совершаемой на конечной стадии участка замедленно-упругих деформаций A_n , что повышает межволоконные силы связи и жесткость при растяжении.

2. Увеличение расхода ПАА до 200 г на 1 т целлюлозы при pH 9 приводит к росту вязкоупругости и прочности бумаги за счет увеличения трещиностойкости.

3. Характер деформирования бумаги в присутствии ПАА в композиции как при pH 5, так и при pH 9 определяется процессами, происходящими в конечной области замедленно-упругих деформаций, а также трещиностойкостью на последней стадии деформирования. Суммарная относительная доля работ A_y , A_{3-y} , A_n и A_t остается практически постоянной при изменении расхода катионного ПАА как в кислой, так и в щелочной средах.

4. Изменение «критической» длины волокна свидетельствует, что доля волокон, вытаскиваемых из структуры бумаги при растяжении, в щелочной среде выше, чем в кислой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильева Е.И. Исследование влияние флокулирующего действия полиакриламида с целью повышения удержания наполнителей в бумаге: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – Л., 1972. – 20 с.

2. Комаров В.И., Кузнецова М.Ю. Влияние pH бумажной массы на вязкоупругие свойства бумаги для печати // Лесной журнал. – 2001. – №. 3 – С. 112–143. – (Изв. высш. учеб. заведений).

-
3. *Тазер А.А.* Физикохимия полимеров. – М.: Химия, 1978. – 544 с.
 4. С. О. Au and I Thorn //Applications of Wet-End Paper Chemistry. – London: Blackie Academic & Professional. An Imprint of Chapman & Hall, 1995. – 200 p.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 14.02.01

V.I. Komarov, M.Yu. Kuznetsova

**Influence of Cationic Polyacrylamide in Acid and Alkali Media
on Viscoelastic Paper Properties**

It is shown that the increase of the sample strength accompanying the charge of flocculant is conditioned by the growth of viscoelastic properties. The nature of the deformed paper in the presence of polyacrylamide in the composition both at pH5 and pH9 is determined by the processes taking place at the final stage of delayed-elastic deformations, as well as by the crack resistance at the last deformation stage.

УДК 628.31

А.С. Почтовалова, К.Г. Боголицын

Боголицын Константин Григорьевич родился в 1949 г., окончил в 1971 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой физической и коллоидной химии Архангельского государственного технического университета, директор Научно-исследовательского института химии и химической технологии при АГТУ, академик РИА и РАИН, заслуженный деятель науки РФ. Имеет более 200 научных трудов в области разработки физико-химических основ процессов переработки древесины.

**АНАЛИТИЧЕСКАЯ СХЕМА ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ
ОРГАНИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ СТОЧНЫХ ВОД ЦБП**

Приведен краткий анализ существующих в настоящее время аналитических схем фракционирования сточных вод; разработана принципиально новая схема разделения сточных вод по протолитическим свойствам и растворимости, обосновано ее применение для комплексного анализа стоков предприятий ЦБП.

сточные воды ЦБП, фракционирование загрязняющих веществ.

Первоочередной задачей природоохранных служб становится совершенствование механизма экологического мониторинга и разработка наиболее совершенных систем экологических платежей за сбросы загрязняющих веществ в природные водоемы. Но следует учитывать, что для формирования адекватного и корректного механизма нормирования платежей предприятий-природопользователей необходимо иметь всестороннее и полное понимание механизмов воздействия сбрасываемых в поверхностные источники загрязняющих веществ на существующие экосистемы, характеристику процессов, протекающих при образовании, биологической очистке и переработке стоков предприятий, а также их свойства.

Перечень нормируемых в настоящее время показателей экологического контроля предприятий ЦБП включает в себя 17 пунктов. Среди них такие как лигнинные вещества, скипидар, метанол, формальдегид, нефтепродукты, летучие фенолы, взвешенные вещества, БПК и ХПК. С целью получения оперативных данных и проведения экологического мониторинга необходимо определение перечня приоритетных интегральных показателей.

Для решения этой задачи требуется оценка количественного содержания, качественных характеристик и влияния на важнейшие интегральные показатели качества сточной воды групп органических компонентов самой различной химической природы (нейтральные вещества, фенолы, лигнинные вещества, конденсированные и неконденсированные смоляные и жирные кислоты). Все перечисленные выше классы органических веществ представляют собой трудноокисляемую составляющую стока. В отдельный

класс выделены летучие компоненты, представляющие собой легкоокисляемые вещества.

Для полного и фундаментального анализа необходимо разработать схему фракционирования загрязняющих веществ сточной воды сульфатного производства с последующим выделением каждой указанной выше фракции и ее дальнейшим изучением. Легколетучие вещества при разделении по схеме должны быть объединены в отдельную представительную фракцию. Разработка подобной схемы даст возможность получить полную характеристику стоков каждого предприятия и выявить основные классы загрязнителей, влияющих на формирование величины интегральных показателей качества воды.

Анализ отечественной и зарубежной литературы выявил отсутствие схем разделения воды, удовлетворяющих таким требованиям. В основном для практического применения предлагаются схемы разделения концентрированных промышленных сред, например сульфатных щелоков или неочищенных сточных вод. При этом совершенно не учитывается такой важный компонент, как лигнин, в то время как для сточных вод предприятий ЦБП лигнинные вещества являются одним из основных видов загрязнителей, включенных в список нормируемых показателей.

Следует отметить, что большинство представленных в литературе схем адаптированы к таким типам промышленных сред, которые не имеют в своем составе легколетучих компонентов или не ставят своей задачей их препаративное выделение [3]. В основном они состоят из многочисленных экстракций, где в качестве экстрагента применяется диэтиловый эфир, и перегонки (дистилляции). Схемы группового разделения органических веществ *методом экстракции с обработкой эфирного экстракта растворами гидроксида натрия или гидрокарбоната натрия* могут быть использованы только для работы с концентрированными технологическими средами, так как не включают в себя стадии концентрирования исследуемой воды. Обе схемы в результате последовательного ряда экстракций и реэкстракций предполагают выделение следующих групп органических и неорганических веществ: нейтральные соединения; фенолы и другие слабые кислоты; кислотные соединения; основные соединения; амфотерные соединения; соединения, растворяющиеся в воде лучше, чем в эфире. Выделение лигнинных веществ и летучих соединений как отдельных фракций в этих схемах не предусмотрено. Следовательно, при использовании указанных схем возможен неполный анализ трудноокисляемой части стока.

Для разделения очищенных сточных и природных вод предлагаются схемы [3] на основе метода дистилляции из кислой и щелочной среды.

С помощью схемы разделения органических веществ *методом дистилляции из кислой среды* получают следующие фракции: нафтеновые кислоты; нелетучие нейтральные соединения; группа P_2 , включающая в себя вещества со средней молекулярной массой с двумя и более полярными группами и минеральные соли; солянокислые соли летучих оснований; летучие нейтральные соединения; суммарная группа летучих кислот и фено-

лов. Обращает на себя внимание некоторая нечеткость разделения, т.е. в одной фракции могут оказаться соединения различных классов и химических свойств. Авторы в таких случаях рекомендуют последующее разделение и идентификацию с привлечением трудоемких и не всегда доступных методов (хроматография).

Отличием этой схемы от двух предыдущих является наличие ряда фракций – представителей легколетучей компоненты стока (летучие нейтральные соединения, летучие кислоты и фенолы). При их выделении используются методы ступенчатого вымораживания и сорбции на активном угле. К его недостаткам можно отнести длительность (минимум 3-4 дня) и многоступенчатость, приводящие к значительным потерям выделяемых летучих компонентов. Таким образом, эта схема больше подходит для качественного, чем для количественного анализа сточной воды.

Групповое разделение органических веществ методом *дистилляции из щелочной среды* предполагает получение следующих фракций: летучие фенолы (в дистилляте); нелетучие фенолы; нафтеновые и другие нелетучие кислоты; летучие кислоты (в дистилляте); группа P_2 и нелетучие основания; минеральные соли; нейтральные соединения; летучие основные соединения. Достоинствами этой схемы являются большое число узких фракций органических веществ различной природы и почти полный анализ веществ, содержащихся в исследуемой сточной воде. Однако такая подробная схема имеет некоторые недостатки. Во-первых, выделению ряда фракций предшествуют две перегонки и две экстракции, что отрицательно сказывается на представительности и неизменности выделяемых фракций и приводит к количественным потерям, во-вторых, схема достаточно сложна и дорогостояща при практическом ее применении. Кроме того, как и у предыдущих схем, здесь не предусмотрено выделение лигнинных веществ.

Авторы [2] предлагают схему фракционирования сульфатного черного щелока на основе экстракции различными растворителями при различных значениях рН, т.е. по протолитическим свойствам и растворимости. Выделению подлежат следующие фракции: нейтральные вещества; лигнин; летучие вещества; фенолы; кислоты I (при рН 5,8); кислоты II (при рН 1,5). Все фракции за исключением лигнина и летучих веществ выделяются в виде щелочных растворов, что не совсем удобно для их количественного определения. Кроме того, сами авторы отмечают недостаточную селективность предлагаемой ими схемы, т.е. каждая из полученных фракций в какой-то мере загрязнена примесями другой. Но, несмотря на указанные недостатки, следует отметить, что предлагаемый в статье метод разделения учитывает содержание в сточной воде как лигнинных веществ, так и летучей составляющей исследуемой технологической среды и может успешно применяться для анализа черных щелоков предприятий ЦБП.

В работе [1] приведена схема препаративного выделения из сточных вод сульфит-целлюлозного производства следующих групп органических веществ: фенолы; кислоты; нейтральные соединения; лигносульфоновые кислоты. При этом лигносульфоновые кислоты выделяли отдельно из ис-

ходной сточной воды путем сорбции на ДЭАЭ-целлюлозе с последующей десорбцией щелочью.

Таким образом, ни одна из рассмотренных схем не удовлетворяет требованиям полноценного разделения сточной воды предприятий ЦБП с возможностью последующего количественного определения каждой из выделяемых фракций и оценки их качественных характеристик.

На основе схемы [4] для сульфатного черного щелока нами была разработана схема препаративного разделения сточной воды на группы органических компонентов по протолитическим свойствам и растворимости (рис. 1). Она в достаточной мере учитывает недостатки рассмотренных выше аналогов и отличается простотой исполнения.

Отобранную для исследования воду тщательно фильтруют, удаляя взвешенные вещества, подкисляют серной кислотой до слабокислой реакции и отгоняют с паром. В дистилляте будут содержаться легколетучие компоненты (фракция 1). Остаток после дистилляции анализируют по схеме. Аликвотные части фракции 1 анализируют на содержание метанола, формальдегида, скипидара и летучих с паром фенолов.

Остаток после дистилляции подкисляют 30 %-м раствором серной кислоты до pH 1 – 2, выдерживают при температуре 45 °С в течение 1 ч для

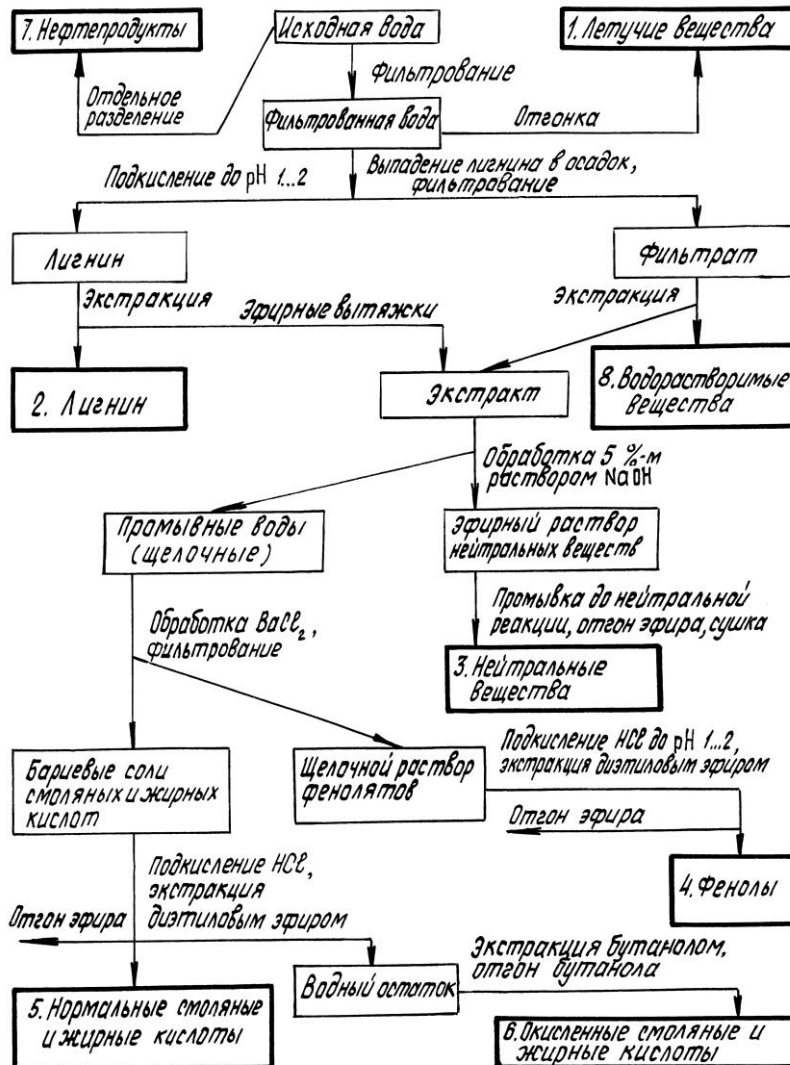


Рис. 1. Схема разделения сточных вод предприятий ЦБП по протолитическим свойствам и растворимости

коагуляции лигнина. Выпавший в осадок лигнин отфильтровывают на воронке Бюхнера. Лигнин с фильтром переносят в коническую колбу и экстрагируют небольшими (по 30 ... 40 мл) порциями диэтилового эфира при перемешивании, отстаивании и декантации до получения бесцветного эфирного раствора; далее промывают его горячей водой до нейтральной реакции по метилоранжу, высушивают при комнатной температуре до постоянной массы и взвешивают. Содержание лигнина (L , %) во фракции 2 вычисляют по формуле

$$L = A / V,$$

где A – масса лигнина, г;

V – объем сточной воды, взятой для анализа, л.

Кроме того, лигнин количественно определяют спектральным методом [5], готовя растворы из полученного вещества фракции с учетом первоначального объема пробы сточной воды.

Все эфирные и водные вытяжки, а также фильтрат используют для последующих определений.

Фильтрат, полученный при отделении лигнина от сточной воды, переносят в делительную воронку и экстрагируют диэтиловым эфиром (порции по 50 мл) до бесцветной эфирной вытяжки. Экстракцию проводят при слабом перемешивании во избежание возникновения эмульсии. Экстракт соединяют с эфирными вытяжками, полученными при экстракции лигнина, промывают 2-3 раза дистиллированной водой для удаления водорастворимых веществ.

Полученный эфирный экстракт обрабатывают 5 %-м водным раствором NaOH в делительной воронке до бесцветной щелочной вытяжки. При этом обеспечивается полное извлечение фенольных соединений, смоляных и жирных кислот.

Эфирный раствор нейтральных веществ промывают дистиллированной водой до нейтральной реакции, отгоняют на водяной бане диэтиловый эфир, а нейтральные вещества (фракция 3) сушат при температуре 100 ... 105 °С до постоянной массы. Количество нейтральных веществ (N , г/л) определяют по формуле

$$N = a / V,$$

где a – масса нейтральных веществ.

Щелочные вытяжки обрабатывают 10 %-м водным раствором BaCl₂. Бариевые соли смоляных и жирных кислот при обработке выпадают в осадок. Смесь выдерживают при комнатной температуре в течение 3 ч для созревания осадка, а затем отфильтровывают на воронке Бюхнера через плотный бумажный фильтр. Осадок на фильтре промывают 1 %-м водным BaCl₂, переносят в стакан и подкисляют разбавленной соляной кислотой (объемное смешивание с водой 1:1). Смесь экстрагируют в делительной воронке диэтиловым эфиром с целью выделения нормальных смоляных и жирных кислот. Диэтиловый эфир отгоняют на водяной бане, остаток (фракция 5) сушат при температуре 100 ... 150 °С до постоянной массы и взвешивают.

Содержание нормальных смоляных и жирных кислот (C , г/л) определяют по формуле

$$C = k / V,$$

где k – масса кислот, извлеченных диэтиловым эфиром, г.

Для выделения окисленных смоляных и жирных кислот остаток смеси обрабатывают бутанолом, растворитель отгоняют, окисленные смоляные и жирные кислоты (фракция 6) сушат и взвешивают. В аликвотных частях фракций 5 и 6 определяют кислотное число и число омыления.

Содержание окисленных смоляных и жирных кислот (B , г/л) находят по формуле

$$B = b / V,$$

где b – масса извлеченных окисленных кислот, г.

Щелочной раствор фенолятов, оставшийся при фильтрации осадка бариевых солей смоляных и жирных кислот, подкисляют соляной кислотой до pH 1 – 2, экстрагируют диэтиловым эфиром, отгоняют растворитель, а остаток взвешивают. Количество фенолов (фракция 4) определяют аналогично предыдущим.

Отдельно в отобранной пробе воды выделяют и определяют общее содержание нефтепродуктов (фракция 7).

Предварительно для оценки правильности подбора экстрагента была проведена серия экстракций модельных соединений, чтобы установить динамику перехода этих соединений в диэтиловый эфир. В качестве моделей использовали растворы фенола, пальмитиновой кислоты и выделенные из черного щелока нейтральные вещества. Экстракцию проводили малыми порциями диэтилового эфира при умеренном встряхивании. Переход фенола и пальмитиновой кислоты в экстрагент отражает рис. 2. Опытным путем установлено, что для перехода 99 % вещества в растворитель необходимо провести 3-4 экстракции.

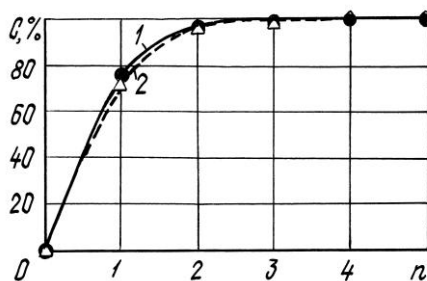


Рис. 2. Динамика перехода фенола (1) и пальмитиновой кислоты (2) из водного раствора в диэтиловый эфир (С – процент вещества, перешедшего в экстрагент)

Разработанная нами схема была применена для анализа сточных вод ОАО «Архангельский ЦБК». В качестве объектов исследования были выбраны локальные стоки второй (варочный цех, цех ДВП) и третьей (варочный цех, отбельный цех) очереди, а также сточные воды после усреднителя станции биологической очистки (БОПС), включающие в себя стоки варочных и отбельных цехов и сопутствующих производств предприятия.

В каждой из указанных точек на протяжении нескольких месяцев производили разовые отборы сточной воды (не менее 10 раз в каждой).

В табл. 1 приведены средние характеристики исследуемой сточной воды для всех точек отбора, включающие данные как о содержании индивидуальных веществ [5, 6], так и групп органических компонентов, выделенных с использованием описанной выше схемы. Содержание выделенных органических фракций рассчитывали с учетом первоначально взятой на отгонку сточной воды. Содержание индивидуальных веществ определяли согласно стандартным методикам, широко применяемым на предприятиях ЦБК. Определение индивидуальных компонентов во фракции летучих веществ производили в исходной сточной воде и отгоне фракции, лигнинных

Показатели	II очередь, цех ДВП	III очередь	Усреднитель БОПС
ХПК	580,2	618,7	543,0
Хлорпроизводные	12,51	345,70	189,60
Лигнинные вещества	328,1	62,3	155,4
Летучие фенолы	0,114	0,202	0,145
Формальдегид	0,295	0,355	0,273
Нефтепродукты	0,542	1,248	0,335
Скипидар	0,107	0,224	0,067
Метанол	0,373	0,551	0,535
Летучие вещества (фракция 1):			
летучие фенолы [7, с. 323]	0,109 / 4,38	0,195 / 3,46	0,138 / 4,82
формальдегид	0,283 / 4,06	0,342 / 3,66	0,261 / 4,39
скипидар	0,107 / 0,00	0,213 / 4,91	0,064 / 4,47
метанол	0,364 / 2,41	0,537 / 2,54	0,511 / 4,48
Лигнинные вещества (фракция 2)	171,11	37,23	138,27
Нейтральные вещества (фракция 3)	7,588	8,452	13,450
Нелетучие фенолы (фракция 4)	7,567	4,913	9,577
Неокисленные смоляные и жирные кислоты (фракция 5)	1,914	4,441	2,623
Окисленные смоляные и жирные кислоты (фракция 6)	4,295	4,108	3,466

Примечание. В знаменателе приведены потери в процентах. веществ – в исходной воде и кубовом остатке путем выделения и взвешивания лигнина.

Как видно из таблицы, потери индивидуальных летучих веществ при отгонке не превышают 5 %, что свидетельствует о полном переходе легколетучих компонентов, содержащихся в сточной воде, в отгон и представительности данной фракции в целом.

С целью идентификации и исследования свойств выделенных веществ фракцию нейтральных веществ характеризовали по йодному числу, фракции нелетучих фенолов – по данным высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ), фракции лигнинных веществ – по данным спектрального, функционального и элементного анализа, нормальных и окисленных смоляных и жирных кислот – по кислотному числу и числу омыления. Каждая из фракций соответствует ее предполагаемому содержанию, т.е. является представительной и малоизмененной по сравнению с исходными компонентами, содержащимися в исходной сточной воде. При этом степень извлечения каждой фракции составляет не менее 95 ... 99 %, т.е. предлагаемый метод фракционирования является достаточно селективным даже для таких разбавленных промышленных сред.

Йодное число нейтральных веществ, содержащихся в сточной воде, для различных точек отбора составило 80 ... 60 г $J_2/100$ г продукта. Таким

образом, его достаточно высокое значение может быть подтверждением малоизмененности нейтральных веществ, составляющих фракцию.

Одинаковый уровень кислотного числа и числа омыления для фракции нормальных кислот говорит об отсутствии в них примесей окисленных компонентов. Нулевые значения кислотного числа для фракции окисленных кислот свидетельствуют также о чистоте данной фракции и отсутствии в ней свободных кислых групп. Данные ВЭЖХ свидетельствуют о наличии мономерного вещества фенольной природы, не являющегося фенолом (карболовой кислотой) или гваяколом.

Спектральные данные в ИК- и УФ-областях показывают, что образцы выделенных лигнинных веществ представляют собой типичный технический сульфатный лигнин, более окисленный по сравнению с малоизмененными природными лигнинами. Данные функционального и элементного анализа также свидетельствуют о имевших место процессах сульфирования и окисления.

Таким образом, разработанная нами схема фракционирования позволяет успешно проводить исследования компонентного состава сточных вод ЦБП и в дальнейшем может использоваться в аналитических целях для определения основных классов загрязнителей и оптимизации перечня нормируемых показателей сточных вод предприятий ЦБП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боголицын К.Г., Айзенштадт А.М. и др. Применение косвенной оксидометрии для контроля качества сточных вод сульфит-целлюлозного производства // Лесн. журн. – 1991. – № 6. – С. 90–94. – (Изв. высш. учеб. заведений).
2. Крунчак В.Г., Боголицын К.Г. Восстановительная емкость сульфатного черного щелока и ее связь с ХПК и БПК₅ // Лесн. журн. – 1979. – № 4. – С. 81–89. – (Изв. высш. учеб. заведений).
3. Кульский Л.А. и др. Справочник по свойствам, методам анализа и очистке воды. – К.: Наук. думка, 1980. – Ч. 1. – 680 с.
4. Лабораторные работы по переработке сульфатных щелоков. – Л.: Изд-во ЛТА, 1988. – 32 с.
5. Лурье Ю.Ю., Рыбникова А.И. Химический анализ производственных сточных вод. – М.: Химия, 1974. – 336 с.
6. Руководство по химическому и технологическому анализу воды. – М.: Стройиздат, 1973. – 272 с.
7. Унифицированные методы анализа вод. – М.: Химия, 1971. – 376 с.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 25.01.01

A.S. Pochtovalova, K.G. Bogolitsyn

Analytical Fractionation Scheme of Organic Waste Waters Components of Pulp-and-paper Industry

A brief analysis of present analytical schemes of wastewater fractionation is given. Principally new scheme of waste waters separation according to protolytic properties and solubility is developed, its use for complex analysis of PPM waste waters of is substantiated.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

630*79(470.57)

А.Ш. Тимерьянов

Тимерьянов Азат Шамилович родился в 1966 г., окончил в 1988 г. Башкирский сельскохозяйственный институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесных культур Башкирского государственного аграрного университета. Имеет 39 печатных трудов в области повышения продуктивности лесов.



ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫЙ КОМПЛЕКС РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН НА ПЕРЕХОДНОМ ЭТАПЕ

Рассмотрены достоинства и недостатки «Программы реструктуризации лесопромышленного комплекса Республики Башкортостан на период 1997–2005 гг.» Указаны некоторые пути выхода из кризиса ОАО «Лесопромышленная холдинговая компания Башлеспром».

лесопромышленный холдинг, программа реструктуризации, расчетная лесосека, господдержка.

В последние годы лесопромышленный комплекс (ЛПК) Республики Башкортостан (РБ), как и в целом России, испытывает глубокий экономический и структурный кризис. В 1999 г. по сравнению с 1990 г. объемы заготовок древесины уменьшились в 3,3, производства пиломатериалов – в 2,6, спичек – в 3,8 раза. Основные причины тяжелого положения ЛПК – непропорциональный рост цен на материальные, энергетические ресурсы и транспортных тарифов, неплатежеспособность потребителей на внутреннем рынке, недостаток собственных оборотных средств для обеспечения бесперебойной работы. Во избежание необратимых последствий затянувшегося кризиса руководство республики предпринимает конкретные меры. Одним из первых шагов было создание в 1994 г. на базе бывшего территориально-производственного объединения «Башлеспром» открытого акционерного общества (ОАО) «Лесопромышленная холдинговая компания (ЛХК) Башлеспром», в состав которого вошло большинство предприятий отрасли: 14 лесозаготовительных, 4 мебельных, 3 деревообрабатывающих предприятия и 2 фанерных комбината, представляющих все подотрасли ЛПК рес-

Таблица 1

Вид продукции	Объем производства					
	1990 г.	1995 г.	1998 г.	1999 г.	1999 г. к 1990 г., %	1999 г. к 1998 г., %
Древесина, тыс. м ³ :						
заготовленная	2296,3	862,1	686,5	699,0	30,4	101,8
вывезенная	2299,7	863,1	705,9	708,6	30,8	100,4
деловая	1687,3	598,2	477,1	488,7	29,0	102,4
Лесоматериалы круглые, тыс. м ³	1251,5	479,1	398,7	407,2	32,5	102,1
ДСП, тыс. м ³	48,3	25,4	23,0	33,1	68,5	143,9
ДВП, тыс. м ³	10,5	11,1	9,8	10,6	101,0	108,1
Пиломатериалы, тыс. м ³	257,2	106,0	96,3	97,6	37,9	101,3
Фанера клееная, тыс. м ³	89,8	51,0	59,6	70,5	78,5	118,3
Спички, тыс. усл. ящиков	1082,3	349,0	89,5	287,8	26,6	321,6
Кислота уксусная, т	67,1	1310,0	1296,0	1600	2384,5	123,5
Этилацетат, т	–	13213,0	16549,0	18250	–	110,4

публики. На его предприятиях производится 80 % всей товарной продукции отрасли, в том числе 100 % республиканского объема выпуска фанеры, ДВП и ДСП, уксусной кислоты, этилацетата, угля древесного, спичек. Создание холдинга способствовало установлению тесных межотраслевых связей, повышению управляемости комплексом, приостановлению спада объемов производства, а по отдельным видам лесопродукции обеспечило его рост (табл. 1). В определенной мере улучшились финансовые показатели работы предприятий. Если в 1996 г. убыточность ЛПК составляла – 6,6, то в 1999 г. он стал рентабельным (10,3 %). Вместе с тем остается ряд серьезных нерешенных проблем, связанных с высоким (до 85 %) износом оборудования, ростом дебиторской и кредиторской задолженности, острой нехваткой источников инвестирования, технической отсталостью деревообрабатывающих производств, низким качеством лесосырьевых ресурсов и ухудшением структуры лесного фонда. Для решения этих проблем была разработана «Программа реструктуризации ЛПК РБ на период 1997–2005 гг.» (далее «Программа»), утвержденная на федеральном уровне и согласованная с «Концепцией социально-экономического развития РБ до 2005 г.». Ее создатели – специалисты ОАО «НИПИЭИлеспром» и «Башлеспром» – предложили систему программных мероприятий, охватывающих все стороны производства, социальной, трудовой сфер на сегодняшний день и на перспективу.

Одна из особенностей программы – выполнение комплекса мероприятий в тесной увязке со всеми смежными отраслями и детальная проработка всех ее этапов. Для реализации «Программы» требуется 1,4 млрд р. Предполагается, что основным источником инвестиций станут собственные средства предприятий (прибыль, амортизационные отчисления). Часть средств планируется получить на инвестиционных конкурсах от продажи пакетов акций. Доля бюджетных средств составит 24 %.

На рост прибыли предприятий холдинга может повлиять расширение рынков сбыта за счет обновления производства, углубления комплексной переработки древесины, расширения ассортимента продукции (плиты МДФ, большеформатная фанера, ламинированные плиты, бутилацетат). Перспективное развитие ЛПК в сложившихся условиях возможно на основе применения химической и химико-механической переработки древесины, позволяющей использовать всю массу древесины, включая малоценную и отходы. К примеру, на Амзинском лесокомбинате производство продукции на основе лесохимической переработки обеспечило в 1999 г. окупаемость затрат на 105,3 %, в то время как производство круглых лесоматериалов и пиломатериалов оказалось убыточным (–9,9 и –18,9 % соответственно). В целом по ЛХК производство этих материалов, основанное на механической переработке древесины, также убыточно (–4,3 и –8,5 %).

Леса в республике занимают 6,3 млн га (44 % территории). Основными лесобразующими породами являются береза (27,6 % покрытой лесом площади), липа (21,9), осина (16,5), сосна (15,3 %). Общий запас лесов оценивается в 708,4 млн м³, из которых 472,0 млн м³ (66,6 %) составляют мягколиственные породы (табл. 2). Расчетная лесосека – 10,5 млн м³, в том числе по хвойному хозяйству 1,3 млн м³ (11,9 %), по лиственному – 9,3 млн м³ (88,1 %). До 90-х гг. она использовалась на 40 ... 45 %, в 1995 г. – на 32, в 1997 г. – на 23 %, что ниже, чем в европейско-уральской части России. В результате появилась четкая тенденция к увеличению запасов перестойных насаждений, особенно мягколиственных пород. При этом снижаются технические качества древесины, ухудшаются водоохранные, почвозащитные и рекреационные функции леса. Проблема вырубki перестойных лесов из отраслевой перерастает в общеэкологическую. Одна из причин сложившегося положения – изначальная ориентация ЛПК на использование высококачественного хвойного пиловочника и фанерного кряжа. К концу столетия высокобонитетные сосновые насаждения республики, дающие основную массу пиловочника, оказались почти полностью вырубленными и сохранились лишь в удаленных горных лесах. Выход деловой древесины уменьшился до 60 %. Запас же спелых и перестойных березовых лесов – источника фанерного кряжа – превышает 98,6 млн м³ (54,5 % общего запаса породы). В то же время фанерное производство республики только на 1/3 обеспечивается собственными ресурсами. Причина кроется в большом количестве пороков древесины местной березы. Этим объясняется низкий выход фанерного

Таблица 2

Группа основных пород	Запас, млн м ³		
	Всего	В том числе	
		леса, возможные для эксплуатации	спелые и перестойные
Хвойные	172,42	134,79	50,26
Твердолиственные	63,75	54,53	31,00
Мягколиственные	472,23	341,45	210,97
Всего	708,40	530,77	292,23

Таблица 3

Вид лесоматериалов	Спрос на лесоматериалы		
	1995 г.	2000 г. (прогноз)	2005 г. (прогноз)
Лесоматериалы круглые, тыс. м ³	921,7	957,1	1198,3
Технологические дрова, тыс. м ³	296,5	490,0	574,1
Пиломатериалы, тыс. м ³	677,6	827,0	1050,0
Фанера, тыс. м ³	50,7	74,5	121,8
ДСП, тыс. м ³	39,0	41,9	36,2
ДВП, млн м ²	12,3	12,7	14,1
МДФ, тыс. м ³	–	–	60,0

кряжа: для древостоев семенного происхождения 33, вегетативного 25 %. Но даже если удастся решить проблему сырьевого обеспечения фанерного производства, а в «Программе» это предлагается сделать за счет увеличения завоза из соседних республик, то встанет вопрос об износе перерабатывающего оборудования, достигшем 88,5 %. Предприятия оснащены ветхими, физически изношенными и морально устаревшими установками, коэффициент обновления не превышает 1 % в год. Справедливости ради надо отметить, что в последние год-два ситуация начала изменяться. Была закуплена импортная линия по сшиву фанеры, ведутся переговоры о приобретении нового оборудования.

В «Программе» прогнозируется повышение спроса на лесоматериалы (табл. 3). Этот рост обосновывается увеличением потребностей жилищного строительства, особенно в сельской местности, идущего в республике в последние годы высокими темпами (по вводу жилья РБ занимает одно из первых мест в России), и необходимостью ремонта существующего жилого фонда. Но даже при таком увеличении спроса к 2005 г. может быть освоено не более 5 млн м³ расчетной лесосеки, т. е. менее половины. Большая часть этих запасов представлена перестойными лиственными насаждениями. Улучшить экологическую обстановку и состояние лесного фонда можно, вовлекая в промышленную переработку низкокачественную и мягколиственную древесину. Пока же этот вопрос остается открытым. Существующие мощности по производству древесных плит и лесохимической продукции не решают проблему комплексного использования древесного сырья. Предложенное в «Программе» строительство целлюлозного завода мощностью 200 тыс. т сульфатной целлюлозы не станет выходом, поскольку не подкреплено экономическими расчетами и не прошло экологической экспертизы.

Восстановить продуктивность лесов и улучшить породный состав можно только на базе долговременной аренды участков лесного фонда. До последнего времени по целому ряду причин холдингу не было передано в аренду ни одного гектара лесов. И только в 2001 г. лесозаготовительные предприятия холдинга должны получить в аренду 450 тыс. га лесов сроком на 15 лет.

Назрели изменения и в структуре управления холдингом. Пока только одно предприятие входит в его состав на правах филиала, большинство

же представлено в виде открытых акционерных обществ. Для повышения управляемости и снижения налогового бремени предлагается расширить сеть филиалов холдинга за счет преобразования акционерных обществ. Часть удаленных предприятий, не участвующих во внутрихолдинговых поставках сырья, продукция которых находит применение только на районном уровне, можно отдать в муниципальное подчинение.

Структурная перестройка ЛПК с одновременным обновлением производства невозможна без помощи государства [1]. В качестве мер государственной поддержки можно предложить снижение тарифов на перевозку лесоматериалов железнодорожным транспортом, выделение бюджетных средств для создания межсезонных запасов древесины, передачу в муниципальную собственность объектов социальной сферы.

На сегодняшний день доля ЛПК в республиканском объеме товарной продукции составляет 1,4, в валютной выручке 1,0 %. Фанерная подотрасль занимает здесь ведущие позиции: в 1999 г. 78 % произведенной фанеры было вывезено за пределы республики, она дала 87,1 % валютной выручки отрасли. С 1995 г. объем продажи этой продукции вырос на 20,6 %. Наиболее перспективными видами экспортной продукции из РБ становятся ДВП, листовые балансы. Так, в 1999 г. ДВП за валюту было продано на 49,1 % больше чем в 1998 г.

Достаточные возобновляемые лесосырьевые ресурсы, производственный, технический и кадровый потенциал, отложенный спрос на внутреннем рынке, благоприятная конъюнктура зарубежного рынка лесоматериалов [2] позволяют предположить, что лесная отрасль в ближайшие годы займет более устойчивое положение в хозяйственном комплексе республики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Романов Е.С. Формирование новых экономических отношений между добывающей и обрабатывающей отраслями лесопромышленного комплекса в условиях вхождения в рыночную экономику // Лесн.журн. – 1999. – № 2-3. – С. 202–208. – (Изв. высш. учеб. заведений).

2. Страхов В.В. и др. Устойчивое управление лесами России и европейский рынок лесоматериалов / В.В. Страхов, А.И. Писаренко, Г.Г. Кузнецов, Д.М. Соколов // Лесн. хоз-во. – 1998. – № 2-3. – С. 6–9.

Башкирский государственный аграрный университет

Поступила 02.11.2000 г.

A.Sh. Timerjanov

Forest-industrial complex of the Republic of Bashkortostan in Transition Period

The merits and drawbacks of "Programme of Restructuring the Forest-industrial Complex of the Republic of Bashkortostan for the Period of 1997-2005" have been analyzed. Some ways out of the crisis of JSC "Forest-industrial Holding Company Bashlesprom" are specified.

УДК 676:502.5.003.13

А.О. Терентьев, Е.Г. Сердобинцева, П.Б. Сыч

Терентьев Андрей Оттович родился в 1974 г., окончил в 1996 г. С.-Петербургский государственный университет экономики и финансов, кандидат экономических наук, сотрудник ОАО «Выборгская целлюлоза». Опубликовано 7 научных трудов в области эффективности инвестиций.



**РАЗВИТИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ
ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИЙ
ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ПРОЕКТАМ
ПРИРОДООХРАННОГО НАЗНАЧЕНИЯ
В ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

В развитие «Методики оценки экономической эффективности инвестиций в ЦБП» предложена новая «Методика оценки экономической эффективности инвестиций природоохранного назначения», которая предполагает выделение инвестиций природоохранного назначения в отдельный денежный поток и позволяет оценить их эффективность.

экономическая эффективность, инвестиции, природоохранные проекты.

В настоящее время в целлюлозно-бумажной промышленности инвестиции природоохранного назначения составляют около 20 % всего объема. Они остро необходимы в связи с создавшейся социально-экологической ситуацией и развитием рыночных отношений, причем потребность в таких инвестициях значительно выше суммарных возможностей ассигнований из бюджета, собственных средств производителей и предложений инвесторов. Расходовать эти средства надо, естественно, таким образом, чтобы при ограниченных вложениях капитала получить максимальный экономический результат. Отсюда необходимость в тщательном и надежном обосновании эффективности инвестиций природоохранного назначения.

Нами сделана попытка обобщения и критического анализа методических основ определения экономической эффективности капитальных вложений (инвестиционные проекты, инвестиции), природоохранных мероприятий в плановой и рыночной экономике по отечественным и зарубежным материалам.

В отрасли все еще используется введенная в 1988 г. «Методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий в лесной, целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности (временная)» [1], но при рыночных отношениях она становится непригодной, так как в ней не учитывается фактор неопределенно-

сти условий, сопровождающих реализацию инвестиционного проекта. Кроме того, в этой «Методике» экономический ущерб (предотвращенный, сокращенный, ликвидированный) определяется весьма ориентировочно и неточно.

С 1993 г. введена плата за загрязнение окружающей среды и установлен порядок ее определения [4]. Эта плата является компенсацией экономического ущерба, наносимого предприятием окружающей среде. В рыночных условиях вместо экономического ущерба при расчете эффективности следует пользоваться более современными базовыми показателями: платой за загрязнение окружающей среды (сокращение ее) и др.

С 1994 г. действуют «Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования» [2]. Они в наибольшей степени приближены к рыночным условиям, однако не свободны от недостатков, в частности, не отражают специфику инвестиций природоохранного назначения и не позволяют рассчитать их экономическую эффективность. Вторая редакция этих «Рекомендаций» [3] также не уделяет должного внимания экологическому аспекту.

В 2000 г. разработаны «Методы определения экономической эффективности инвестиций в целлюлозно-бумажной промышленности» [5–8]. Система показателей экономической эффективности инвестиций представлена в таблице.

Показатели экономической эффективности инвестиций

Показатели	Формулы
Абсолютные (р.): интегральный экономический результат ($P_{\text{инт}}$) или чистая дисконтированная прибыль ($\text{ЧДП}_{\text{инт}}$)	$P_{\text{инт}} = \text{ЧДП}_{\text{инт}} = \sum_{t=1}^T (OP_t - Z_t) \times \frac{1}{(1+E)^t} = OP_{\text{инт}} - Z_{\text{инт}},$
годовая дисконтированная прибыль ($\text{ЧДП}_{\text{год}}$)	$\text{ЧДП}_{\text{год}} = \text{ЧДП}_t$
Относительный (р./р.) – экономическая эффективность инвестиций (e)	$e = \frac{P_{\text{инт}}}{I_{\text{инт}}}$
Срок окупаемости инвестиций (θ)	$\theta = \frac{I_{\text{инт}}}{P_t}$

Примечание. OP_t – дисконтированный объем продаж в t -м году; Z_t – дисконтированный объем текущих затрат (без инвестиционных) в t -м году; E – норма дисконта; $OP_{\text{инт}}$ – дисконтированный объем продаж за период T ; $Z_{\text{инт}}$ – дисконтированный объем текущих затрат за период T ; ЧДП_t – дисконтированная прибыль в t -м году; $I_{\text{инт}}$ – дисконтированный объем инвестиций за период T ; T – инвестиционный период; P_t – экономический результат в t -м году.

В этой методике инвестиции выделяются в отдельный денежный поток, что позволяет оценить их экономическую эффективность. К достоинствам методики относятся: ориентация на доступные исходные данные, простота расчетов, достаточно полный учет неопределенностей рынка. Однако и она не отражает особенностей инвестиций природоохранного назначения и экономических результатов вложения капитала в этих целях. Тем не менее предложенные методы [5–8], на наш взгляд, могут быть приняты в качестве базовых для разработки специальной методики по инвестициям природоохранного назначения как в целлюлозно-бумажной промышленности, так и в других отраслях.

Для оценки экономической эффективности инвестиций необходимо рассчитать показатели общей (абсолютной) эффективности и срока окупаемости инвестиций.

Общая (абсолютная) эффективность природоохранных инвестиций в условиях рыночной экономики является основным показателем и характеризует долю экономического интегрального результата ($R_{\text{инт}}$) (или кратность) в интегральной сумме инвестиционных издержек ($I_{\text{инт}}$). Можно трактовать проще – сколько рублей результатов будет получено на каждый рубль инвестиций:

$$e = \frac{R_{\text{инт}}}{I_{\text{инт}}}. \quad (1)$$

Показатель e может быть выражен в процентах. Его следует сопоставить со ставкой рефинансирования (E), устанавливаемой ЦБ РФ на определенный период времени (2000 г. – 0,45). Если $e > E$, то инвестиции в природоохранный проект (мероприятия) считаются экономически целесообразными.

Экономическая эффективность природоохранных инвестиций рассчитывается на уровне федерации, ее субъекта, отрасли, территориальной структуры, фирмы, предприятия, на всех стадиях планирования мероприятий по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов, при проектировании природных объектов, а также оценке результатов природоохранной деятельности на макро- и микроуровнях.

В качестве дополнительных к показателю экономической эффективности инвестиций природоохранного назначения используются натуральные показатели экологической и социальной эффективности.

Показатель экономической эффективности инвестиций нужен при выборе одного варианта из многих альтернативных. Предпочтение следует отдавать варианту, при котором эффективность максимальная, т. е.

$$(e > E) \rightarrow \max.$$

Интегральный экономический результат определяется как дисконтированная сумма годовых результатов (R_t) за весь инвестиционный период (T):

$$R_{\text{инт}} = \sum_{t=1}^T R_t \frac{1}{(1+E)^t},$$

где $\frac{1}{(1+E)^t}$ – коэффициент дисконтирования;

T – инвестиционный период, который может быть принят равным нормативному сроку службы природоохранного объекта.

Экономический результат (R_t) на макроуровне можно определить по формулам

$$R_t = (\Delta Y + \Delta \Pi_{\text{пр}} + \Delta D_{\text{пр.р}} + \Delta \Pi_{\text{ут}})_t$$

или

$$R_t = (\Delta \Pi_{\text{л}} + \Delta \Pi_{\text{пр}} + \Delta D_{\text{пр.р}} + \Delta \Pi_{\text{ут}})_t,$$

где ΔY – предотвращенный экономический ущерб от загрязнения окружающей среды в t -м году;

$\Delta \Pi_{\text{пр}}$ – прирост прибыли от производственной деятельности в результате внедрения «чистых технологий» (снижение себестоимости продукции);

$\Delta D_{\text{пр.р}}$ – прирост денежной оценки природных ресурсов, сберегаемых (улучшаемых) в результате осуществления природоохранных мероприятий;

$\Delta \Pi_{\text{ут}}$ – прирост прибыли в результате утилизации сырьевых, топливно-энергетических и других материальных ресурсов из сбросов, выбросов, отходов и пр.;

$\Delta \Pi_{\text{л}}$ – сокращение платы за загрязнение окружающей среды.

На микроуровне (фирма, подразделение) экономический результат в t -м году определяется по последней формуле или как разница затрат природоохранного назначения до ($Z_{\text{до}}$) и после ($Z_{\text{после}}$) осуществления мероприятий:

$$R_{\text{инт}} = Z_{\text{инт.до}} - Z_{\text{инт.после}} = \left(\sum_{t=1}^T Z_t \frac{1}{(1+E)^t} \right)_{\text{до}} - \left(\sum_{t=1}^T Z_t \frac{1}{(1+E)^t} \right)_{\text{после}},$$

где Z_t – текущие затраты природоохранного назначения в t -м году, р.;

$$Z_t = (\Pi_{\text{л}}^{\text{H}_2\text{O}} + \Pi_{\text{л}}^{\text{з.о.с}} + C_{\text{оч}} + C_{\text{пр}})_t,$$

где $\Pi_{\text{л}}^{\text{H}_2\text{O}}$ – плата за забор свежей воды, р.;

$\Pi_{\text{л}}^{\text{з.о.с}}$ – плата за загрязнение окружающей среды, р.;

$C_{\text{оч}}$ – производственные затраты по очистке сточных вод, газопылевых выбросов, утилизации ценных компонентов из сточных вод, газопылевых выбросов, отходов производства и потребления, р.;

$C_{\text{пр}}$ – прочие текущие расходы в t -м году, связанные с природоохранной деятельностью предприятия;

t – расчетный год в инвестиционном периоде.

Предотвращенный экономический ущерб от загрязнения окружающей среды (ΔY) в t -м году определяется как разница между ущербами до ($Y_{\text{до}}$) и после ($Y_{\text{после}}$) осуществления природоохранных мероприятий:

$$\Delta Y_t = (Y_{\text{до}} - Y_{\text{после}})_t.$$

Природоохранные мероприятия бывают одно- и многоцелевыми. Первые (строительство и эксплуатация очистных сооружений, внедрение более эффективного оборудования природоохранного назначения взамен действующего, внедрение новых технологий обезвреживания загрязнений и т. п.) направлены главным образом на снижение загрязнения окружающей среды. Вторые (строительство и эксплуатация систем замкнутого водопользования, утилизация отходов производства и потребления, внедрение малоотходных процессов и производств, выпуск экологически чистых видов продукции и т. п.) предполагает еще и улучшение производственных результатов деятельности предприятия: снижение расхода материальных и трудовых ресурсов, увеличение выпуска продукции, расширение ассортимента и повышение ее качества. В этих случаях предприятие может получить дополнительную прибыль и (или) снижение себестоимости продукции.

Прирост прибыли от улучшения производственной деятельности в результате осуществления многоцелевых природоохранных мероприятий определяется как разница между прибылью, получаемой после ($P_{\text{после}}$) и до ($P_{\text{до}}$) осуществления мероприятия в t -м году:

$$\Delta P_{\text{пр}} = (P_{\text{после}} - P_{\text{до}})_t ;$$

$$\Delta P_{\text{пр}} = \sum_{j=1}^m (Q_j - C_j) \bar{Q}_j^{\text{после}} - \sum_{i=1}^n (Q_i - C_i) \bar{Q}_i^{\text{до}} ,$$

где j, i – вид продукции, производимой после и до проведения природоохранных мероприятий ($j = 1, 2, 3, \dots, m$); ($i = 1, 2, 3, \dots, n$);

Q, C, C – соответственно объем производства, цена и себестоимость единицы j -го и i -го вида продукции после и до осуществления природоохранных мероприятий.

В настоящее время в отечественной экономике природные ресурсы не имеют стоимости, не являются частью национального богатства, а служат национальным достоянием, т. е. бесплатны. Исключение представляет природный ресурс – вода. В связи с этим прирост денежной оценки природных ресурсов ($\Delta D_{\text{пр.р}}$) может быть определен только в том случае, если имеет место сокращение потребления свежей воды в результате проведения природоохранных мероприятий:

$$\Delta D_{\text{пр.р}} = (5T\Delta V_{\text{с.п}} + T\Delta V_{\text{п}})_t,$$

где T – тариф за забор 1 м^3 воды из поверхностного или подземного источника (с учетом скидки или доплаты);

$\Delta V_{\text{с.п}}, \Delta V_{\text{п}}$ – сокращение сверхлимитного потребления свежей воды и в пределах лимита, м^3 .

При утилизации ценных компонентов из сточных вод, газопылевых выбросов и отходов производства и потребления, которые используются на том же предприятии или реализуются на сторону, прирост прибыли от утилизации ($\Delta P_{\text{ут}}$) определяется по формуле

$$\Delta\Pi_{\text{гит}} = \left[\sum_{i=1}^n C_i Q_i - \sum_{j=1}^m C_j Q_j \right]_t,$$

где i – виды материалов, химикатов, тепла и пр., взамен которых будут использованы продукты утилизации ($i = 1, 2, 3, \dots, n$);

j – утилизируемые материалы, химикаты и пр. ($j = 1, 2, 3, \dots, m$);

C_i – цена материалов, химикатов и пр. на рынке, р./ед.;

C_j – себестоимость j -го утилизируемого продукта, р./ед.;

Q_i – объем потребности, равноценный объему утилизируемого продукта, ед.;

Q_j – объем утилизации j -го продукта, ед.

Сокращение платы за загрязнение окружающей среды (Π_t) в t -м году определяется как разница между платежами до ($\Pi_{\text{до}}$) и после ($\Pi_{\text{после}}$) осуществления природоохранных мероприятий:

$$\Delta\Pi_t = (\Pi_{\text{до}} - \Pi_{\text{после}})_t.$$

Интегральная сумма инвестиций ($I_{\text{инт}}$) определяется как дисконтированная сумма инвестиций за период реализации проекта (T):

$$I_{\text{инт}} = \sum_{t=0}^T \Delta I_t = \sum_{t=0}^T I_t \frac{1}{(1+E)^t},$$

где I_t – сумма инвестиций в t -м году, р.;

T – инвестиционный период, лет;

E – норма дисконта (2000 г. – 0,45).

Срок окупаемости инвестиционных издержек (θ) показывает, в течение скольких лет они могут быть погашены за счет экономического результата:

$$\theta = \frac{I_{\text{инт}}}{R_{\text{ср}}},$$

где $R_{\text{ср}}$ – среднегодовой результат в инвестиционном периоде T ,

$$R_{\text{ср}} = \frac{\sum_{t=0}^T R_t \frac{1}{(1+E)^t}}{T}.$$

При расчете инвестиций природоохранного назначения следует учитывать только собственные капитальные вложения предприятия (нераспределенная прибыль, амортизационные отчисления) и средства инвесторов, так как суммы полученного и возвращенного кредита взаимно компенсируются в денежных потоках.

Предлагаемая нами методика оценки экономической эффективности инвестиций природоохранного назначения, вероятно, не бесспорна, но имеет целый ряд достоинств (простота, доступность информации, учет рыночных условий). Аналогов ее пока нет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий в лесной, целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности (временная). – Л.: ВНИИБ, 1988.
2. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования. Утв. совместным постановлением Госстроя России, Минэкономики РФ, Минфина РФ и Госкомпрома России от 31.03.1994 г., № 7-12/47.
3. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов: (Вторая редакция) / М-во экон. РФ, М-во фин. РФ, ГК по стр-ву, архит. и жил. политике. – М.: ОАО «НПО «Изд-во «Экономика», 2000. – 421 с.
4. Постановление Правительства Российской Федерации от 28.08.1992 г. № 632 «Об утверждении порядка определения платы и ее предельных размеров за загрязнение окружающей среды, размещение отходов, другие виды вредного воздействия».
5. *Соминский В.С., Сердобинцева Е.Г., Терентьев А.О.* Методика оценки экономической эффективности инвестиций: Методич. указания к дипломному проектированию. – С.-Петербург, 2000.
6. *Соминский В.С., Терентьев А.О.* Методические основы определения экономической эффективности инвестиций в целлюлозно-бумажную промышленность // Цел.-бум. пром-сть. – 2000. – № 3-4.
7. *Соминский В.С., Терентьев А.О.* Показатели экономической эффективности инвестиций в современных условиях // Лесн. журн. – 1999. – № 6. – (Изв. высш. учеб. заведений).
8. *Терентьев А.О.* Методы определения экономической эффективности инвестиций в целлюлозно-бумажной промышленности (на примере ОАО «Котласский ЦБК»): Автореф. дис. ... канд. экон. наук. – СПб., 2000.

ОАО «Выборгская целлюлоза»

С.-Петербургский государственный
технологический университет
растительных полимеров

Поступила 27.03.01

A.O. Terentjev, E.G. Serdobintseva, P.B. Sych

Development of Assessment Technique for Economic Efficiency of Investments in Relation to Environmental Projects in Pulp-and-paper Industry

In the development of assessment technique for economic efficiency of investments in PPI new assessment technique for economic efficiency of investment of environmental character has been proposed. According to it the investments of environmental character will be allocated in a separate monetary flow and will allow to assess their efficiency.

КОМПЬЮТЕРИЗАЦИЯ УЧЕБНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

УДК 674.093:65.011.56

Р.Е. Калитеевский, С.А. Смирнова

Калитеевский Ростислав Евгеньевич родился в 1924 г., окончил Ленинградскую лесотехническую академию, профессор, доктор технических наук, профессор кафедры технологии деревообрабатывающих производств С.-Петербургской лесотехнической академии, академик РАЕН, заслуженный деятель науки РФ. Имеет более 150 печатных работ в области технологий, оборудования и систем управления в лесопилении.



Смирнова Светлана Анатольевна родилась в 1975 г., окончила в 1997 г. С.-Петербургскую лесотехническую академию, аспирант кафедры лесопиления и гидротермической обработки древесины С.-Пб ЛТА. Имеет 4 печатные работы в области совершенствования раскроя древесины.



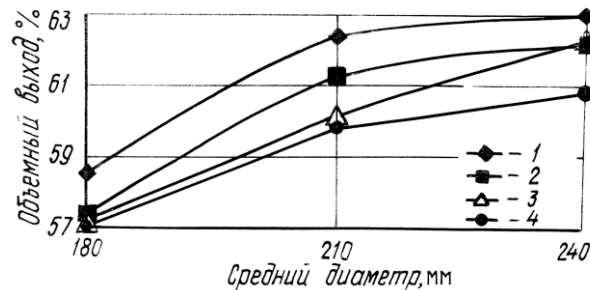
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОРТИРОВКИ ПИЛОВОЧНЫХ БРЕВЕН

Приведены положения информационных технологий сортировки бревен; показана целесообразность дробности сортирования пиловочных бревен с шагом 5 мм и необходимость расчета объемного выхода пиломатериалов в диапазонах диаметров сортировочных групп бревен с шагом 1 мм.

сортировка сырья, выход пиломатериалов, оперативное планирование.

Внедрение современных датчиков размеров диаметров бревен с точностью ± 1 мм и оптимизация поставок на базе ЭВМ позволили значительно увеличить выход пиломатериалов и производительность лесопильных цехов при групповом способе раскроя. Это было достигнуто за счет уменьшения шага расчета сортировки бревен с 20 мм и более (сортировка по четным и группам четных диаметров) до 5 мм при выносе процесса сортирования из бассейна к сортировке перед лесопильными цехами и применении сухопутной сортировки на автоматизированных линиях с накоплением больших объемов пиловочника на складах [1].

Рис. 1. Зависимость объемного выхода пиломатериалов от среднего диаметра бревен при различной дробности их сортировки: 1 – по четным диаметрам, 2 – по двум четным диаметрам, 3 – по трем четным диаметрам, 4 – дифференцированный шаг



Организация складов рассортированного сырья большой емкости позволяет локализовать неравномерность накопления и подачи бревен определенных сортировочных групп к линиям агрегатной переработки бревен (ЛАПБ), фрезерно-брусующим линиям (ФБЛ) и другим типам фрезерно-пильного оборудования.

Вынос сортировки бревен из бассейнов и ее осуществление на автоматизированных линиях позволяет экономить 2 ... 5 % пиловочного сырья. Это достигается за счет индивидуальной распиловки каждого бревна с учетом не только вершинного диаметра, но и кривизны, сбега и других особенностей формы.

Внедрение информационных технологий совершенно по иному решает вопрос определения достоверного значения объемного выхода пиломатериалов в зависимости от дробности сортировки бревен.

Нами проведены исследования при следующих условиях сортировки бревен: по четным диаметрам, по двум четным диаметрам, по трем четным диаметрам (т. е. с шагом 20, 40 и 60 мм), с дифференцированным шагом. Учитывались бревна диаметром от 12,0 до 52,0 см.

На рис.1 представлена связь между величиной выхода пиломатериалов и средним диаметром бревна (18,0, 21,0 и 24,0 см) при различной дробности сортировки.

В результате сортировки по четным диаметрам получено 20 сортировочных групп, по двум четным диаметрам – 10, по трем четным диаметрам – 7. При применении дифференцированного шага пиловочник был рассортирован следующим образом: диаметр 12,0 ... 19,5 см через 10 мм, так как наибольший процент содержания бревен приходится именно на этот диапазон диаметров (8 сортировочных групп); диаметр 20,0 ... 35,5 см через 20 мм (8 сортировочных групп); диаметры 36,0 ... 52,0 см через 40 мм, так как наименьший процент поступления бревен приходится на этот диапазон (4 сортировочные группы). Шаг расчета поставок во всех случаях принят равным 5 мм. В качестве исходных данных были приняты следующие: длина бревна $l = 5,1$ м, шаг длины доски – 0,3 м, минимальная длина боковой доски – 1,5 м. Спецификация пиломатериалов содержала 16 сечений, приведенных в табл. 1.

Поставы были рассчитаны на ПЭВМ по оптимизационной программе.

Таблица 1

Толщина, мм	Ширина, мм			
19	100	125	150	175
25	100	125	150	175
50	100	125	150	175
63	100	150	200	225

Обратим внимание на то, что при сортировке по четным диаметрам и при дифференцированном шаге пиловочник был рассортирован на 20 групп. Очевидно, что дифференцированный шаг сортировки бревен по диаметрам должен был дать больший объемный выход пиломатериалов, так как наибольший процент составляют тонкомерные бревна (12,0 ... 19,5 см), рассортированные с шагом 10 мм. Однако расчеты (рис. 1) этого не подтверждают. Это происходит потому, что высокие показатели объемного выхода пиломатериалов, например при сортировке по четным диаметрам, не являются достоверными. Объясняется это тем, что расчет объемного выхода пиломатериалов, например при шаге 20 мм, определяет постав, которым распиливают бревна, находящиеся, как правило, в центре сортировочной группы [2]. Это можно видеть на рис. 2, где представлена связь между объемным выходом пиломатериалов и диаметром бревен при его изменении с шагом 1 мм в диапазоне от 17,0 до 18,9 см. Оптимальный постав принят для бревен с четным диаметром 18,0 см. Расчет постава выполнен с учетом использования необходимых дополнительных пил.

Как видно из рис. 2, максимум объемного выхода пиломатериалов (56,18 %) соответствует середине диапазона диаметров бревен, т. е. диаметру 18,0 см, тогда как среднеарифметический выход (54,54 %) пиломатериалов из бревен этой группы фактически ниже на 1,64 %.

Исследования показали, что в основном среднеарифметический (фактический) выход пиломатериалов в диапазоне четных диаметров бревен на 1,5 ... 2,0 % ниже расчетного (из бревен в середине диапазона четных диаметров группы).

Необходимо отметить, что следует отличать среднеарифметический объемный выход пиломатериалов в сортировочной группе от средневзвешенного. При расчете средневзвешенного объемного выхода пиломатериалов учитывается число бревен определенных диаметров в процентах, при расчете среднеарифметического принимается равномерное распределение

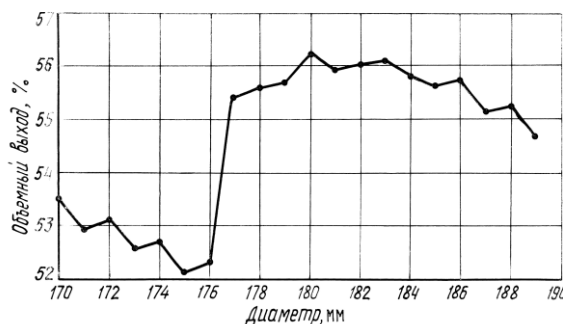


Рис. 2. Зависимость объемного выхода пиломатериалов от диаметра бревен в диапазоне четного диаметра (18,0 см)

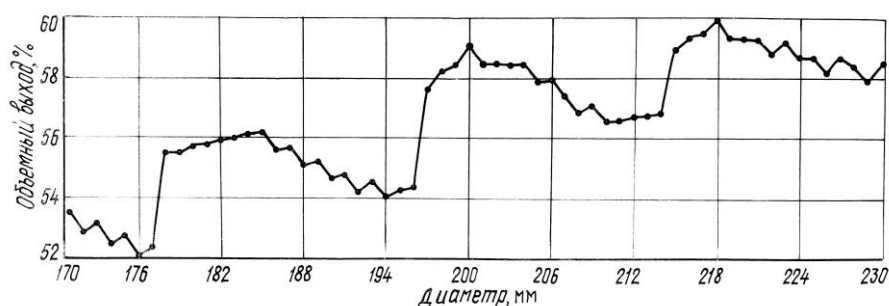


Рис. 3. Зависимость объемного выхода пиломатериалов от диаметра бревен в диапазоне трех четных диаметров (17,0...23,0 см)

бревен разных диаметров в диапазоне сортировочной группы (принято в настоящее время при расчете объема четных диаметров при их приемке).

На рис. 3 приведен график влияния на объемный выход пиломатериалов диаметра бревен в диапазоне сортировочной группы, соответствующей сортировке по трем четным диаметрам, т. е. с шагом 60 мм от 17,0 до 23,0 см. Принят постав с дополнительными боковыми пилами, рекомендуемый для бревен с расчетным диаметром 17,0 см. Исходные данные аналогичны приведенным на рис. 1 и в табл. 1. Объемный выход пиломатериалов в указанном диапазоне диаметров бревен рассчитывали с шагом 1 мм. Среднеарифметический объемный выход в данной группе составил 56,62 %.

В этом же диапазоне диаметров и с теми же исходными данными произведен расчет объемного выхода пиломатериалов при дробности сортировки бревен 5, 10 и 20 мм. В табл. 2 приведено описание изменений поставов при распиловке бревен диаметром от 17,0 до 23,0 см. Здесь также представлен расчет поставов при дробности сортировки бревен через 5 мм.

Как видно из табл. 3, где приведена зависимость объемного выхода пиломатериалов от шага сортировки пиловочника в диапазоне диаметров 17,0 ... 23,0 см, при принятых условиях с уменьшением дробности сортировки бревен с 10 до 5 мм объемный выход увеличивается на 0,5 %, с 20 до 5 мм – на 1,0 %, с 60 до 5 мм – примерно на 1,5 %.

Информационные технологии сортировки бревен могут быть использованы не только при большой емкости складов рассортированного сырья и применении автоматизированных линий с большим числом карманов (до 50 ... 60 шт.) для сортировки пиловочника, т. е. не только при большой дробности сортировочных процессов.

Для ограниченных площадей складов рассортированных бревен и больших партий пиломатериалов с ограниченным числом поперечных сечений досок рациональной является организация процессов сортировки бревен с оптимизацией границ и числа сортировочных групп. Это может иметь место также при высоком уровне учета и управления запасами

Таблица 2

Диаметр, мм	Изменение в поставках
170	Брусовые доски (50×125 мм) – 2 шт. ($l = 5,1$ м). На первом проходе досок нет. Второй проход (19×100 мм) – 2 шт. ($l = 3,3$ м).
175	Увеличивается длина боковых досок на втором проходе ($l = 3,9$ м).
180	Выпиливаются боковые доски на первом проходе (19×100 мм) – 2 шт. ($l = 2,1$ м). Увеличивается длина боковых досок на втором проходе ($l = 4,5$ м).
185	Увеличивается толщина боковых досок на втором проходе (25×100 мм) – 2 шт. ($l = 3,9$ м). Уменьшается длина боковых досок на первом проходе ($l = 2,7$ м).
190	Изменяется брусовый пакет (50×150 мм) – 2 шт. ($l = 5,1$ м). На первом проходе досок нет. Второй проход (25×100 мм) – 2 шт. ($l = 4,5$ м).
195	Увеличивается длина боковых досок на втором проходе ($l = 5,1$ м).
200	Добавляются боковые доски на первом проходе (19×100 мм) – 2 шт. ($l = 2,1$ м). На втором проходе изменяются сечения и число боковых досок: (19×125 мм) – 2 шт. ($l = 5,1$ м), (19×100 мм) – 2 шт. ($l = 2,1$ м).
205	Изменяется брусовый пакет (63×150 мм) – 2 шт. ($l = 5,1$ м). Первый проход (19×100 мм) – 2 шт. ($l = 2,7$ м). Второй проход (19×100 мм) – 2 шт. ($l = 5,1$ м).
210	Увеличивается длина боковых досок на первом проходе ($l = 3,3$ м). Увеличивается толщина боковых досок на втором проходе (25×100 мм) – 2 шт. ($l = 4,2$ м).
215	Увеличивается длина боковых досок на первом проходе ($l = 3,9$ м). Увеличивается длина боковых досок на втором проходе ($l = 4,8$ м).
220	Увеличивается длина боковых досок на первом проходе ($l = 5,1$ м). Изменяются сечения и число боковых досок на втором проходе: (19×125 мм) – 2 шт. ($l = 5,1$ м), (19×100 мм) – 2 шт. ($l = 1,8$ м).
225	Изменяется брусовый пакет (50×150 мм) – 3 шт. ($l = 5,1$ м). Первый проход (25×100 мм) – 2 шт. ($l = 3,9$ м). Второй проход (19×100 мм) – 2 шт. ($l = 4,5$ м).
230	Увеличивается длина боковых досок на первом проходе ($l = 4,5$ м). Увеличивается длина боковых досок на втором проходе ($l = 5,1$ м).

Таблица 3

Шаг сортировки, мм	5	10	20	60
Объемный выход, %	58,05	57,50	57,09	56,62

рассортированного сырья. Объясняется это тем, что при «плавающих» границах сортировочных групп бревен могут быть выбраны поставки, обеспечивающие наибольший объемный выход пиломатериалов.

При изменении систем поставок изменяются не только границы сортировочных групп бревен, но и их число. Естественно, что в этом случае бревна, предназначенные к распиловке предыдущими поставками (если они уже поступили на склад от сортирующей линии), должны быть пересорти-

рованы. В противном случае имеют место потери объемного выхода пиломатериалов и увеличение, например, перепилов определенных сечений досок. Это вряд ли целесообразно. Полное же опорожнение склада пиловочника, рассортированного по предыдущим системе поставов и границам сортировочных групп, возможно только в исключительных случаях.

Расчет поставов при оптимизации границ и числа сортировочных групп целесообразно производить на ПЭВМ по программе оперативного планирования раскроя бревен, например при сортировке по четным диаметрам и заданным к выпилке объемам определенных сечений пиломатериалов, с автоматическим составлением поставов. Затем сортировочные группы бревен, имеющие одинаковый брусковый пакет (см. табл. 2), объединяют в одну сортировочную группу. При распиловке бревен новой сортировочной группы устанавливаются дополнительные боковые пилы. В результате этого число сортировочных групп сокращается, и планирование раскроя бревен проводится уже с новыми границами сортировочных групп.

Исследования показывают, что число сортировочных групп бревен в этом случае может быть уменьшено, например, с 20 до 13. При этом шаг сортировки бревен будет непостоянным, например не 20 мм, а 35, 20, 45 мм и т. д.

В некоторых случаях в зависимости от заданной спецификации пиломатериалов их объемный выход при уменьшении числа сортировочных групп бревен не только не уменьшается, но даже несколько увеличивается.

Выводы

1. Дробность сортировки бревен следует выполнять с шагом 5 мм, что позволит увеличить объемный выход пиломатериалов, свести к минимуму перепилы и недопилы определенных сечений пиломатериалов и иметь ряд других преимуществ.
2. Расчет объемного выхода пиломатериалов в диапазонах диаметров сортировочных групп бревен следует проводить с шагом 1 мм.
3. Для оперативного планирования производства пиломатериалов надо использовать прикладные программы на ЭВМ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Калитеевский П.Е.* Теория и организация лесопиления. – М.: Экология, 1995. – 325 с.
2. *Калитеевский П.Е.* Технология лесопиления. – М.: Лесн. пром-ть, 1986. – 264 с.

С.-Петербургская лесотехническая академия

Поступила 4.05.2000 г.

R.E. Kaliteevsky, S.A. Smirnova

Information Technologies of Sawlog Sorting

The information technologies of sawlog sorting are presented. The expediency of fractional sorting of sawlogs with 5 mm spacing is demonstrated as well as the necessity of calculating the volume lumber yield within the diameter range of sorting log groups with 1 mm spacing.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 631.816:630*238

А.И. Чернодубов

Чернодубов Алексей Иванович родился в 1946 г., окончил в 1968 г. Воронежский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесных культур и селекции Воронежской государственной лесотехнической академии, действительный член Нью-Йоркской академии наук. Имеет около 80 работ в области генетики, селекции, экологии сосны обыкновенной в островных борах юга Русской равнины.



ПОДКОРМКА МАТОЧНЫХ ПЛАНТАЦИЙ ТОПОЛЕЙ

Рассмотрено влияние подкормки маточных плантаций тополей на длину побегов (хлыстов) с целью повышения выхода посадочного материала (черенков) для плантационного лесовыращивания.

тополь, маточные плантации, подкормка, черенки.

Внедрение тополей в лесные культуры для плантационных и защитных насаждений получило широкое распространение в странах Европы, Азии и Америки [3, 4, 8]. Тополя, в силу своих биологических особенностей, довольно требовательны к условиям произрастания, особенно к влажности и содержанию питательных веществ, почве [3–6]. Поэтому, чтобы за короткий срок получить максимальное количество древесины, требуется улучшать условия произрастания тополей [4, 6].

В Воронежской государственной лесотехнической академии по инновационной программе разрабатывается технология создания плантационных тополевых культур как сырья для получения прессованной древесины. Для этой цели в питомнике ВГЛТА была заложена маточная плантация различных сортов (клонов) тополей, предоставленных НИИЛГиС, где они прошли предварительную апробацию по росту и продуктивности. В качестве посадочного материала использовали как однолетние зимние черенки, так и черенковые саженцы, выращенные на черенковой плантации.

Цель наших исследований – повысить выход черенков с куста различных сортов (клонов) тополей с помощью подкормки маточной плантации минеральными удобрениями.

На маточной плантации было заложено 4 пробные площадки по 10 м², на которых в 1994–1995 гг. вносились 15-го числа каждого месяца

Таблица 1

**Зависимость длины побегов различных клонов (сортов) тополей
от доз минеральных удобрений**

Клон (сорт)	Длина побегов, см, при различных дозах удобрений							
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀		N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀		Контроль	
	Лимит	Сред- ний	Лимит	Сред- ний	Лимит	Сред- ний	Лимит	Средний
R-23/07	<u>55...165</u>	190	<u>35...165</u>	98	<u>35...160</u>	96	<u>35...105</u>	60
	88...205	143	95...213	131	80...184	131	72...136	92
Бахельери	<u>75...175</u>	123	<u>85...185</u>	123	<u>95...195</u>	143	<u>55...110</u>	76
	82...233	152	88...206	147	115...224	176	94...182	137
Марилан- дика	<u>60...176</u>	123	<u>100...185</u>	133	<u>100...160</u>	123	<u>95...185</u>	139
	115...212	164	105...208	154	80...208	137	108...209	157
R-16	<u>80...195</u>	130	<u>95...195</u>	138	<u>70...170</u>	123	<u>60...170</u>	121
	75...266	155	101...266	177	98...203	182	76...179	123
U-45/51	<u>80...120</u>	148	<u>95...180</u>	143	<u>100...175</u>	138	<u>95...175</u>	132
	90...268	182	90...284	172	105...229	161	96...200	139
Робуста	<u>80...120</u>	148	<u>95...200</u>	138	<u>75...180</u>	136	<u>100...215</u>	155
	119...274	174	99...255	161	96...241	144	88...208	164
Брабантика	<u>100...190</u>	148	<u>95...155</u>	113	<u>150...210</u>	173	<u>105...170</u>	134
	96...258	172	94...236	157	148...277	186	113...269	142
Регенерата	<u>85...115</u>	114	<u>100...150</u>	119	<u>90...140</u>	110	<u>90...130</u>	105
	106...238	172	96...236	161	88...200	144	78...204	142

Примечание. В числителе приведены данные за 1994 г., в знаменателе – за 1995 г.

(май, июнь, июль) одинарная (N₃₀P₃₀K₃₀), двойная (N₆₀P₆₀K₆₀) и тройная (N₉₀P₉₀K₉₀) дозы нитрофоски. Потребность в туках (с учетом ежегодного потребления одного куста тополя в граммах) определяли по формуле [1]

$$A = a \cdot 100/c,$$

где a – потребность в элементах питания в чистом виде;

c – процент содержания элемента в туках.

Удобрения вносили вручную, путем равномерного разбрасывания в междурядьях, с последующей заделкой с помощью рыхления. Одна пробная площадь была контрольной, где проводилось только рыхление междурядий. Во второй половине сентября ежегодно измеряли длину побегов (хлыстов) за вегетационный период.

Данные о связи доз минеральных удобрений с длиной побегов различных клонов (сортов) тополей, представленные в табл. 1, показывают, что на темно-серых суглинистых почвах наибольшее влияние туков на рост по высоте отмечено в N₃₀P₃₀K₃₀. Дальнейшее увеличение доз подкормки в этих условиях неэффективно, что было подтверждено результатами дисперсионного анализа.

Выявлено также влияние климатических условий и сортовых особенностей тополей. Так, в 1994 г., когда выпало большое количество осадков в виде дождя, именно, в дни внесения удобрений (15/V, 15/VI, 15/VII),

Таблица 2

**Результаты 2-факторного дисперсионного анализа клонов (сортов) тополей
по длине побегов**

Вариация	Число степеней свободы	Критерий Фишера	
		F _{факт}	F _{ст}
По фактору <i>A</i> (климатические условия)	1	152,30	5,6
По фактору <i>B</i> (сорт, клон)	7	18,50	–
Совместная <i>AB</i>	7	2,24	–

по-видимому, происходило их интенсивное вымывание в нижние почвенные горизонты. Поэтому растения не успевали использовать их для своего роста и развития. Наибольшая длина побегов (162 ... 180 %) в этот год отмечена у двух сортов – R-23/07 и Бахельери. У сортов Мариландика и Робуста этот показатель ниже, чем на контрольном участке (88 ... 95 %). В 1995 г. (засушливый год) максимальная длина побегов отмечена у сорта R-23/07 (155 %), далее следуют: U-45/51 (131 %), R-16 (126 %), Брабантика и Регенерата (121 %). Даже Мариландика и Робуста, в отличие от предыдущего года, имели длину побегов на 4 ... 6 % больше, чем в контроле.

Данные о росте в высоту различных сортов тополей в разные годы обработаны методом двухфакторного дисперсионного анализа (табл. 2).

Как видно из табл. 2, наибольший вклад в изменчивость роста тополей в высоту вносят климатические условия года (фактор *A*). Существенно и влияние сортовых особенностей тополей (фактор *B*).

Вывод

При создании плантационных культур и маточников тополей главное внимание необходимо уделять правильному подбору ассортимента с тем, чтобы, используя минеральные удобрения, получать необходимое количество посадочного материала в виде черенков, черенковых саженцев и древесины в конкретных условиях выращивания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баглай А. Н. Питание культур сосны в условиях Воронежской области. – Воронеж: ВГУ, 1977. – 92 с.
2. Завалько Ф. П. Влияние минеральных удобрений на рост тополей // Лесоводство и агролесомелиорация. – 1975. – Вып. 42. – С. 64–70.
3. Редько Г. И. Культура тополя в лесостепи Украинской ССР: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Харьков, 1960. – 24 с.
4. Слухай С. И. Питание и удобрение молодых древесных растений. – К.: Наук. думка, 1965. – 304 с.
5. Слухай С. И. Удобрение тополевых питомников и плантаций. – Харьков: УкрНИИЛХА, 1938. – 64 с.
6. Создание тополевых насаждений / Д. Д. Лавриненко, Г. И. Редько, А. А. Лишенко и др. – М.: Лесн. пром-сть, 1966. – 315 с.

7. Справочник по удобрениям в лесном хозяйстве. – М.: Агропромиздат, 1986. – 172 с.

8. *Цепляев В.П.* За широкое внедрение быстрорастущих и ценных древесных пород // Лесн. хоз-во. – 1957. – № 6. – С.11–12.

Воронежская государственная
лесотехническая академия

A.I. Chernodubov

Dieting of Queen Poplar Plantations

It is considered how dieting the queen poplar plantations provides influence on the length of stems aiming at increasing the output of planting stock (cutting) for plantation forest growing.

УДК 235.8

***Е.В. Юшкова, Е.В. Никонорова, Н.А. Величко,
И.К. Конев, С.М. Репях***

Репях Степан Михайлович родился в 1937 г., окончил в 1966 г. Сибирский технологический институт, профессор, доктор химических наук, профессор кафедры химической технологии древесины, проректор по научной работе Красноярской государственной технологической академии, член-корреспондент МАН ВШ. Имеет более 180 печатных трудов в области химии древесины, экологии, биохимии.



МИКРОРАЗМНОЖЕНИЕ ХВОЙНЫХ В УСЛОВИЯХ IN VITRO

Изучены закономерности роста и развития каллусных тканей кедра, лиственницы сибирской, сосны обыкновенной, ели европейской в зависимости от гормонального и витаминного состава питательных сред. Разработаны условия формирования и роста адвентивных побегов ели европейской, полученных из ювенильных растений (3-4 недели культивирования проростков в условиях *in vitro* на безгормональных питательных средах), на модифицированных питательных средах с минеральной основой по Sierlis (1979).

хвойные породы, посадочный материал, экспланты, каллусные ткани.

По данным ЮНЕСКО ежегодно от пожаров, вырубок и других неблагоприятных экологических факторов гибнут тысячи гектаров ценных лесов. Традиционные методы восстановления лесных массивов недостаточно эффективны, так как требуют значительных затрат времени. Поэтому возникла необходимость в разработке новой высокоэффективной технологии ускоренного получения посадочного материала, которая могла бы способствовать лесовосстановлению в районах интенсивной эксплуатации лесных массивов, а также в районах экологических бедствий.

Одним из приоритетных направлений в области биотехнологии растений является клональное микроразмножение. Благодаря микроразмножению ежегодно на мировой рынок поставляется около 5 млн шт. оздоровленных растений, масштабы производства продолжают возрастать. Методом микроклонального размножения из 1 гибридного семени в течение 6 мес. можно получить более 250 побегов для черенкования и укоренения, а 1 г эмбрионного каллуса образует до 700 соматических зародышей.

В основе всех методов получения растений путем культивирования изолированных тканей и клеток лежит принцип тотипотентности растительной клетки. Но в практической деятельности регенерация целого организма в процессе микроразмножения чаще достигается при использовании участ-

ков и органов растения, а не из отдельно взятых клеток. Как правило, это ткани, обладающие меристематической активностью: зародыши, пазушные, боковые и верхушечные почки, активные участки корня, ткани камбия. Иногда удается получать целые растения, применяя дифференцированные растительные ткани (листья, хвоинки, семядоли, генеративные органы и др.), но в этом случае органогенез может быть достигнут и через получение каллусной культуры, состоящей главным образом из недифференцированных клеток.

Культуры изолированных почек предполагают формирование новых растений из уже имеющихся в них структур. В культуре стеблевых эксплантов образуются адвентивные побеги, минуя стадию каллусогенеза. В каллусных и суспензионных культурах образование соматических эмбриоидов происходит в практически бесструктурных тканях из отдельных клеток, при этом каллус должен иметь способность образовывать такие структуры, т. е. быть эмбриогенным.

В лаборатории биотехнологии кафедры химической технологии древесины КГТА разрабатываются новые высокоэффективные технологии ускоренного получения посадочного материала для лесных культур флоры Сибири. В культуре *in vitro* находятся в настоящий момент четыре хвойных породы. Изучены закономерности роста и развития каллусных тканей кедра сибирского *Pinus sibirica* Do Tourg., лиственницы сибирской *Larix sibirica* Ledeb., ели сибирской *Picea obovata* Ledeb. и сосны обыкновенной *Pinus silvestris* Ledeb. в зависимости от гормонального и витаминного состава питательных сред. Разработаны условия формирования и роста адвентивных побегов ели сибирской, полученных из ювенильных растений (3-4 недели

9

культивирования проростков на безгормональной среде), на модифицированных питательных средах с минеральной основой по Sierlis (1979).

Двухнедельные проростки лиственницы, ели и сосны, полученные из стратифицированных семян, и изолированные зародыши кедра вводили в культуру *in vitro* на среды с различным уровнем гормонов.

Использовали три вида эксплантов из проростков: участки гипокотилей, собственно семядоли и верхушечные почки с семядолями. Для стимулирования образования каллусной ткани, экспланты помещали на агаризованные питательные среды с макросоставом Sierlis (1979) и регуляторами роста (кинетин (К), бензиламинопури (6-БАП), и 2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота (2,4-Д)). Экспланты гипокотилей этих растений образовывали эмбриогенную каллусную ткань при следующей концентрации: 2,4-Д – 0,4 мг/л; 6-БАП – 1 мг/л; К – 1 мг/л. Массовая доля сахарозы в питательной среде 2 %. При дальнейшем субкультивировании ткани хвойных отличались быстрым ростом, однако индуцировать морфогенез не удалось. Экспланты семядолей, помещенные на среду того же состава, давали незначительный каллусогенез, при последующих пересадках роста тканей не наблюдалось.

При помещении эксплантов верхушечных почек ели сибирской с семядолями на среду с увеличенным содержанием сахарозы (3 %), содержанием 1 мг/л кинетина и 0,1 мг/л индилуксусной кислоты на эксплантах наблюдалось образование эмбрионного каллуса по месту среза побегов. При пересадке этих эксплантов на безгормональную среду происходило образование адвентивных побегов (до 20 побегов на эксплант), которые обладали нормальным ростом без укоренения.

Динамика роста каллусной ткани была изучена для устойчивых каллусных линий кедр, сосны и лиственницы. Контроль осуществляли по изменению сухой массы. Динамика роста каллусной ткани объектов представлена на рисунке.

Для оценки прироста ткани вычисляли коэффициент существенности различий. Так, для каллусных тканей сосны существенным, относительно первоначальной массы, был прирост ткани на 12-й день культивирования.

Прирост каллусных тканей лиственницы сибирской протекал наиболее интенсивно с 5-го по 13-й день, в последующем наблюдался равномерный рост ткани.

При анализе роста тканей кедр сибирского отмечено два пика интенсивности роста: с 9-го по 12-й и с 17-го по 21-й день.

Микроскопирование каллусных тканей кедр и лиственницы показало наличие соматических эмбриоидов. Следовательно, эти каллусные ткани можно считать эмбрионными, т. е. перспективными для получения растений-регенерантов.

Таким образом, были подобраны оптимальные условия для каллусогенеза из различных эксплантов хвойных растений флоры Сибири и получены нормально растущие адвентивные побеги ели сибирской. Планируется дальнейшая работа по их укоренению и высадке в грунт.



Изменение хода роста каллусной ткани в сухом состоянии: 1 – лиственница сибирская; 2 – кедр сибирский; 3 – сосна обыкновенная

Сибирский государственный
технологический университет

*E.V. Yushkova, E.V. Nikonorova, N.A. Velichko,
I.K. Konev, S.M. Repyakh*

Micro-reproduction of Coniferous Species in Vitro

The regularities of growth and development of the callus tissues of cedar, Siberian larch, Scots pine, common spruce are studied depending on the hormone and vitamin

composition of the nutritive medium. The conditions are developed for the formation and growth of adventitious shoots of the common spruce coming from juvenile plants (3-4 weeks of seedling incubation in vitro conditions in unihormone nutritive environment) in modified nutritive environment with a mineral basis according to Sierlis (1979).

УДК 630*181.9

А.И. Жиров, А.К. Монахов, М.А. Шубина

Жиров Андрей Иванович родился в 1961 г., окончил в 1983 г. Ленинградский государственный педагогический институт им. А.И. Герцена, кандидат географических наук, доцент кафедры физической географии и геологии Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. Имеет 32 печатные работы в области геоэкологии, оценки ресурсно-экологического потенциала таежных территорий, геотопологии.



Монахов Андриан Константинович родился в 1931 г., старший научный сотрудник ВНИИкосмоаэрогеологических методов. Имеет более 50 научных работ в области дешифрирования ландшафта и его компонентов.



УДК 630*181.9

А.И. Жиров, А.К. Монахов, М.А. Шубина

Жиров Андрей Иванович родился в 1961 г., окончил в 1983 г. Ленинградский государственный педагогический институт им. А.И. Герцена, кандидат географических наук, доцент кафедры физической географии и геологии Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. Имеет 32 печатные работы в области геоэкологии, оценки ресурсно-экологического потенциала таежных территорий, геотопологии.



Монахов Андриан Константинович родился в 1931 г., старший научный сотрудник ВНИИкосмоаэрогеологических методов. Имеет более 50 научных работ в области дешифрирования ландшафта и его компонентов.



9*

ОЦЕНКА ФИТОМАССЫ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ ПО МАТЕРИАЛАМ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СЪЕМКИ

Предложена методика оценки фитомассы лесных насаждений по материалам радиолокационной съемки; приведен пример подобной оценки для сосновых лесов I класса бонитета Бузулукского бора.

сосновые насаждения, фитомасса, радиолокационная съемка, Бузулукский бор.

Определение продуктивности лесных насаждений по модельным деревьям [10] является довольно трудоемким процессом. Для экспресс-оценки фитомассы лесных массивов на больших площадях представляет интерес изучение возможности использования материалов дистанционного зондирования, в частности полученных радиолокационными станциями бокового обзора (РЛСБО) аэроснимков, качество изображения которых не зависит от метеорологических условий и времени суток. Одним из факторов, влияющих на мощность отраженного сигнала и формирование радиолокационного изображения (РЛИ), является шероховатость поверхности, определяемая высотой растений с проективным покрытием, осредненным на единицу площади [7]. Между оптической плотностью РЛИ и высотой древостоя отмечена корреляционная зависимость [6]. Увеличение эффективной поверхности рассеяния (ЭПР) густых лесов позволяет утверждать приблизительно пропорциональность между отражением и биомассой растительного покрова [3]. При этом количество фитомассы в значительной степени обусловлено такими таксационными характеристиками, как высота, полнота, класс бонитета [2, 5, 9–12].

Исследованный участок расположен в Оренбургской области в массиве Бузулукский бор, на бугристо-грядовой равнине с высотой эоловых бугров 2 ... 3 м, с пологими вершинами и асимметричными склонами, группирующимися в длинные гряды, которые разделены блюдцеобразными котловинами и замкнутыми впадинами. Почвы подзолистые, по механическому составу песчаные, реже супесчаные. Растительность представлена сосянками злаковыми, реже злаково-разнотравными, I класса бонитета с полнотой 0,7 ... 0,8. Возраст отдельных лесных участков составляет 60, 120, 140, 160 лет. В подлеске встречаются акация, черемуха, липа, шиповник, бересклет.

Для работы были использованы РЛ-снимки масштаба, близкого к 1:100 000, полученные РЛСБО в сантиметровом диапазоне с горизонтальной поляризацией сигналов по приему и передаче и разрешением в первые десятки метров. Аэросъемка выполнена в июле, в этот же период на пробных площадях проведена таксация древостоя. Данные получены на площадях с крутизной склона не выше 3 ... 5°.

Для определения тесноты связи между средней высотой древостоя h и оптической плотностью изображения D были исследованы фрагменты 30 негативных изображений соответствующих пробных площадей. Оптическую плотность РЛИ измеряли с помощью денситометра АМЛ 1. В результате установлена корреляция (коэффициент корреляции $r_{h-D} = 0,94$ при критерии Стьюдента $t = 0,05$). Связь произведения средней высоты древостоя и соответствующего диаметра d на высоте груди ($h d$), с одной стороны, и оптической плотностью РЛИ, с другой, характеризуется коэффициентом корреляции $r_{hd-D} = 0,96$ при $t = 0,05$.

Ранее было установлено, что теснота связи между такими таксационными характеристиками, как диаметр ствола на высоте груди d , объем ствола V_d , проекция кроны K_p , и количеством надземной Φ_n и подземной $\Phi_{п}$ фитомассы характеризуется коэффициентом корреляции $r_{h-\Phi} = 0,94 ... 0,99$ [8], а между высотой древостоя и диаметром – $r_{h-d} = 0,95$ [1]. Таким образом, можно предполагать наличие корреляции между количеством фитомассы и оптической плотностью изображения с коэффициентом $r_{D-\Phi} \geq 0,85$ ($r_{D-\Phi} \geq r_{D-h} r_{h-d} r_{d-\Phi}$). По опубликованным данным [7] этот коэффициент $r_{D-\Phi} = 0,84 ... 0,89$.

Для оценки надземной фитомассы за исходную величину принят вес (т) абсолютно сухой массы с 1 га в сосновом насаждении I класса бонитета со средней высотой 17,2 м и средним диаметром ствола 15,0 см. Он составляет 162,33 т/га [12]. При расчете общего количества фитомассы используют соотношение надземной и подземной частей фитомассы – 9 : 1 [9]. Результаты расчета количества фитомассы массива Бузулукский бор в пересчете на абсолютно сухое вещество по материалам РЛ-съемки приведены в таблице.

Таким образом, для оценки фитомассы лесных насаждений по материалам РЛСБО может быть предложена следующая методика.

1. Подбор плановых материалов (РЛ-снимки, лесоустроительные планы), данных по фитомассе и т. д. Масштаб топокарт не менее 1: (100 000 ... 200 000); разрыв во времени между материалами РЛ-съемки и лесоустроительными планами не более 5 лет [4]. При отсутствии лесоустроительных планов производят таксацию.

2. Выделение на РЛ-снимках лесных участков с одинаковым характером изображения, выбор на них площадки для измерений с крутизной склона не более 5°.

Номер выдела	Количество фитомассы, т/га		Средняя высота древостоя, м	Полнота насаждения	Оптическая плотность	Площадь выдела, м	Количество фитомассы выдела, т	
	надземной	подземной и надземной					надземной	подземной
1	418	460	32,5	0,80	1,39	366	152 988	168 360
2	357	393	28,0	0,75	1,17	1465	523 005	575 745
3	184	203	19,0	0,70	1,07	127	23 368	25 781

3. Измерение оптической плотности РЛИ на выбранных площадках.

4. Установление корреляции между оптической плотностью изображения и высотой древостоя по классам бонитета и доминирующим древесным породам.

5. Расчет количества фитомассы по соответствующим лесным выделам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Анучин Н.П.* Лесная таксация. - М., 1982. - 552 с.
2. *Астрологова Л.Е.* О биологической продуктивности сосняка черничного в средней подзоне южной тайги // Лесн. журн. - 1978. - № 2. - С. 16-20. - (Изв. высш. учеб. заведений).
3. *Кулемин Г.П.* Обратное рассеяние сантиметровых и миллиметровых радиоволн земной поверхности при малых углах скольжения // Распространение и дифракция радиоволн в миллиметровых и субмиллиметровых диапазонах. - К., 1994. - С. 17-28.
4. Методические указания по производству культуртехнических изысканий с применением аэрофотосъемки. - Л.: 1974. - 13 с.
5. *Молчанов А.Г.* Сравнение фитомассы березняка и сосняка в одинаковых лесорастительных условиях // Лесоводственные исследования в подзоне южной тайги. - М., 1977. - С. 32-41.
6. *Монахов А.К., Шубина М.А.* Зависимость радиолокационного изображения лесов от их строения // Лесн. хоз-во. - 1989. - № 4. - С. 41-42.
7. Потенциальная многополяризационных РЛСА для оценки биомассы соснового леса // IEEE Trans. Geosci and Remote sensing. - 1987. - 25, N 3. - P. 403-409.
8. Применение радиолокационной аэросъемки при геолого-географических исследованиях. - Л., 1981. - 235 с.

9. Продуктивность сосновых лесов. - М., 1978. – 229 с.
10. *Родин Л.Е. и др.* Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах. - Л., 1968. - 143 с.
11. *Уткин А.И., Каплина Н.Ф., Молчанов А.Г.* Биологическая продуктивность 40-летних высокопродуктивных древостоев сосны и березы//Лесоведение. - 1984. - № 3. - С. 28-36.
12. *Цыкунов И.А., Меркуль Г.В., Цой В.В.* Количество фитомассы в сосновых насаждениях брусничного и орляково-черничного типов леса//Лесн. журн. - 1984. - № 6. - С. 20-23. - (Изв. высш. учеб. заведений).

Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена

A.I. Zhirov, A.K. Monakhov, M.A. Shubina

Phytomass Assessment of High-productive Pine Stands Based on Radar Mapping Data

The technique of phytomass assessment of forest stands is offered based on radar mapping data. The example is given of such assessment for the pine stands of the I growth class of Buzuluk forest.

КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

УДК 061.3



Туре Броте



Елена Варфоломеева



Оддвар Мартинсен

52-й ВСЕМИРНЫЙ КОНГРЕСС СПЕЦИАЛИСТОВ ПО НЕДВИЖИМОСТИ

С 21 по 26 мая 2001 г. в Норвегии состоялся 52-й Всемирный конгресс специалистов по недвижимости. Его готовило международное профессиональное общество ФИАБСИ при активной поддержке норвежского правительства.

В Осло прибыло 297 делегатов из 47 стран: из Германии и Франции – по 16 человек, Испании и Малайзии – по 10, Нидерландов – 12, Бразилии – 11, России – 7, Австралии и Канады – по 6, Тайваня, Италии, Великобритании, Ирландии – по 5, Мексики, Венгрии – по 4, Швейцарии, Израиля, Сингапура, Португалии, Австрии – по 3, Китая, Аргентины, Бельгии, Дании, Греции – по 2, Южной Африки, Марокко, Колумбии, Венесуэлы, Монако, Андорры, Кипра, Словении – по 1.

В последнее время в США очень озабочены прогнозируемым финансовым кризисом. Поэтому американская делегация из 74 человек была самой многочисленной. Огромный опыт по инвестициям в недвижимость других стран имеет Япония, которая была представлена 55 специалистами.

Делегация Норвегии состояла из 13 человек. Многие из них в течение 5 лет читали лекции по специализации «Оценка недвижимости» студентам строительного факультета Архангельского государственного технического университета. При финансовой и преподавательской помощи Норвегии в АГТУ впервые в системе высшей школы России была организована подготовка инженеров по оценке недвижимости. Этот полезный опыт быстро распространился по другим университетам России. Понимая важность и необходимость квалифицированной работы по обеспечению притока иностранных инвестиций на рынок недвижимости, аналогичным проектом с Норвегией в настоящее время активно интересуется Грузия.

На обсуждение конгрессу была представлена стратегия правительства Норвегии по инвестиционной программе по нефте- и газодобыче в сумме 1 млрд долларов. Следует отметить, что Архангельская область также заинтересована в аналогичных инвестициях, поэтому изучение норвежской программы может дать много полезного для ее применения в России.

На конгрессе были рассмотрены следующие темы: «Защита прав на частную собственность», «Влияние экологических факторов на недвижимость», «Влияние новых технологий на недвижимость».

Каждая из этих тем актуальна для России. Частная собственность в России стала составлять весомую часть по сравнению с государственной только в последнее десятилетие. Сейчас в России много делается для обеспечения защиты прав на частную собственность, основой которой является недвижимость; создается законодательная база, формируются соответствующие государственные службы учета и контроля объектов недвижимости; проводится обучение национальных кадров с использованием прогрессивного международного опыта; развивается сотрудничество с другими странами в области недвижимости, что способствует привлечению иностранных инвестиций.

Данные о продажах во всем мире за последние годы показывают, что наибольшее влияние на формирование цен на недвижимость оказывают экологические характеристики окружающей среды и используемых строительных материалов. Проанализируем опыт малоэтажного деревянного домостроения Норвегии и России с этих позиций.

В Норвегии считается престижным и экологически благоприятным иметь деревянный дом на одну семью, который обеспечен самыми современными и экономичными инженерными коммуникациями. Там преимущественно строят щитовые дома с использованием эффективного утеплителя из минеральной ваты, толщину которого определяют по результатам теплотехнических расчетов. Отличительной особенностью является то, что для отделочных работ предпочтение отдается сосновой вагонке различного профиля (во многих других странах – еловой). Строительную древесину обрабатывают специальными химическими средствами. В течение нескольких десятилетий для этих целей применяли водорастворимые препараты на основе солей хрома, меди и мышьяка. Однако по требованию экологических служб с 2002 г. вводятся ограничения на эти высокотоксичные препараты. Сейчас ведутся работы по поиску веществ с улучшенными экологическими характеристиками для использования в строительстве. Отмечается также рост потребительского спроса на строительные изделия и дома из древесины лиственницы без химической обработки, что полностью исключает экологические проблемы. Лиственница отличается повышенной природной устойчивостью к гниению. Однако она имеет повышенную деформативность при сушке и увлажнении.

В России строят преимущественно многосемейные (на 8 – 12 семей) рубленые дома из бруса (сечение 150 × 150 мм) или круглых бревен с несовершенными инженерными системами жизнеобеспечения. Такая работа с

бревнами более трудоемкая, чем с брусом, и требует более высокой квалификации специалистов.

Недостатком рубленых домов является то, что из-за ограниченных размеров диаметра деревьев, произрастающих на севере и используемых в строительстве, практически невозможно регулировать толщину стен согласно теплотехническому расчету. Это существенно влияет на микроклимат домов в зимнее время.

Россия заготавливает и экспортирует большое количество древесины. В теплое время года их обязательно антисептируют для предотвращения поражения деревоокрашивающими и плесневыми грибами. Кроме того, в России в последние годы активно началось производство глубокой пропитки древесины в высокопроизводительных автоклавных установках. Поэтому обсуждение инвестиционных программ снижения экологической опасности средств и методов защиты деревянных построек от гниения и огня является актуальным.

Использование новых современных технологий защиты древесины от биопоражения и возгорания позволит значительно расширить области ее применения. Это может значительно повлиять на конструктивные и архитектурные решения построек, скорость и стоимость строительства, а также на рыночную стоимость недвижимости.

В рамках конгресса прошли интересные пленарные заседания, открытые форумы, маркетинговые сессии, образовательные поездки и встречи. Делегаты заслушали интересные выступления и приняли участие в дискуссиях по интересующим их вопросам, установили новые связи, полезные для бизнеса недвижимости. Следующий конгресс намечено провести через год в Малайзии.

Таким образом, на 52-м Всемирном конгрессе ФИАБСИ рассмотрены значимые для многих стран вопросы защиты прав на частную собственность и влияния на недвижимость экологических факторов и новых технологий.

Сотрудничество с другими странами в области недвижимости позволяет учесть зарубежные потребительские требования к строительным объектам, что способствует привлечению зарубежных инвестиций.

На основании результатов обсуждения на конгрессе актуальных проблем в области недвижимости и финансов можно прогнозировать рост международной интеграции по созданию строительных материалов и сооружений с улучшенными экологическими характеристиками.

Т. Бротте
ФИАБСИ Норвегии
Е.Ю. Варфоломеева
АГТУ

О. Мартинсен
ФИАБСИ Норвегии

T. Braatte, E. Yu. Varfolomeeva, O. Martinsen

Fifty Second World Congress of Real Estate Evaluators

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 630*644.2(05)(049.3)

Е.С. Романов

НОВЫЙ РОССИЙСКИЙ ЖУРНАЛ О ЛЕСЕ

Вышел в свет № 3 журнала «Лесная сертификация». Журнал основан 10 мая 2000 г. как информационно-аналитический и издается в Великом Новгороде; периодичность два номера в год. Учредителем является Новгородский консалтинговый фонд «Стандарт-тест» при финансовой поддержке Всемирного Фонда Дикой Природы (WWF); распространяется бесплатно. Тираж – 1000 экз.

В редакционной коллегии 9 человек, все они известны как специалисты высшей квалификации, уже работающие над проблемами лесной сертификации в России. Два члена редколлегии представляют Архангельск: директор СевНИИЛХа Р.Л. Сунгуров, координатор центра лесной сертификации А.И. Орлов. Главный редактор журнала Елена Храмова.

На второй полосе обложки приведено «Определение лесной сертификации» из «Позиции Европейских природоохранных организаций, потребительских союзов и промышленных групп по вопросу лесной сертификации» (1998 г.). Оно гласит: «Сертификация – это процесс, при помощи которого третья (независимая) сторона выдает письменное заверение о том, что продукция, процесс или услуга соответствует определенным требованиям (определение Международной организации по стандартизации ISO) ... Сертификация имеет два компонента: 1) лесной аудит – проверка лесопользования на месте на соответствие определенным стандартам; 2) сертификация продуктов – отслеживание цепочки от заготовки до доставки потребителю с маркированием продукции».

Эти определения весьма уместны, ибо мало кто в лесных отраслях и науке имеет исчерпывающие представления о сертификации; не больше ясности и у преподавателей.

На титульном листе журнала помещено только одно высказывание: «Предприятиям по производству лесной продукции в будущем понадобится прикладывать максимум усилий и обладать большой гибкостью, чтобы идти в ногу с динамично развивающимся, чувствительным к экологическим проблемам миром. / Проект рабочей группы по устойчивому лесопользованию Фонда Джона Д. и Кэтрин Т. Макартуров». Тут же эта фундаментальная мысль выражена на языке оригинала – английском от лица The Sustainable Forestry Working Group of the John D. and Catherine T. Mac Arthur Foundation.

Весь текст журнала (объем номера 6,5 печ. л.) дан на двух языках: левая половина страницы – на русском, правая – на английском. Уже это отличие нового журнала вызывает чувство благодарности за возможность лучше приобщиться к английскому языку, проверить себя, потренироваться.

Впрочем, содержание журнала достаточно сложно для лингвистических упражнений. В номере опубликованы 11 статей по самым разным сторонам лесной сертификации (в том числе три – из Швеции, Финляндии, Германии), Отчет WWF «Лесная промышленность в XXI веке», шесть страниц «Архива новостей» (10 фрагментов) и др. Общее впечатление от этих материалов и журнала в целом весьма благоприятное. Возможно, оно обусловлено прежде всего новизной вопросов, свежестью самой темы лесной сертификации. Напрашивается мысль, что уже необходима соответствующая учебная дисциплина в наших вузах, нужны статьи в «Лесном журнале».

Пока в публикациях преобладает ознакомление с документами Лесного попечительского совета (FSC), первыми отечественными разработками, опытом модельных лесов и т. п. Но работа предстоит, без преувеличения, огромная. Инерция наших производителей велика. Ощущение серьезности, даже само понимание того, что выражено в приведенном на титуле журнала предупреждении, явно недостаточны. Выпуск нового журнала, несомненно, уже полезен.

Пользуясь случаем, хотелось бы высказать одно суждение. При чтении основополагающих 10 принципов FSC и комментариев к ним (не говоря уже о «производных» от них отечественных материалах) возникает сомнение: всегда ли достаточно верно передан по-русски смысл оригиналов? Так, в приведенном выше п. 2 «Определения лесной сертификации» словами «от заготовки» переведено английское «from the forest». Различие смысла очевидно и для не имеющих дела с сертификацией, а для последних оно принципиально. Ведь сертификация (аудит) должна засвидетельствовать соблюдение всех десяти принципов, а они касаются не только производственного процесса («заготовка»), а самых разных требований. Образно говоря, не удастся получить сертификат, если при заготовке даже со скрупулезным соблюдением всех правил технологии будут затронуты права коренных народов (принцип 3). В английском языке неоднозначны многие лесные термины. Так, за английским forestry стоит и лесоводство, и лесопользование, и даже лесная промышленность (хотя и с оговоркой в словарях «редко»). Поэтому в переводах документов FSC настораживает акцент на «лесохозяйственную деятельность»: ведь сертификации подлежит весь процесс получения лесопродукции снизу доверху. Сразу же нужна очень тщательная, грамотная подготовка материалов. Иначе можно запутать и усложнить все дело.

Архангельский государственный
технический университет

E.S. Romanov

New Russian Forest Magazine

УДК 630*(092)

В.И. Обыденников, П.Г. Мельник, Н.А. Бабич**О ВЫДАЮЩИХСЯ ЛЕСОВОДАХ УХОДЯЩЕЙ ЭПОХИ***

Жизненный путь многих славных отечественных лесоводов связан со старейшим вузом России – ныне Московской сельскохозяйственной академией им. К.А. Тимирязева, которая недавно отметила свой 135-летний юбилей. Поэтому не случайно, что последние дни прошлого века были ознаменованы выходом книги «Лесоводы Петровской и Тимирязевской академии», посвященной научно-исследовательской, педагогической и общественной деятельности выдающихся ученых лесной нивы разных поколений, среди которых А.Р. Варгас де Бедемар, Ф.К. Арнольд, В.Е. Графф, Н.И. Железнов, Р.И. Шредер, М.К. Турский, В.Т. Собичевский, Н.С. Нестеров, В.П. Тимофеев, Г.Р. Эйтинген, В.Г. Нестеров.

Книга начинается повествованием о великом реформаторе и преобразователе России Петре I, деятельность которого не только охватывала все отрасли хозяйства и науки, играла большую роль в становлении лесного дела в России, но и непосредственно связана с Лесной опытной дачей Московской сельскохозяйственной академии. Авторы приводят малоизвестные исторические данные о липовой аллее, заложенной Петром I в имени деда К.П. Нарышкина в сельце Петровском. Поэтому хочется надеяться, что пожелание авторов книги воздвигнуть на территории академии памятник Петру I как первому лесоводу России найдет горячий отклик среди всех, кто верит в возрождение былого величия нашей страны.

Гордостью лесоводов России является Лесная опытная дача, начало опытным работам в которой было положено значительно раньше официального открытия Петровской земледельческой и лесной академии, состоявшегося 3 декабря (21 ноября) 1865 г. Уже в 1862 г. для лесоустройства дачи был приглашен граф А.Р. Варгас де Бедемар, датчанин по национальности, для которого Россия стала второй Родиной. Альфонс Романович успешно справился с поставленной задачей, произвел геодезическую съемку лесного массива площадью 250 га, разделив его на 14 кварталов. Он составил план лесонасаждений, таксационное описание, отчет с характеристикой древесных пород, план ведения хозяйства на ближайший период. В настоящее время Лесная опытная дача является Музеем лесоводства под открытым небом, не имеющим аналогов в мире, в котором благодаря созидательному труду лесоводов разных поколений заложены опыты, позволившие закрепить приоритет отечественной лесной науки, а книга таксационного описания 1862 г. с гордостью демонстрируется всем гостям кафедры лесоводства и Лесной опытной дачи МСХА.

* *Васильев Н.Г., Поляков Н.Г., Савельев О.А.* Лесоводы Петровской и Тимирязевской академии. – М.: Изд-во МСХА, 2000. – 112 с.

Рецензируемая книга поможет полнее познакомиться с жизнедеятельностью лесоводов Петровской и Тимирязевской академии. Следует лишь вкратце отметить, что основателем и первым директором академии был Н.И. Железнов, с 1876 г. по 1883 г. эту должность занимал Ф.К. Арнольд, а В.Т. Собичевский в 1881 г. был назначен директором С.-Петербургского лесного института (проработал в нем 6 лет). В. Е. Графф – первый отечественный лесовод, которому в основанном им Велико-Анадольском лесничестве 10 сентября 1910 г. был торжественно открыт памятник. Единственным лесоводом, кому воздвигнут памятник в Москве, является М. К. Турский. Титанический труд лесоводов академии по достоинству оценен Отечеством, многие из них стали кавалерами высших наград, почетными членами различных обществ.

Читатели будут оценивать эту книгу через призму идеалов своего поколения и времени, многие могут невольно сравнить времена ушедшей эпохи и кажущиеся лучшими условия работы с реалиями наших дней. Отметим лишь один момент, как В.Е. Графф в своем письме повествует о работе в Велико-Анадоле: «Не раз приходилось нам с семейством оставаться без чаю и сахару, без свечей, порядочного хлеба, без сапог и башмаков. Все бедствия усиливались безденежьем по невысылке денег в течение 5-7 месяцев». Подробно те времена описаны в работе Г.И. Редько «Полковник корпуса лесничих» (Киев, 1994); они были никоим образом не лучше наших дней.

Наряду с обобщением архивного материала, в книге значительное место отведено практическим результатам созидательной деятельности лесоводов академии, которыми мы восхищаемся и ныне. Авторами выполнены полевые исследования, приведены результаты. Особенно интересен аналитический материал по Лесной опытной даче за 140-летний период.

Книга хорошо оформлена, каждый очерк сопровождается фотографией ученого, на отдельных снимках запечатлены опытные объекты, некоторые публикуются впервые. Изложение материала безупречно. Однако необходимо сделать незначительную поправку в биографии проф. М.К. Турского. Так, классический учебник «Лесоводство» издавался не 6, а 9 раз, причем 9-е издание, наиболее объемное и полностью сохранившее авторский стиль, было приурочено к 160-летию со дня рождения Митрофана Кузьмича Турского и выпущено издательством МГУ леса в мае 2000 г.

Выход столь ценной исторической работы именно сейчас, накануне 200-летия высшего лесного образования в России, дает толчок к изданию подобных работ в вузах России, ведущих подготовку специалистов лесного профиля и имеющих богатую лесную историю. Хочется надеяться, что книга внесет свою лепту и в усовершенствование учебного процесса. Существенным прогрессом в лесном образовании в новом веке станет включение дисциплины «История лесоводства» в учебные планы специальности «Лесное и лесопарковое хозяйство». Ведь «дедушка русского лесоустройства», третий директор Петровской земледельческой и лесной академии Ф.К. Арнольд, будучи действительным статским советником, кавалером шести ор-

денов, в 1877–1879 гг. читал лекции по истории лесоводства для студентов III и IV курсов. Поэтому неудивительно, что именно наши отечественные лесоводы безвозвратно ушедшей эпохи вписали золотые страницы в мировую книгу достижений лесоводственной науки.

Большая историческая, научная ценность книги, четкое и доходчивое изложение сведений о деятельности выдающихся ученых-лесоводов Московской сельскохозяйственной академии позволяют надеяться, что читатели высоко оценят настоящий труд. В целом книга будет полезна для работников науки и практики, студентов, аспирантов и преподавателей лесобихологического и сельскохозяйственного профиля, членов школьных лесничеств. Она представит несомненный интерес не только для отечественных ученых, но позволит и зарубежным коллегам приоткрыть многие малоизвестные страницы истории Российского лесоводства.

Московский государственный
университет леса
Архангельский государственный
технический университет

V.I. Obydennikov, P.G. Melnik, N.A. Babich

About Outstanding Experts in Silviculture of Outgoing Epoch
