

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

АРХАНГЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

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

2

2007

ИЗДАТЕЛЬ – АРХАНГЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Главный редактор – проф. **О.М. Соколов**

Заместители главного редактора:

проф. **А.Л. Невзоров**, проф. **Е.С. Романов**, проф. **С.И. Морозов**

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

проф. **Е.Д. Гельфанд**, проф. **Р.Е. Калитеевский**, акад. РАСХН **Н.И. Кожухов**, проф. **А.А. Камусин**, проф. **В.И. Комаров**, проф. **В.С. Куров**, проф. **Н.В. Лившиц**, проф. **Р.Н. Матвеева**, проф. **В.И. Мелехов**, проф. **М.Д. Мерзленко**, проф. **Е.Г. Мозолева**, проф. **Е.Н. Наквасина**, доц. **О.А. Неволин**, проф. **А.Н. Обливин**, проф. **В.И. Онегин**, проф. **А.В. Питухин**, проф. **В.П. Рябчук**, проф. **Э.Н. Сабуров**, проф. **Е.Н. Самошкин**, проф. **В.Г. Санаев**, проф. **В.И. Санев**, проф. **А.В. Селиховкин**, проф. **В.А. Суслов**, проф. **Ф.Х. Хакимова**, проф. **В.Я. Харитонов**, проф. **Ю.А. Ширнин**, проф. **А.И. Чернодубов**, проф. **Г.А. Чибисов**, проф. **Х.-Д. Энгельманн**

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

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 2

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

Сдан в набор 26.03.2007. Подписан в печать 04.04.2007. Заказ № 101
Форм. бум. 70×108 1/16. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 14,35. Усл. кр.-отт. 14,35.
Уч.-изд. л. 17,27. Тираж 1000 экз.
Архангельский государственный технический университет

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

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



СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- А.М. Невидомов, Н.В. Петухов.* Ландшафтно-биогеоценотическая характеристика памятника природы Нижегородского Поволжья «Лесной массив, включающий географические лесные культуры М.Г. Здорика»..... 7
- М.В. Рубцов, А.А. Дерюгин.* Рост ели под пологом южно-таежных березняков и после рубки их с сохранением подроста..... 19
- Н.А. Разумников, О.М. Конохова, М.И. Рябинин.* Груша уссурийская в Среднем Поволжье..... 28
- И.А. Фрейберг, С.В. Залесов, Н.А. Луганский.* Лесорастительное районирование Зауральской лесостепи..... 34
- В.М. Максимов.* Исследование взаимосвязи смолопродуктивности с содержанием монотерпенов *Pinus sylvestris* L. в условиях Усманского и Хреновского боров..... 41
- О.Ф. Буторова, К.В. Шестак.* Фенология интродуцентов в дендрарии Сибирского государственного технологического университета..... 48

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

- И.Р. Шегельман, Л.В. Щеголева, В.М. Лукашевич.* Обоснование периода эксплуатации зимних лесовозных дорог..... 54
- А.В. Питухин.* Методы теории катастроф при проектировании элементов конструкций машин и оборудования лесного комплекса..... 58
- А.М. Меньшиков, А.М. Копейкин.* О новом способе анализа и интерпретации технологического процесса лесозаготовок..... 65
- Н.Н. Буторин.* Трассирование дороги по карте на экране монитора..... 70

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

- А.С. Сметанин, Т.В. Цветкова.* Повышение эффективности лесопильного производства..... 74
- А.Г. Черных, Л.В. Ильюшенков.* Определение угла наклона годичных слоев к пласти с помощью сканирования..... 81
- С.Б. Васильев.* Влияние параметров оборудования на процесс сортирования щепы..... 86

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- А.С. Аксенов, Д.Г. Чухчин, Е.В. Новожилов, С.В. Беневоленский, А.М. Чулкин.* Влияние фракций ферментных препаратов ксиланаз на белимость сульфатной целлюлозы..... 90
- М.А. Агеев.* Экспериментальные исследования движения пузырьков воздуха через сеть волокон макулатуры..... 96
- Н.Л. Иванченко, К.Г. Боголицын, А.Н. Шкаев, Е.Ф. Потапова.* Изучение сольватации гваякола в водно-этанольных средах методом вольтамперометрии..... 100
- К.Г. Боголицын, Т.Э. Скребец, А.Ю. Кожевников, Е.Е. Лебединцева.* Натронная варка целлюлозы с органическим растворителем..... 106

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- А.П. Чистякова.* Минимизация транзакционных издержек как фактор повышения эффективности лесного комплекса..... 111
- И.Е. Шадаева.* Оценка эффективности разделения функций лесхозов..... 117

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

- А.М. Антонов, Н.А. Бабич, Д.Ю. Коновалов, В.И. Мелехов, А.Л. Мосеев.* Дигитальный метод изучения строения древесины..... 123
- Р.Н. Галиахметов, Ю.А. Варфоломеев.* Формирование синергического эффекта в антисептиках 129
- Г.А. Шепель, В.Ф. Надеин, Н.Б. Баланцева.* О коэффициенте температуропроводности древесины..... 132
- В.К. Любов.* Уменьшение загрязнения окружающей среды..... 135

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

- Л.Ф. Ипатов.* «Тайга»..... 143



CONTENTS

FORESTRY

<i>A.M. Nevidomov, N.V. Petukhov.</i> Landscape-holocoenotic Characteristic of Nature Monument in Nizhny Novgorod Povolzhje «Woodland Including Geographical Forest Cultures of M.G. Zdorik».....	7
<i>M.V. Rubtsov, A.A. Deryugin.</i> Spruce Growth under Canopy of Southern-Taiga Birch Forests and after their Cutting with Undergrowth Preservation.....	19
<i>N.A. Razumnikov, O.M. Konyukhova, M. I. Ryabinin.</i> Japanese Pear in Middle Volga Region.....	28
<i>I.A. Freiberg, S.V. Zalesov, N.A. Lugansky.</i> Forest-growing Zoning of Trans-Ural Forest-steppe.....	34
<i>V.M. Maksimov.</i> Study on Interaction of <i>Pinus sylvestris</i> L. Resin Productivity with Monoterpane Content in Usman and Khrenovsk Pine Forests.....	41
<i>O.F. Butorova, K.V. Shestak.</i> Phenology of Introduced Plants in Arboretum of Siberian State Technological University.....	48

WOODEXPLOITATION

<i>I.R. Shegelman, L. V. Shchegoleva, L. V. Lukashevich.</i> Substantiation of Forest Roads Operating Period.....	54
<i>A.V. Pitukhin.</i> Methods of Catastrophe Theory when Designing Elements of Machines and Equipment of Forest Industry.....	58
<i>A.M. Menshikov, A.M. Kopejkin.</i> On New Analysis and Interpretation Method for Technological Process in Forest Harvesting.....	65
<i>N.N. Butorin.</i> Map Road Tracing on Computer Monitor.....	70

MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOODSCIENCE

<i>A.S. Smetanin, T. V. Tsvetkova.</i> Increasing Efficiency of Sawmill Production	74
<i>A.G. Chernykh, L.V. Ilyushenkov.</i> Determination of Annual Rings Tilt Angles on Timber Butt-ends by Scanning.....	81
<i>S.B. Vasiljev.</i> Influence of Equipment Parameters on Chips Sorting Proess.....	86

CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD

<i>A. S. Aksenov, D. G. Chukhchin, E. V. Novozhilov, S.V. Benevolensky, A. M. Chulkin.</i> Impact of Fractions of Xylanases Enzymatic Agents on Sulphate Pulp Brightness.....	90
<i>M.A. Ageev.</i> Experimental Research of Air Bubbles Movement through Fiber Net of Waste Paper.....	96
<i>N.L. Ivanchenko, K.G. Bogolitsyn, A.N. Shkaev, E.F. Potapova.</i> Studying Guaiacol Solvation in Water-ethanol Media by Using Voltammetry Method.	100
<i>K.G. Bogolitsyn, T.E. Skrebets, A.Yu. Kozhevnikov, E.E. Lebedintseva.</i> Alkaline Pulping with Organic Dissolvent.....	106

ECONOMICS AND MANAGEMENT

- A.P. Chistyakova.* Minimization of Transaction Costs as Factor of Increasing Efficiency of Forest Complex..... 111
- I.E. Shadaeva.* Assessment of Functions Separation in Forestry Enterprises..... 117

SUMMARIES AND EXCHANGE OF TEACHING

- A.M. Antonov, N.A. Babich, D.Yu. Konovalov, V.I. Melekhov, A.L. Moseev* Digital Method of Studying Wood Structure..... 123
- R.N. Galiakhetov, Yu.A. Varfolomeev.* Synergy Effect Formation in Antiseptics 129
- G.A. Shepel, V. F. Nadein, N. B. Balantseva.* On Coefficient of Wood Thermal Diffusivity..... 132
- V.K. Lyubov.* Reducing Environmental Pollution..... 135

CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY

- L.F. Ipatov.* «Taiga»..... 143



УДК 630*187:630*232:630*907.12

А.М. Невидомов, Н.В. Петухов

Невидомов Алексей Михайлович родился в 1961 г., окончил в 1983 г. Горьковский государственный университет, кандидат сельскохозяйственных наук, действительный член Русского ботанического общества РАН, докторант Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 60 научных трудов и внедрений НИР в лесохозяйственное производство.



Петухов Николай Васильевич родился в 1954 г., окончил в 1976 г. Брянский технологический институт, генеральный директор ФГУП «Поволжский леспроект», заслуженный лесовод России. Имеет более 10 печатных трудов в области лесоустроительного проектирования, оценки лесных ресурсов и организации лесного хозяйства.



ЛАНДШАФТНО-БИОГЕОЦЕНОТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ НИЖЕГОРОДСКОГО ПОВОЛЖЬЯ «ЛЕСНОЙ МАССИВ, ВКЛЮЧАЮЩИЙ ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ЛЕСНЫЕ КУЛЬТУРЫ М.Г. ЗДОРИКА*

Проведен детальный лесотипологический анализ памятника природы, на 2/3 состоящего из коренных лесных ландшафтов и включающего самый длительный в Нижегородском Заволжье опыт создания географических культур сосны.

Ключевые слова: географические лесные культуры М.Г. Здорика, сосняки, биогеоценоз.

В 2004–2005 гг. при лесоустройстве Семеновского спецлесхоза Нижегородской области были проведены ландшафтно-биогеоценологические (типологические) исследования государственного памятника природы регионального значения (ГПП) «Лесной массив, включающий географические лесные культуры М.Г. Здорика», объявленного распоряжением Горьковского облисполкома от 11.08.1977 г. № 624-р и подтвержденного в его статусе решением Нижегородского областного Совета народных депутатов от 22.03.1994 г. № 57-м.

* Научным консультантом является кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники Нижегородского государственного университета С.С. Веретенников.

Памятник расположен в лесном фонде (кварталы 63, 64, 65 Лыковского лесничества) Семеновского спецлесхоза Агентства лесного хозяйства по Нижегородской области и занимает 644 га, примыкая к границе Керженского государственного природного заповедника. Представляет собой массив высоковозрастных коренных хвойных (сосновые и еловые) лесов, включающий участки географических культур сосны, созданных в 1913 г. под руководством лесничего Лыковского лесничества бывш. Макарьевского уезда Нижегородской губернии Михаила Григорьевича Здорика. Опыт географических посевов сосны, целью которого было проверить, как в местных условиях сказываются на росте основной лесобразующей породы ее географо-генетические свойства, был опубликован, стал довольно широко известен, а результаты этой работы учитывались рядом исследователей. Сам М.Г. Здорик после Октябрьской революции 1917 г. стал первым советским руководителем лесного хозяйства Нижегородской губернии, затем в 20–30-х гг. работал в центральных лесных органах и неоднократно выступал в печати.

В эколого-географическом аспекте данный ГПП ценен тем, что на его территории сохранился коренной природный лесной ландшафт Нижегородского Заволжья, на фоне которого на протяжении почти века развивались рукотворные лесокультурные фации (биогеоценозы).

С учетом категории защитности – запретные полосы вдоль рек, водоемов и других водных объектов, в которую попадает данная особо охраняемая природная территория (ООПТ), – распределение покрытых лесом земель по основным лесобразующим породам и хозяйственным группам возраста представлено в табл. 1.

На территории рассматриваемого ГПП преобладают сосновые субори майниково-черничные (26,8 %) на дерново-среднеподзолистых супесчаных с суглинистыми прослойками влажных почвах и майниково-брусничные (19,8 %) на дерново-слабоподзолистых песчаных с примесью глинистых частиц или супесчаных свежих почвах. В составе древостоя, кроме сосны, присутствуют ель, береза, единично осина. Возрастная структура их в биогеоценотическом аспекте по стадиям развития представлена следующим образом: на молодняки до 20 лет приходится 3,1, жердняки

Таблица 1

Распределение покрытых лесом земель, га, по группам возраста

Преобладающая порода	Возраст спелости, лет	Группы возраста				
		Молодняки		Средне-возрастные	Приспевающие	Спелые и перестойные
		I класса	II класса			
Сосна	101 ... 120	11,5	78,7	17,3	281,8	–
Ель		–	–	–	41,3	–
Береза	61 ... 70	22,5	21,4	100,3	8,9	35,4
Ольха черная	–	–	–	–	–	8,7
Осина	41 ... 50	2,3	–	–	2,5	3,3
Итого, га/%	–	36,3/5,7	100,1/15,7	117,6/18,5	334,5/52,6	47,4/7,5

(21 ... 40 лет) – 10,1, средневозрастные (41 ... 60 лет) – 3,6, высоковозрастные (61 ... 100 лет) – 83,2 %. В сильно преобладающих (фоновых) здесь высоковозрастных древостоях высота деревьев 20 ... 25 м, диаметр стволов 20 ... 40 см, сомкнутость крон 0,3 ... 0,6, полнота 0,6 ... 0,8. В подросте преобладает ель возраста 20 ... 30 лет, высотой 2,0 ... 3,0 м, густотой 2,0 ... 3,0 тыс. шт. на 1 га. В редком подлеске полнотой не более 0,1 и высотой 1,0 ... 3,0 м представлены можжевельник обыкновенный, крушина ломкая, рябина обыкновенная. В травяно-кустарничковом ярусе доминируют, в зависимости от типа леса, черника или брусника, встречаются также марьянник луговой, ландыш майский, вереск обыкновенный, орляк обыкновенный, вейник наземный и лесной, молиния сизая, подъяльник обыкновенный, гудайера ползучая (редкий для Нижегородского Поволжья вид), дифазиаструм уплощенный, плаун годичный, седмичник европейский, золотарник обыкновенный, кошачья лапка двудомная, грушанка круглолистная. Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса на разных участках составляет от 10 ... 20 до 60 ... 70 %. В мохово-лишайниковом ярусе преобладает плеурозий Шребера с покрытием 40 ... 50 % и более, затем дикран метловидный и гилокомий блестящий с проективным покрытием до 10 % и более, встречаются также кукушкин лен, местами птилией гребенчатый, а также отдельные пятна лишайников рода клядония.

На более бедных дерново-средне- и сильноподзолистых песчаных влажных почвах с признаками оглеения в связи с довольно близким уровнем залегания грунтовых вод (1 ... 2 м) представлены сосновые боры-черничники, занимающие 9,0 % территории ГПП, а на дерново-слабоподзолистых песчаных почвах с материнской и подстилающей породами – глубокие пески на 2,2 % площади исследованной нами ООПТ развиваются сосновые боры-брусничники. В этих типах леса продуктивность древостоев невысока. В отличие от свежих и влажных сосновых суборей на супесчаных почвах со свойственным им I (II) классом бонитета, свежие и влажные сосновые боры на песчаных почвах имеют производительность на один класс ниже, т. е. II (III). Поэтому в их составе, как правило, нет ели и осины, более требовательных к плодородию почв, и, кроме сосны, представлена только береза. Соответственно в них беднее и видовой состав живого напочвенного покрова (нет таких мезотрофов, как ландыш майский и майник двулистный), а также практически не развит еловый подрост. Возрастная структура свежих и влажных сосновых боров на территории ГПП по основным стадиям развития представлена следующим образом: молодняки – 3,1; жердняки – 60,9; средневозрастные – 8,6 и высоковозрастные (81 ... 100 лет) древостои – 27,4 %. На возвышенных и сухих участках среди боров-брусничников встречаются микроассоциации сосняков беломошников с преобладанием в напочвенном покрове лишайников рода клядония.

Производные березовые древостои на месте коренных сосновых боров и суборей на территории памятника природы занимают 29,3 %, осино-вые представлены только в более богатых типах условий местопроизрастания (ТУМ) коренных сосняков майниково-брусничных и майниково-

черничных и составляют лишь 1,3 % в структуре лесного фонда ООПТ. Таким образом, производные (вторичные) леса занимают не более 1/3 территории памятника природы.

В северо-западной ГПП (северная часть кв. 63) представлены участки высоковозрастных ельников черничных на дерново-среднеподзолистых супесчаных влажных с признаками оглеения почвах и липовых на дерново-среднеподзолистых суглинистых свежих почвах от 80 до 100 лет, занимающих 5,5 % площади ООПТ. Это сложные по форме лесные фитоценозы. В составе первого яруса древостоя, кроме доминирующей ели, встречаются сосна, береза и осина. Высота 25 ... 26 м, диаметр стволов 20 ... 60 см, полнота 0,5. Во втором ярусе в зависимости от типа леса присутствуют ель и береза или ель и липа в возрасте 60 лет, высотой 17 ... 18 м, диаметром 16 ... 18 см, полнотой 0,3 ... 0,4. Подрост образуют ель, липа, осина в возрасте 25 ... 30 лет, высотой 5 ... 6 м и густотой 3,0...4,0 тыс. шт. на 1 га. В редком или средней густоты подлеске преобладает рябина обыкновенная, встречается также крушина ломкая. Высота подлеска 1 ... 3 м (некоторые экземпляры рябины достигают 6 м и более). В травяно-кустарничковом ярусе представлены черника, брусника, вейник лесной, линнея северная, майник двулистный, седмичник европейский, золотарник обыкновенный, ортилия однобокая, ожика волосистая, хвощ лесной, щитовники австрийский и шартрский, марьяник луговой, осока корневищная, костяника, борец высокий, баранец обыкновенный (редкий для Нижегородского Поволжья вид), кислица обыкновенная, орляк обыкновенный, молиния сизая. Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса 30 ... 70 %.

Очень важно, что на территории памятника природы, на 2/3 состоящего из коренных биогеоценозов, кроме плакорных (водораздельных) лесов представлены и пойменные экосистемы, локализованные вдоль ручья вблизи западной границы ООПТ (кв. 63). Наличие двух основных субклимаксовых (условно-коренных) приручьевых типов леса – ельник-лог и ольшаник-лог – дает достаточную репрезентативность выборки в качестве характерного ключевого участка для последующего экологического мониторинга геосистем долин малых рек. Черноольшаник страусниково-крапивный, расположенный в выделах 8 и 31, занимает 1,4 % площади ООПТ и представляет собой сложный по форме древостой, который можно взять за эталон развития, потому что его разновозрастная структура хорошо отражает естественный лесообразовательный процесс в долинах малых рек и ручьев. Состав первого древесного яруса 6Ол.чЗБ1Е, возраст ольхи черной 80 лет, высота 23 ... 24 м, диаметр 26 ... 28 см; возраст березы пушистой 80 ... 85 лет, высота 23 ... 24 м, диаметр 26 см; возраст ели 95 ... 100 лет, высота 25 м, диаметр 30 ... 36 см; полнота I яруса 0,5, сомкнутость крон 0,3 ... 0,4. Состав второго яруса 7Ол.чЗБ+Е, В, возраст 55 ... 60 лет, высота 17 ... 20 м, диаметр 16 ... 20 см, полнота 0,3, сомкнутость крон 0,2. Подрост: 5Ол.чЗБ2Е (20 лет), высота 4,0 м, густота 3,0 тыс. шт. на 1 га. Средней густоты подлесок образуют черемуха, крушина ломкая, рябина обыкновенная, ива пепельная, калина обыкновенная, малина обыкновенная. Местами имеются зарос-

ли хмеля обыкновенного. В травяно-кустарничковом ярусе доминируют страусник обыкновенный, крапива двудомная, местами кочедыжник женский, таволга вязолистная (кочедыжничково-таволговые макроассоциации); встречаются также щитовник шартрский, фегоптерис связывающий, голокучник Линнея, зюзник европейский, мята полевая, лютик ползучий, кислица обыкновенная, чистец болотный, вербейник обыкновенный, рэгнерия собачья, подмаренник болотный, паслен сладко-горький, звездчатка дубравная, селезеночник очереднолистный, бодяк огородный и разнолистный, двуклосточник тростниковидный, камыш лесной, белокрыльник болотный, калужница болотная, дудник лесной, хвощ лесной, недотрога обыкновенная, фиалка Селькирка и болотная, гравилат речной, костяника, манник литовский (редкий для Нижегородского Поволжья вид), двулепестник альпийский, цинна широколистная, осока ложносытевидная, двусеменная и пепельно-серая, кизляк кистецветный. Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса 30 ... 70 %. На приствольных кочках развиваются типичные лесные (бореальные) растения: кислица обыкновенная, седмичник европейский, майник двулистный. На почве преобладает мертвый покров, встречаются зеленые мхи (брахитеций шершавый, мний точечный) с суммарным проективным покрытием до 20 % и сфагновые мхи, местами образующие до 10 % покрытия. Почва аллювиальная дерново-глеевая среднесуглинистая сырая.

В выделе 12 представлен ельник приручьевый, занимающий 1,7 % площади ООПТ. Это смешанный по составу разновозрастный древостой, имеющий следующую лесотаксационную характеристику: состав 4Е1С3Ол.ч2Б+Ос, возраст ели и сосны 95 лет, высота 23 ... 24 м, диаметр 32 см; возраст ольхи черной, березы пушистой* и осины 70 лет, высота 22 ... 24 м, диаметр 26 ... 28 см, полнота 0,6. Подрост: 5Е3Ол.ч2Б (25 лет), высота 4,0 м, густота 2,0 тыс.шт. на 1 га. Подлесок средней густоты с преобладанием черемухи, встречаются также смородина и рябина. Травяно-кустарничковый ярус довольно богатый, доминируют таволга, крапива, местами сныть, хвощ лесной, недотрога, кочедыжник. Почва дерново-подзолистая, торфянисто-глеевая, легкосуглинистая сырая.

Участки, где в 1913 г. под руководством М.Г. Здорика производились географические посевы сосны, на территории памятника природы представлены шестью выделами: кв. 63 (в. 18 – 5,5 га; в. 21 – 1,3 га; в. 38 – 3,6 га), кв. 64 (в. 21 – 2,5 га, в. 25 – 1,0 га), кв. 65 (в. 9 – 21,0 га). Суммарная площадь культур сосны 1913 г. (34,9 га) составляет 5,4 % от общей площади ООПТ. В научно-производственном плане эти культуры особо ценны не только как один из самых первых опытов лесокультурного дела на территории Нижегородского Поволжья, а прежде всего потому, что они были созданы посевом из семян сосны, доставленных из 13 губерний бывш. Российской империи (Виленская, Владимирская, Волынская, Вятская, Гродненская, Киевская, Люблинская, Минская, Могилевская, Пермская, Саратовская, Сувалкская, Черниговская), расположенных в различных географических зонах

* В плакорных типах леса почти повсеместно в различных пропорциях участвует береза повислая, а в приручьевых береза пушистая.

Восточно-Европейской равнины. Для контроля были введены и аборигенные семена из Нижегородского Поволжья.

Географические культуры сосны созданы на вырубке 1911 г. на дерново-слабоподзолистых песчаных с примесью глинистых свежих частиц почвах, на материнском песке с глубины 2 м, профиль которых, по нашим данным на сегодняшний день, имеет в среднем следующее сложение:

A_0 – 0 ... 9 см – лесная подстилка, опад хвои, трав, листьев бурых тонов, состоящая из растительных остатков различной степени разложения;

A_1 – 9 ... 18 см – дерновый (гумусовый) горизонт серый супесчаный комковато-порошистой структуры рыхлый свежий, корни;

A_2B_1 – 18 ... 21 см – переходный, неоднородно окрашенный с белесыми карманами и языками, вклинивающимися в бурый иллювиальный горизонт свежий песчаный с примесью глинистых частиц, корни;

B_1 – 21 ... 61 см – иллювиальный горизонт бурый супесчаный ореховатой структуры плотный свежий, корни;

B_2 – 61 ... 120 см – светло-бурый супесчаный ореховатой структуры влажный, новообразования – ржаво-бурые пятна ожелезнения, белесоватые пятна оглеения, включения – камни, корни;

B_3 – 120 ... 200 см – коричнево-бурый супесчаный ореховато-призматической структуры плотный, ржаво-бурые пятна ожелезнения, белесоватые пятна оглеения, корни, камни;

C – 200 ... 210 см – материнская почвообразующая порода, желтый песок.

Таким образом, очевидно, что места для географических посевов сосны М.Г. Здориком были выбраны довольно удачно. Об этом свидетельствует мощность корнеобитаемого слоя глубиной до 2 м.

Культуры сосны созданы посевом по 10 семян в площадки 0,25 м². Площадь основного посева разделена на небольшие делянки размером от 160 до 370 м². Всего на двухлетней сосновой вырубке было 24 делянки общей площадью около 1 га. Участок собственно географических посевов точно нанесен на карту и таким образом сохранен в процессе лесоустройства в качестве отдельного выдела на заложенной нами ПП 222. Посевы местных семян проведены на восьми участках более крупных размеров (до нескольких гектаров) и расположены в одинаковых ТУМ по соседству с посевами семян из других губерний на расстоянии друг от друга до 2,5 км. Лесоустройством также учитывались на местности в качестве самостоятельных выделов в течение более 90 лет участки культур сосны, созданных в 1913 г. М.Г. Здориком из местных семян. В них мы заложили ПП 220, 221 и 223. Первая инвентаризация географических культур сосны произведена под руководством А.А. Соколова лесничим Лыковского лесничества Н.С. Чесноковым и его помощником П.М. Сидельниковым, впоследствии (1950–1960-е гг.) старшим лесничим Семеновского лесхоза. Результаты данного учета опубликованы в центральной печати в 1926 г. [9]. Они оказались довольно пестрыми, но все же позволили установить главную тенденцию развития географических культур – аборигенные семена дали наилучший ре-

зультат. Особенно неблагоприятными местные лесорастительные условия оказались для климаэкотипов сосны из южных и западных регионов России.

По некоторым сведениям [6], в 1937 г. географические культуры сосны М.Г. Здорика были обследованы также В.А. Цветаевым. Наиболее детально их обследовал в 1950 г. К.Б. Лосицкий [4], который выполнил полный перечень сохранившихся деревьев на всех делянках, взяв модели и установив средние диаметры, высоты и объемы стволовой древесины. Выводы К.Б. Лосицкого, сделанные для средневозрастных древостоев географических культур сосны, совпадают с предшествующими выводами А.А. Соколова [9] для тех же культур молодого возраста, а именно: при создании производственных культур сосны в северо-восточных районах Русской равнины можно пользоваться семенами из местных, центральных, а также более северных областей. Семена же из южных и западных регионов дают крайне низкий результат.

Наиболее поздняя из предшествовавших нашему обследованию инвентаризация сосновых культур 1913 г. произведена Н.В. Куприяновым, С.С. Веретенниковым, В.В. Шишовым в 1991 г [3]. Эти авторы впервые отметили биотопическую гетерогенность участков собственно географических культур М.Г. Здорика. Поскольку в своих исследованиях они пользовались естественной классификацией сосновых лесов В.Н. Сукачева без учета ее дополнений промежуточными стадиями ординации эколого-фитоценологических рядов, предусмотренных географо-генетической (динамической) типологией леса, то дифференциация коренных сосновых боров и суборей памятника природы была осуществлена ими только на два типа сосняков: бруснично-зеленомошный и чернично-зеленомошный. А участок собственно географических культур (ПП 4), на котором мы заложили в 2004 г. ПП 222, представляет собой комплекс этих двух типов [3]. По условиям произрастания участок действительно неоднороден, и наши данные совпадают с материалами Н.В. Куприянова, С.С. Веретенникова, В.В. Шишова [3]. В южной части, более сухой и возвышенной, представлен сосняк бруснично-зеленомошный с фрагментами сосняка лишайникового (в нашей трактовке сосняк майниково-брусничный), к северу рельеф понижается, здесь сформировался сосняк чернично-зеленомошный (майниково-черничный). Поскольку один из авторов данной статьи в 1981 г. изучал типологическую характеристику сосняков мшистых в Березинском биосферном заповеднике, то в целях сравнительно-географического анализа памятника природы интересно применить здесь белорусскую лесотипологическую концепцию, в рамках которой с учетом повсеместного и преобладающего в культурах М.Г. Здорика развития в живом напочвенном покрове мха Шребера, все участки сосновых культур 1913 г. можно отнести в одному типу леса – сосняку мшистому (*Pinetum pleuroziosum*), внутри которого развиваются эдафически замещающиеся ассоциации – бруснично-мшистая и чернично-мшистая. Примененная белорусская лесотипологическая концепция близка к развиваемой нами в Волжско-Уральском регионе географо-

генетической классификации типов леса [7]. Суть трактовки понятия «тип леса» основоположниками научных направлений И.Д. Юркевичем [10] в Белоруссии и Б.П. Колесниковым [2] на Урале сводится к тому, что это крупная по объему и комплексная по содержанию основная классификационная единица, складывающаяся из более мелких неосновных синтаксонов: «лесных ассоциаций»* в белорусской лесотипологической школе и «типов лесных биогеоценозов» в уральской. Имеющие место на участках географических культур М.Г. Здорика отклонения (абerrации) от среднестатистической почвенной (эдафической) характеристики, приведенной нами выше, не могли не сказаться на чистоте результатов эксперимента, поскольку различия между экземплярами сосны можно объяснить не только их географическим происхождением, но и неоднородностью (гетерогенностью) условий роста**. Этим объясняется пестрота данных, отмеченная уже при первой инвентаризации сосновых культур М.Г. Здорика [9]. При обследовании участков географических лесных культур 1913 г. возраста 78 лет оказалось невозможным определить происхождение сосен, так как площади делянок были очень невелики и в натуре к тому времени оказались неотграниченными, а план посевов не сохранился [3]. Лесотаксационные материалы нашего детального биогеоценологического обследования культур сосны М.Г. Здорика на четырех сохранившихся участках в 2004 г. представлены в табл. 2.

Сравнивая данные 1991 и 2004 гг., мы видим, что сформировавшееся на участке собственно географических культур (ПП 222) высокопродуктивное насаждение I класса бонитета за прошедшие 13 лет претерпело изменения: общий запас увеличился с 452 до 510 м³/га, за счет интенсивного отпада перестойных стволов березы долевое участие сосны в составе древостоя возросло с 70 до 84 %. Лесные культуры 1913 г., созданные из местных семян в сосняках майниково-брусничных, имеют в основном II класс бонитета. Возраст модельных деревьев свидетельствует о том, что лесообразовательный процесс в культурах М.Г. Здорика сопровождался интенсивной инвазией местной популяции *Pinus sylvestris* L. за счет естественного самосева. Поэтому в настоящее время, по нашим данным, в культурах весьма значительна примесь (до 50 ... 75 %) аборигенных экземпляров сосны естественного происхождения. В связи с этим они мало отличаются от соседних участков высоковозрастного соснового леса: сосна в культурах и естественно произрастающая имеют практически одинаковые показатели. Годичный текущий прирост по запасу в высоковозрастных естественных сосняках

* Лесная ассоциация в трактовке И.Д. Юркевича рассматривается так же, как равнозначный синтаксон – тип насаждений у Б.П. Колесникова, как биогеоценологическое, а не чисто геоботаническое понятие.

** Это обстоятельство, впервые отмеченное Н.В. Куприяновым, С.С. Веретенниковым и В.В. Шишовым [3], полностью подтверждается результатами наших исследований.

Таблица 2

**Таксационные характеристики древостоев на пробных площадях
в культурах сосны**

№ пробной площади	№ квартала	№ выдела	Элемент леса	Коэффициент состава	Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Сумма площадей сечения, м ² /га	Полнота	Класс бонитета	Запас, м ³ /га	
220	65	9	С	10	91	26,5	27,0	35,8	0,80	I	424	
			Е	–	95	19,0	25,0	0,4	0,01			5
Итого	–	–	–	–	–	–	–	36,2	0,81	–	429	
221	64	21	С	10	91	26,0	25,0	37,5	0,81	II	433	
			Е	–	65	16,0	12,5	0,5	0,02			4
Итого	–	–	–	–	–	–	–	38,0	0,83	–	437	
222	64	25	С	8,4	91	31,0	33,5	30,4	0,62	I	430	
			Е	0,6	95	21,5	21,6	2,8	0,08			30
			Б	1,0	80	29,0	27,0	4,1	0,12			50
Итого	–	–	–	–	–	–	–	37,3	0,82	–	510	
223	63	38	С	7,8	91	25,1	27,4	23,3	0,64	II	260	
			Е	1,0	65	16,0	12,0	4,2	0,14			35
			Б	1,2	80	23,0	19,0	3,9	0,14			40
Итого	–	–	–	–	–	–	–	31,3	0,92	–	335	

майниково-брусничных II класса бонитета и в лесных культурах 1913 г., созданных из местных семян, на ПП 221 и 223, по нашим данным, в среднем равен 4,5 м³/га. Определенный нами по модельным деревьям годичный текущий прирост на участке собственно географических культур М.Г. Здорика на ПП 222 равен 5,1 м³/га. Участок его же сосновых культур I класса бонитета из местных семян на ПП 220, на которой, кстати, до сих пор хорошо просматривается распределение деревьев по искусственным рядам, характеризуется текущим приростом 5,8 м³/га.

Обращает на себя внимание характер естественного возобновления под пологом леса. На участках культур 1913 г., произведенных из местных семян в сосняках майниково-брусничных, возобновление незначительное. На ПП 220 состав молодняка 6Е4Б, $A_{cp} = 10$ лет, $H_{cp} = 0,85$ м, густота 1,0 тыс. шт./га. На ПП 221 состав 10Е+Б+Д, $A_{cp} = 25$ лет, $H_{cp} = 1,9$ м, густота 1,8 тыс. шт./га. На участке собственно географических культур, представленном комплексом сосняков майниково-брусничных и майниково-черничных, на ПП 222 возобновление среднее: состав 10Е+Б, $A_{cp} = 30$ лет, $H_{cp} = 2,2$ м, густота 5300 шт./га. Подлесок в сосновых культурах М.Г. Здорика повсеместно редкий с преобладанием можжевельника: состав 7-8Мж1Кр.л1-2Р, высота 1,0 ... 1,9 м, густота 0,3 ... 0,7 тыс. шт. на 1 га.

Сравнительная характеристика живого напочвенного покрова в сосновых культурах М.Г. Здорика, созданных им из местных семян (ПП 220), и в его географических посевах (ПП 222) приведена в табл. 3.

Таблица наглядно иллюстрирует характерный индицирующий комплекс майниково-брусничного типа леса в культурах 1913 г. местного происхождения и комплексный майниково-чернично-брусничный характер участка географических посевов сосны. Кроме того, в составе травяно-кустарничкового яруса высоковозрастных лесокультурных биогеоценозов из местных семян сосны нами отмечается такой редкий вид, занесенный в Красную книгу, как плаун-баранец, что, несомненно, усиливает природоохранное значение данного объекта и свидетельствует о полном восстановлении (демутации) первичной (коренной) лесной среды под пологом старейших лесных культур в Нижегородском Заволжье.

Выводы

Лесотипологические исследования, выполненные на территории памятника природы регионального значения «Лесной массив, включающий географические лесные культуры М.Г. Здорика», позволили выявить надвидовое (экосистемное) и видовое биоразнообразие. Полученные данные усиливаются достаточной степенью репрезентативности выборки: в лесном массиве представлен основной спектр как плакорных (водораздельных), так и долинных (приручьевых) природных территориальных комплексов Нижегородского Заволжья. Таким образом, основные результаты научно-исследовательской работы могут быть с большой достоверностью экстраполированы на весь лесорастительный район. Ботанико-географический анализ лесных культур 1913 г. показал, что все посеянные под руководством М.Г. Здорика экземпляры относятся к одному подвиду – сосна обыкновенная лесная, согласно внутривидовой систематике *Pinus sylvestris* L., представленной Л.Ф. Правдиным [8]. Однако внутри этой географической расы представлены пять климатотипов [4, 9]: местный, северный, центральный, южный и западный, если принимать во внимание ландшафтную дифференциацию территории Восточно-Европейской равнины, откуда поступили семена.

Лесоводственно-экономический анализ беспрецедентного долгосрочного опыта географических посевов сосны в Нижегородском Заволжье, несомненно, послужил вкладом в районирование лесосеменного дела. При производственных посадках сосны в северо-восточных районах Русской равнины можно пользоваться семенами из местных, центральных, а также более северных областей; семена из южных и западных регионов дают самый низкий результат [4, 9], что подтверждает обоснованность действующих нормативных документов. Это позволяет в дальнейшем повысить продуктивность древостоев на 15 ... 20 м³ на 1 га к возрасту главной рубки, используя районированный лесосеменной материал для лесокультурного дела. Ведь несмотря на нивелирующее действие комплекса местных экологических факторов, на идентичных биотопах лесокультурные биоценозы имеют тенденцию сохранять и на высоковозрастных стадиях, по нашим данным, объемы годовичного текущего прироста в среднем на 13 ... 28 % выше, чем в древостоях естественного происхождения аналогичной стадии развития.

Учитывая, что естественный возрастной цикл развития хвойных лесов, обусловленный онтогенезом их эдификаторов (лесообразующих пород) – *Pinus sylvestris* L. и *Picea abies* (L.) Karst., может достигать 240 лет [1], исследованная ООПТ с заложенными нами на участках сосновых культур 1913 г. ПП 220–223 может послужить целям долгосрочного экологического мониторинга. Научным обоснованием этого служат следующие положения.

На сравнительно небольшой территории (кв. 63–65 Лыковского лесничества Семеновского спецлесхоза общей площадью 644 га) компактно представлены эталоны типичных лесных биогеоценозов (климаксовые, субклимаксовые и серийные) всего Нижегородского Заволжья и сопредельных областей. Коренные (климаксовые) и условно-коренные (субклимаксовые) биогеоценозы служат местом произрастания ряда редких видов растений, перечисленных в данной статье. Старейший в Нижегородском Заволжье образец создания лесных культур потребует в последующие годы дальнейшего научно-производственного анализа в целях сопоставления цикла развития естественных древостоев и лесных культур. Водоохранное и стокорегулирующее значение лесов, выполняемое, в частности, данным памятником природы для р. Керженец, крупного левого притока р. Волги, занимает немаловажное место в спектре разрабатываемых вопросов [5], устойчивого развития территорий в бассейнах великих рек.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Восстановительная и возрастная динамика таежных лесов Среднего Урала [Текст]: сб. науч. тр. / ред. Р.С. Зубарева, Е.П. Смолоногов. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1987. – 160 с.
2. Колесников, Б.П. Генетический этап в лесной типологии и его задачи [Текст] / Б.П. Колесников // Лесоведение. – 1974. – № 2. – С. 3–20.
3. Куприянов, Н.В. Леса и лесное хозяйство Нижегородской области [Текст] / Н.В. Куприянов, С.С. Веретенников, В.В. Шишов. – Нижний Новгород: Волго-Вятское кн.изд-во, 1995. – 350 с.
4. Лосицкий, К.Б. Географический посев сосны в Горьковской области [Текст] / К.Б. Лосицкий // Лесн. хоз-во. – 1951. – № 12. – С. 70–74.
5. Невидомов, А.М. Разработка системы пойменного лесоводства как основы перехода к устойчивому управлению лесами в долинах рек Волжского бассейна [Текст] / А.М. Невидомов, Н.В. Петухов // Междунар. науч.-пром. форум «Великие реки 2003»: ген. докл., тез. докл. – Нижний Новгород: НГАСУ, 2003.
6. Пентин, А.П. Материалы к истории дореволюционного лесного хозяйства Нижегородской области [Текст] / А.П. Пентин. – Нижний Новгород: Леспроект, 1992. – 168 с.
7. Петухов, Н.В. Современный этап применения лесной типологии в лесоустройстве и его первоочередные задачи [Текст] / Н.В. Петухов, А.М. Невидомов // Лесн. журн. – 2005. – № 3. – С. 42–58. – (Изв. высш. учеб. заведений).
8. Правдин, Л.Ф. Сосна обыкновенная [Текст] / Л.Ф. Правдин. – М.: Наука, 1964. – 192 с.

9. Соколов, А.А. Учет опытного посева сосны 13 различных губерний в Лыковском лесничестве Нижегородской губернии [Текст] / А.А. Соколов // Лесн. хоз-во, лесн. пром-сть и топливо. – 1926. – № 8. – С. 90–92.

10. Юркевич, И.Д. Лесотипологические таблицы [Текст] / И.Д. Юркевич. – Минск: Наука и техника, 1969. – 52 с.

Уральский государственный
лесотехнический университет

ФГУП «Поволжский леспроект»

Поступила 09.03.06

A.M. Nevidomov, N.V. Petukhov

Landscape-holocoenotic Characteristic of Nature Monument in Nizhny Novgorod Povolzhje “Woodland Including Geographical Forest Cultures of M.G. Zdorik”

The detailed forest-typological analysis of the nature monument with two-thirds being root forest landscapes and including the most long-term provenance pine trial in Nizhny Novgorod Zavolzhje is carried out.

УДК 630*23: 630*561

М.В. Рубцов, А.А. Дерюгин

Рубцов Михаил Владимирович родился в 1937 г., окончил в 1959 г. Московский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий лабораторией лесоводства Института лесоведения РАН, член-корреспондент РАСХН. Имеет 135 научных работ в области лесоведения и лесоводства.



Дерюгин Анатолий Александрович родился в 1945 г., окончил в 1968 г. Московский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории лесоводства Института лесоведения РАН. Имеет 39 научных работ в области лесоведения и лесоводства.



РОСТ ЕЛИ ПОД ПОЛОГОМ ЮЖНО-ТАЕЖНЫХ БЕ- РЕЗНЯКОВ И ПОСЛЕ РУБКИ ИХ С СОХРАНЕНИЕМ ПОДРОСТА *

Дан сравнительный анализ роста ели под пологом березняков и на вырубках с сохраненным еловым подростом. Установлено существенное влияние высоты деревьев в год рубки березы на текущий прирост ели. Показана эффективность влияния рубки березы на рост и продуктивность популяции ели.

Ключевые слова: подрост ели, рост под пологом березняков и на вырубках.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (05-04-48614).

УДК 630*23: 630*561

М.В. Рубцов, А.А. Дерюгин

Рубцов Михаил Владимирович родился в 1937 г., окончил в 1959 г. Московский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий лабораторией лесоводства Института лесоведения РАН, член-корреспондент РАСХН. Имеет 135 научных работ в области лесоведения и лесоводства.



Дерюгин Анатолий Александрович родился в 1945 г., окончил в 1968 г. Московский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории лесоводства Института лесоведения РАН. Имеет 39 научных работ в области лесоведения и лесоводства.



РОСТ ЕЛИ ПОД ПОЛОГОМ ЮЖНО-ТАЕЖНЫХ БЕ- РЕЗНЯКОВ И ПОСЛЕ РУБКИ ИХ С СОХРАНЕНИЕМ ПОДРОСТА *

Дан сравнительный анализ роста ели под пологом березняков и на вырубках с сохраненным еловым подростом. Установлено существенное влияние высоты деревьев в год рубки березы на текущий прирост ели. Показана эффективность влияния рубки березы на рост и продуктивность популяции ели.

Ключевые слова: подрост ели, рост под пологом березняков и на вырубках.

В таежной зоне на значительной территории лесного фонда после рубок ельников и пожаров сформировались лиственные древостои (преимущественно березняки). Их замена хвойными является одной из важнейших задач лесного хозяйства. Под пологом многих лиственных древостоев имеется подрост ели, который является ценным резервом для восстановления ельников. Например, в южной тайге площадь спелых и перестойных березняков с еловым подростом густотой более 3 тыс. экз./га в среднем составляет 75 % [4]. Смена березняков ельниками может происходить естественным путем (в ходе демутиационного процесса) или в результате рубки березы с сохранением предварительного возобновления ели. Естественная смена – процесс столь длительный, что станет невозможным без применения специальных восстановительных мер [2]. Рубка лиственных древостоев с сохранением подпологовой ели существенно сокращает время и затраты на восстановление ельников [5].

В оценке эффективности таких рубок важная роль принадлежит стационарным исследованиям формирования и роста популяции ели под пологом и после рубки березняков с сохранением подроста. Такие исследования проводятся лабораторией лесоводства Института лесоведения РАН на Северной ЛОС, расположенной на территории Рыбинского лесхоза Ярослав-

2*

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (05-04-48614).

ской области. Здесь в 1978 – 1979 гг. под руководством проф. А.Я. Орлова были выполнены опытные рубки древостоев березы с сохранением подроста и второго яруса ели в наиболее распространенных в южной тайге березняках кислично-черничных [3]. Использована узкопосечная технология, ширина пасек 30 м, волоков 5 м. Сучья обрубали на месте валки деревьев, хлысты трелевали за вершину без захода трактора на пасеки.

В 1999–2001 гг. для изучения роста ели, сохранившейся на вырубках, а также в березняках с подростом и вторым ярусом ели (контроль) заложены пробные площади (две на вырубках, три в березняках). На пробных площадях срубали все деревья ели (на вырубках – 277, под пологом березняков – 396). Для анализа хода роста деревьев на определенной высоте у них выпиливали «диски»: до высоты 1,3 м – через 0,25 м, выше – через 0,5 или 1,0 м в зависимости от текущего прироста ели в высоту. Их обрабатывали по принятой в таксации методике [1]. Показатели роста каждого дерева определяли по пятилетним возрастным интервалам и заносили в электронную базу данных. Результаты измерений обрабатывали по специальной программе.

Показатели роста деревьев в популяциях ели на вырубках и под пологом березняков сопоставляли по одинаковым календарным периодам, установленным относительно года рубки березы на опытных объектах: в целом до и за 20 лет после рубки березы (1979 – 1998 гг.); по 5-летним периодам – до рубки (1974 – 1978 гг.), а также после рубки березы (1979 – 1983, 1984 – 1988 и т. д.).

Через 20 лет после рубки березы с сохранением елового подроста на опытных пробных площадях (ПП) сформировались сомкнутые древостои с преобладанием ели в составе (табл. 1). Ее густота на пробных площадях

Таблица 1

Таксационная характеристика древостоев в год закладки пробных площадей (1999 – 2001 гг.)

№ ПП	Ярус древостоя	Состав	Густота, тыс. экз./га	Средние			G, м ² /га	M, м ³ /га	Полнота	Класс бонитета
				A, лет	H, м	D, см				
Вырубки										
23	1	92Е	3,75	39	8,6	8,4	25,52	150	1,12	IV
		70с	0,23	20	10,2	7,9	1,32	11	0,07	Ia
		1Б	0,06	20	11,2	7,3	0,38	3	0,02	Ia
		Итого	4,04	38	8,7	8,4	28,22	164	1,21	–
26	3	10Е	1,61	25	1,8	–	–	–	–	Va
	1	91Б	0,26	70	26,2	20,6	8,44	150	0,28	Ia
		50с	0,07	70	19,5	13,0	0,86	8	0,03	I
		4Е	0,07	85	19,2	23,1	0,68	6	0,02	III
	Итого	0,40	75	23,8	19,7	9,98	164	0,33	–	
	2	91Е	1,82	45	11,7	11,0	18,60	127	0,64	III
		80с	0,34	25	12,6	7,4	1,56	11	0,07	I
1Б		0,03	25	9,8	5,8	0,14	1	0,01	I	
Итого	2,19	42	11,8	10,4	20,30	139	0,72	–		
3	10Е	2,07	25	2,0	–	–	–	–	Va	

		Березняки										
4	1	97Б	0,69	71	28,1	22,9	28,45	338	0,90	Ia		
		30с	0,03	71	27,1	19,6	0,96	11	0,04	Ia		
		Итого	0,72	71	28,0	22,8	29,31	348	0,94	–		
	2	26Е	0,24	44	8,8	9,2	1,59	8	0,07	IV		
		74Б	0,27	59	15,2	11,8	2,98	22	0,14	III		
		Итого	0,51	52	12,2	10,6	4,57	30	0,21	–		
9	3	10Е	2,66	38	4,0	–	–	–	–	Va		
		1	73Б	0,35	83	31,2	26,4	19,27	250	0,56	Ia	
			270с	0,08	85	33,1	32,0	6,44	91	0,14	Ia	
	Итого	0,43	83	31,6	27,4	25,71	361	0,70	–			
		24	1	10Е	1,47	66	10,9	10,5	12,70	73	0,57	V
				10Е	0,14	54	4,3	–	–	–	–	Va
	2	59Б	0,31	65	27,1	23,8	13,57	169	0,44	Ia		
		410с	0,10	65	30,2	33,9	8,61	116	0,21	Ia		
		Итого	0,41	65	27,8	26,3	22,18	285	0,65	–		
	3	77Е	0,52	49	10,8	11,4	5,32	34	0,21	IV		
		23Б	0,11	50	15,8	11,5	1,14	10	0,05	II		
		Итого	0,63	49	11,7	11,4	6,46	44	0,26	–		
	3	10Е	4,41	36	5,6	–	–	–	–	V		

Примечание. Ярус древостоя: 1 – первый; 2 – второй; 3 – подрост; А – возраст; Н – высота; D – диаметр ствола на высоте 1,3 м; G – сумма площадей поперечных сечений стволов на высоте 1,3 м; М – запас стволовой древесины.

23 и 26 равна соответственно 5,4 и 4,0 тыс. экз./га. Значительно (93 и 78 %) преобладает ель предварительного возобновления, под пологом которой появляющиеся всходы ели, как правило, не выживают. На контрольных ПП структура древостоев типична для южно-таежных кислично-черничных березняков. В составе первого яруса преобладает береза, доля осины не превышает 40 %. Древостои высокопроизводительные (Ia класс бонитета), средне- и высокополнотные. Под пологом 65 – 70-летних березняков (ПП 4 и 24) ель в основном (90 %) в подросте, густота которого около 2,7 и 4,4 тыс. экз./га. В 83-летнем березняке (ПП 9) ель образует сомкнутый второй ярус, его густота около 1,5 тыс. экз./га.

Установлено сходство в динамике роста ели под пологом березняков на пробных площадях [6]. Такие же результаты получены и на пробных площадях, расположенных на вырубках. В связи с этим пробные площади были объединены в две совокупности, называемые далее «березняки» и «вырубки».

Сравнительным анализом обнаружено сходство возрастных структур популяций ели под пологом березняков и на вырубках (рис.1). Доминировали (90 %) деревья в возрасте до 20 лет, значительная их часть (52 ... 59 %) имела возраст 11 ... 20 лет. Однородность возрастных структур сви-

детельствует о корректности сравнительного анализа роста ели, произрастающей на вырубках и под пологом березняков.

Выявлено, что рост ели на вырубках после удаления березового яруса наиболее тесно связан с высотой деревьев в год рубки березы; эта высота названа стартовой (H_r). По достоверным различиям в динамике среднепериодических текущих приростов выделены четыре группы деревьев, имевшие высоту в год рубки березы (1978 г.): 0,1 ... 1,0 м; 1,1 ... 2,6; 2,7 ... 6,0; более 6 м. Корреляционным анализом установлено, что под пологом березняков, как и на вырубках, H_r в 1978 г. во многом определяет рост ели в 1979–1998 гг. С этим показателем коррелирует высота ели в 1998 г. и текущий прирост по объему ствола в 1979 – 1998 гг. Коэффициенты детерминации R^2 находятся в пределах 0,39 ... 0,81. Высота H_r в большей



мере, чем возраст деревьев, обуславливает рост ели. Установлено, что градации H_r , ранее использованные для ели на вырубках, применимы и для подпологовой популяции. Сравнением рядов распределения всех модельных деревьев по высоте и возрасту выявлено, что корректный анализ влияния рубки березы на рост подпологовой ели может быть проведен только по трем градациям H_r : 0,1 ... 1,0; 1,1 ... 2,6; 2,7 ... 6,0 м. Деревьев выше 6 м было недостаточно для подобного анализа.

До рубки березы на опытных объектах (1978 г.) популяции ели (вырубки, березняки) существенно не различались по росту деревьев. Средние высота деревьев (H) и диаметр стволов на высоте 0,1 м ($D_{0,1}$), а также средние приросты в высоту (Δh), по площади поперечного сечения ствола на высоте 0,1 м (Δg) и объему ствола (Δv) были практически равны, различия их недостоверны с вероятностью 0,95 (табл. 2). Рост деревьев в высотной группе I соответствовал Va, а в группах II и III – V классам бонитета.

Через 20 лет после рубки березы на опытных объектах соотношения в показателях роста деревьев ели на вырубках и под пологом березняков существенно изменились. В 1998 г. на вырубках значения H , $D_{0,1}$, Zh_{20} были в 2 – 4 раза выше, чем в подпологовой популяции ели. Еще значительно различия в среднепериодических (за 20 лет) текущих приростах по площади поперечного сечения (Zg_{20}) и объему ствола (Zv_{20}). На вырубке их значения

в 5–14 раз превышали соответствующие показатели в подпологовой популяции ели (табл. 2). Рубка березы особенно ощутимо сказалась на соотношении рассматриваемых характеристик деревьев высотной группы I

Таблица 2

Биометрические характеристики и прирост деревьев ели разных высотных групп на вырубках и под пологом березняков в сопоставимые периоды относительно года рубки березы

Высотная группа деревьев, м	Опытный объект	Средние					Прирост в год					
		А, лет, в 1978 г.	Н, м, в годы		D _{0,1} , мм, в годы		средний до 1979 г.			среднепериодический текущий за 20 лет (1979–1998 гг.)		
			1978	1998	1978	1998	Δh, см	Δg, мм ²	Δv, дм ³	Zh ₂₀ , см	Zg ₂₀ , см ²	Zv ₂₀ , дм ³
0,1...1,0	Вырубки	12	0,5	6,1	8,0	65,8	5	0,06	0,002	28	2,24	0,683
	Березняки	13	0,6	2,1	7,8	27,3	5	0,05	0,002	8	0,34	0,047
1,1...2,6	Вырубки	20	1,5	10,9	22,0	120,7	7	0,21	0,017	47	6,10	2,398
	Березняки	20	1,5	5,0	21,2	58,6	8	0,19	0,014	18	1,28	0,305
2,7...6,0	Вырубки	33	4,2	13,4	51,3	196,0	13	0,74	0,113	46	15,21	5,353
	Березняки	37	4,5	7,9	51,1	85,9	12	0,59	0,121	17	2,06	0,873

Примечание. 1978 г. и 1979 – 1998 гг. – соответственно годы перед и после рубки березы на опытных объектах; А, Н – возраст и высота деревьев; D_{0,1} – диаметр ствола на высоте 0,1 м; Δh, Δg, Δv – средние приросты в высоту, по площади поперечного сечения ствола на высоте 0,1 м и объему ствола; Zh₂₀, Zg₂₀, Zv₂₀ – среднепериодические текущие приросты в высоту, по площади поперечного сечения ствола на высоте 0,1 м и объему ствола за 20 лет после рубки березы на опытных объектах.

(Hr = 0,10 ... 1,01 м). Через 20 лет после ее проведения такие деревья на вырубках имели Н в 2,9 раза, D_{0,1} в 2,4, Zh₂₀ в 3,5, Zg₂₀ в 6,6 и Zv₂₀ в 14,5 раз больше, чем в контроле (табл. 2). Для других высотных групп эти значения несколько ниже. Так, интегральный показатель роста деревьев Zv₂₀ на вырубках для высотных групп ели II и III увеличился в 6 и 8 раз по сравнению с контролем, или почти в 2 раза меньше, чем у деревьев высотной группы I.

Динамику роста деревьев лучше отражает изменение их среднепериодических текущих приростов. В пятилетний период, предшествовавший рубке березы, в изучаемых популяциях ели в пределах высотных групп деревьев значения Zh, Zg_{0,1} и Zv отличались несущественно (табл. 3). Под пологом березняков в 20-летний период, сопоставимый с календарным периодом на опытных объектах, среднепериодические текущие приросты

Таблица 3

Динамика среднепериодического текущего прироста ели на вырубках и под пологом березняков

Высотная группа деревьев, м	Опытный объект	Прирост ели в пятилетние периоды				
		5 лет до рубки березы	после рубки березы, лет			
			1 ... 5	6 ... 10	11 ... 15	16 ... 20
0,1...1,0	Вырубки	Zh, см/год				
		6	18	34	35	24

1,1...2,6	Березняки	5	7	9	7	6
	Вырубки	11	34	59	55	39
2,7...6,0	Березняки	10	15	18	19	17
	Вырубки	20	33	64	61	28
Среднее	Березняки	18	21	20	17	13
	Вырубки	12	28	52	50	34
Среднее	Березняки	11	14	16	14	12
	$Zg_{0,1}, \text{см}^2/\text{год}$					
0,1...1,0	Вырубки	0,10	0,50	1,74	3,37	3,37
	Березняки	0,09	0,18	0,32	0,44	0,44
1,1...2,6	Вырубки	0,52	1,89	4,86	8,89	8,85
	Березняки	0,43	0,76	1,18	1,50	1,68
2,7...6,0	Вырубки	1,70	6,04	13,05	21,14	20,63
	Березняки	1,35	1,74	2,04	2,28	2,17
Среднее	Вырубки	0,77	2,81	6,55	11,10	10,95
	Березняки	0,62	0,89	1,18	1,41	1,43
$Zv, \text{дм}^3/\text{год}$						
0,1...1,0	Вырубки	0,004	0,043	0,312	1,002	1,377
	Березняки	0,004	0,013	0,035	0,062	0,079
1,1...2,6	Вырубки	0,047	0,288	1,450	3,557	4,345
	Березняки	0,038	0,098	0,218	0,383	0,523
2,7...6,0	Вырубки	0,414	1,175	3,887	8,016	8,335
	Березняки	0,371	0,548	0,788	1,012	1,144
Среднее	Вырубки	0,155	0,502	1,883	4,192	4,685
	Березняки	0,138	0,219	0,347	0,485	0,582

изменялись постепенно и оставались сравнительно небольшими. Отношение максимальных приростов в этот период к приростам за 5 лет перед рубкой березы на опытных объектах изменялось от 1,4 для Zh до 4,0 для Zv . На вырубках приросты ели изменились более существенно, отношения составили 4,3 для Zh и 30,2 для Zv .

Различие в росте деревьев наглядно показывает коэффициент изменения приростов ели в результате рубки березы (Kz) – соотношение средне-периодического текущего прироста деревьев ели на вырубках и под пологом березняков в конкретный период. В первый 5-летний период для рассматриваемых популяций коэффициент Kz по Zh , Zg и Zv изменялся от 2,0 до 3,2 (рис. 2). В среднем Kz достигает максимальных значений через 15 лет после рубки березы. В это время особенно значительны различия в приростах Zg и Zv : на вырубках они почти в 8 раз больше, чем под пологом ели. Коэффициент Kz для прироста в высоту существенно меньше и равен 3,6. Последнее свидетельствует о том, что на изменения условий среды на вырубках ель реагирует прежде всего увеличением прироста по площади поперечного сечения ствола. По истечении 15 лет коэффициенты Kz всех приростов начинают снижаться.

Деревья ели первой высотной группы (0,1 ... 1,0 м) лучше других реагируют на удаление березового яруса. У них через 15 лет после рубки

березы значения K_z приростов в высоту и по объему ствола были равны соответственно 5,0 и 16,2, в других высотных группах не превышали 3,6 и 9,3. Вместе с тем деревья высотной группы I имели меньшие абсолютные среднeperиодические текущие приросты. Наибольший прирост как на вырубках, так и под пологом березняков отмечен у деревьев высотной группы III. Таким образом, деревья с большей «стартовой высотой» (H_r), хотя и обладают менее выраженной реакцией на рубку березы, остаются лидирующими в популяции ели.

Устранение влияния березы на ель приводит к увеличению продуктивности еловой популяции. Через 20 лет после рубки березы средняя высота ели на вырубках соответствовала высоте нормальных ельников

Рис. 2. Динамика коэффициентов изменения среднепериодических текущих приростов ели в высоту (1), по площади поперечного сечения ствола на высоте 0,1 м (2) и объему ствола (3)

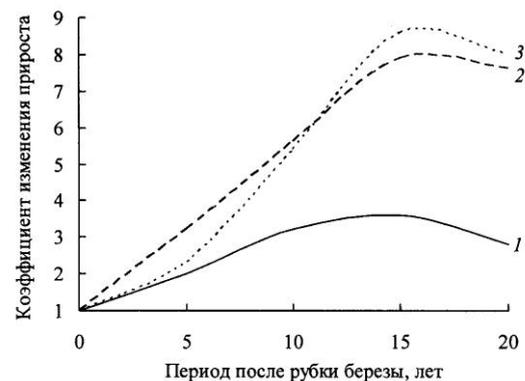
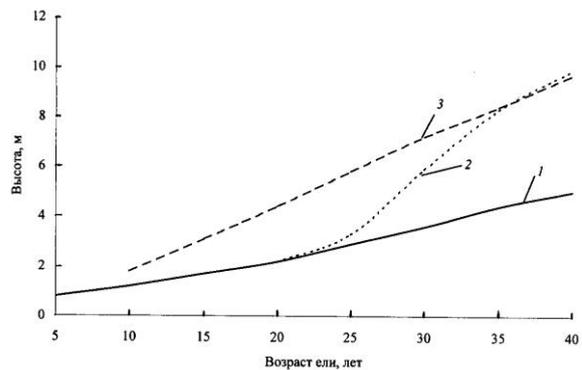


Рис. 3. Динамика средней высоты деревьев ели под пологом березняков (1), после их рубки с сохранением подроста (2) и в нормальных древостоях IV класса бонитета (3)



IV класса бонитета, а под пологом березняков — V класса (рис. 3). На вырубках объем стволовой древесины в ельниках в 4 раза выше, чем в подпологовой популяции ели.

Позитивная реакция ели на удаление березы свидетельствует о сравнительно быстрой адаптации ассимиляционного аппарата к новым условиям среды. Это выражается в увеличении параметров кроны. Так, через 20 лет после рубки березы у наиболее представленных деревьев 31 ... 40 лет площадь горизонтальной проекции и протяженность кроны по стволу соответственно в 2 и 3 с лишним раза больше параметров деревьев аналогично-

го возраста под пологом березы (табл. 4). Еще более значимы различия в средних объемах крон (в 7 раз).

Нами проведен сравнительный анализ роста ели, возобновившейся в течение 20 лет на вырубках и за этот же период под пологом березняков. Установлено, что на вырубках ель последующего возобновления (средний возраст 16 лет) отличалась от ели той же возрастной генерации под пологом березы более интенсивным ростом. Высота, диаметр ствола на высоте 0,1 м и соответствующие средние приросты у ели на вырубках были в 2,0 – 3,5 раза больше, чем под пологом. Деревья этой генерации на вырубках имели более развитые кроны (табл. 4). Удаление верхнего яруса березы позитивно влияет на рост ели как предварительного, так и последующего возобновления.

Таблица 4

**Параметры крон деревьев ели на вырубках и под пологом березняков
через 20 лет после рубки березы**

Возраст ели, лет	Опытный объект	Густота, экз./га	Средние параметры кроны		
			Площадь горизонтальной проекции, м ²	Протяженность по стволу, см	Объем, м ³
31 ... 40	Вырубки	898	2,54	444	3,780
	Березняки	1114	1,14	132	0,526
11 ... 20	Вырубки	57	0,16	26	0,016
	Березняки	88	0,04	16	0,002

Примечание. Ель в возрасте 31...40 и 11...20 лет возобновилась соответственно до и после рубки березы на опытных объектах.

Таким образом, в кислично-черничном типе леса южной тайги максимальное различие в росте ели на вырубках и под пологом березняков наблюдается через 15 лет после рубки березы. Увеличение объема стволовой древесины в популяции ели на вырубках в большей мере определяется приростом по площади поперечного сечения стволов, чем в высоту. Лучшей реакцией на изменения условий среды на вырубках характеризуется подрост ели высотой до 1 м. Вместе с тем большой абсолютный прирост имели деревья, высота которых в год рубки березы превышала 1 м. Они сохраняют лидирующее положение в популяции ели. Устранение влияния верхнего полога березы на формирование популяции ели повышает её продуктивность. Через 20 лет после рубки березы объем стволовой древесины в ельниках на вырубках стал в 4 раза больше, чем под пологом березняков. Бонитет древостоев ели повысился на один класс (с V до IV).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ануцин, Н.П. Лесная таксация [Текст] / Н.П. Ануцин. – М.: Лесн. пром-сть, 1977. – 511 с.
2. Мелехов, И.С. Лесоведение [Текст] / И.С. Мелехов. – М.: Лесн. пром-сть, 1980. – 406 с.

3. Орлов, А.Я. Почвенно-экологические основы лесоводства в южной тайге [Текст] / А.Я. Орлов. – М.: Наука, 1991. – 104 с.
4. Писаренко, А.И. Лесовосстановление [Текст] / А.И. Писаренко. – М.: Лесн. пром-сть, 1977. – 252 с.
5. Побединский, А.В. Воспроизводство лесов на вырубках тайги [Текст] / А.В. Побединский // Лесоведение. – 1986. – № 5. – С. 3–8.
6. Рубцов, М.В. Закономерности роста ели под пологом березняков в онто-ценогенезе древостоев [Текст] / М.В. Рубцов, А.А. Дерюгин // Лесоведение. – 2002. – № 5. – С. 18–25.

Институт лесоведения РАН

Поступила 20.02.06

M.V. Rubtsov, A.A. Deryugin

Spruce Growth under Canopy of Southern-Taiga Birch Forests and after their Cutting with Undergrowth Preservation

The comparative analysis of the spruce growth under the canopy of birch forests and clear-cut areas with spruce undergrowth preservation is provided; considerable effect of the tree height in the year of birch cutting on the current spruce growth is set. The efficiency of birch cutting effect on growth and productivity of spruce population is demonstrated.

УДК 630*232:582.734.3

Н.А. Разумников, О.М. Конюхова, М.И. Рябинин

Разумников Николай Александрович родился в 1963 г., окончил в 1989 г. Марийский политехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесной селекции, недревесных ресурсов и биотехнологии Марийского государственного технического университета. Имеет около 40 публикаций в области интродукции растений.



Конюхова Ольга Михайловна родилась в 1978 г., окончила в 2001 г. Марийский государственный университет, аспирант кафедры лесной селекции, недревесных ресурсов и биотехнологии Марийского государственного технического университета. Имеет 7 печатных работ в области интродукции.



Рябинин Михаил Иванович родился в 1950 г., учебный мастер лаборатории внедрения ботанического сада Марийского государственного технического университета. Автор изобретения и 3 печатных работ в области интродукции растений.



ГРУША УССУРИЙСКАЯ В СРЕДНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

Приведены результаты 4-летних исследований по изучению груши уссурийской в условиях интродукции в Республиках Марий Эл и Татарстан.

Ключевые слова: груша уссурийская, интродукция, закономерности роста, плодоношения.

Груша уссурийская (*Pyrus ussuriensis* Maxim.) – древесная порода, естественно произрастающая в России на Дальнем Востоке. Деревья имеют высоту 10 ... 15 м, диаметр ствола до 25 ... 35 см [2, 4, 5, 22], реже 50 ... 60 см [7, 21]. Размер плодов 3 ... 6 см, они различаются по форме и окраске, созревают в сентябре. Зрелые плоды содержат 22 ... 28 % сухих веществ, 6,4 ... 8,4 % сахаров, 2,5 ... 2,8 % титруемых кислот, 420 мг % дубильных и красящих веществ [15]. Лекарственная ценность плодов обусловлена содержанием арбутина, аскорбиновой кислоты и других биологически активных веществ [15, 19]. И. В. Мичурин, А. М. Лукашов, П. Г. Шуранов и другие исследователи использовали грушу уссурийскую в гибридизационных работах по выведению новых зимостойких сортов с высокими вкусовыми качествами плодов. Вид широко используется как медоносное и декоративное растение, древесина находит применение в мебельном производстве. Поэтому изучение хозяйственно-ценных признаков данного вида в интродукционной культуре Среднего Поволжья представляет научный и практический интерес.

Ранее нами установлена высокая степень адаптации груши уссурийской, уточнены оптимальные режимы, сроки предпосевной подготовки,

нормы высева семян, доказана возможность использования в культуре Республики Марий Эл (РМЭ) [17]. Изучены приживаемость и сохранность прививок окулировкой сортов Лада, Краснобокая, Красуля, выполненных в фазе окончания роста побегов и начала одревеснения на 2-летних подвоях груши уссурийской и в состоянии покоя на 2-летних сеянцах способом улучшенной копулировки сортов Бергамот, Лада, Память Жегалова, Тонковетка и Чижовская [9, 16, 18].

В настоящей статье приведены обобщенные данные 4-летних исследований устойчивости к неблагоприятным факторам внешней среды, сезонного ритма развития, роста, плодоношения, качества плодов, семян и их потомства растений груши уссурийской в республиках Марий Эл и Татарстан, а также привитых культурных сортов груш.

Регионы исследований характеризуются умеренно континентальным климатом. В коллекции Ботанического сада РМЭ растения груши уссурийской произрастают с начала 1960-х гг. на среднесуглинистой слабоподзолистой почве, подстилаемой покровными суглинками. В дендрарии Волжско-Камского государственного природного заповедника Республики Татарстан (ВКГПЗ РТ) изучены 24-летние культуры груши уссурийской, произрастающие на окультуренной легкосуглинистой слабоподзолистой почве.

Фенологию растений изучали по «Методике фенологических наблюдений в ботанических садах» [13]. Содержание сахаров в плодах определяли по А.И. Ермакову и др. [14], арбутина – по З.А. Седовой, В.Г. Леонченко, А.И. Астахову [20]. Жизнеспособность семян устанавливали по ГОСТ 13056.7–93 [3].

К возрасту 23 и более 40 лет изученные растения имели среднюю высоту 7 м, диаметр ствола 18 ... 22 см (табл. 1).

Лучшие рост и плодоношение отмечались у деревьев в дендрарии ВКГПЗ, в аллее на удалении друг от друга 11,5 м. Учитывая близкое расположение деревьев груши как в Ботаническом саду (1,9 м), так и заповеднике (1,0 м), считаем, что в сравнении с разреженной посадкой разница в анализируемом признаке обусловлена сильной конкуренцией растений за абиотические факторы. Изученные растения регулярно цвели и плодоносили.

Таблица 1

Биометрические показатели интродукционной культуры груши уссурийской

Место произрастания растений	Высота растений, м		Диаметр ствола, см			
	$x_{\text{ср}} \pm m_x$	V, %	у шейки корня		на высоте 1,3 м	
			$x_{\text{ср}} \pm m_x$	V, %	$x_{\text{ср}} \pm m_x$	V, %
Ботанический сад РМЭ, куртина	$7,1 \pm 0,3$	17,9	$18,1 \pm 1,8$	36,4	$12,4 \pm 0,8$	24,1
ВКГПЗ РТ: куртина	7,0 ... 7,5	–	$16,9 \pm 0,54$	33,9	$10,7 \pm 0,24$	23,5
	аллея	$7,0 \pm 0,29$	11,6	$22,0 \pm 1,03$	14,8	$14,1 \pm 1,14$

Таблица 2

**Данные о фенологии груши уссурийской в Ботаническом саду ДО РАН [23]
и Ботаническом саду РМЭ (2002–2005 гг.)**

Пункт исследований	Средние даты/ $\Sigma t_{эф.}^{\circ}$					
	Пч ²	Ц ⁴		Пл ³		Л ⁵
		Начало	Конец	Начало	Конец	
г. Владивосток	8–12.05	12–16.05	20–22.05	Нет данных		8–12.10
г. Йошкар-Ола	<u>3.05±0.8</u> 165,0±14,9	<u>7.05±1.9</u> 203,4±7,8	<u>21.05±2.1</u> 385,0±33,0	<u>6.08±1.5</u> 1676,3±53,3	<u>20.09±2.0</u> 2254,6±162,1	<u>28.09±0.8</u> 2383,8±143,4

Примечание. Пч² – разверзание (начало вегетации); Ц⁴ – цветение; Пл³ – созревание плодов; Л⁵ – листопад (окончание вегетации).

При интродукции за пределы естественного ареала большое значение приобретает изучение режима сезонного развития растений [10, 12]. В Ботаническом саду РМЭ груша уссурийская зимостойка, проходит все фазы развития в различные по погодным условиям годы, устойчива против болезней и вредителей, в отдельные годы частично повреждаются годичные приросты молодых растений раннеосенними заморозками. Вегетация в природных условиях РМЭ длится с I декады мая по конец сентября, в среднем 148 дн. (табл. 2). По П. И. Лапину [12], вид относится к феноритму рано начинающихся и рано оканчивающих вегетацию. Цветение наступает через 6–7 дн. после разверзания почек, но до полного облиствения и продолжается в среднем 15 дн. Плоды созревают во II–III декадах сентября.

В РМЭ вегетационный период груши уссурийской на 5 ... 7 дн. короче, чем у растений в естественном ареале. Анализ фенологических данных и сопоставление с климатическими условиями изученных регионов [1, 6] позволяют отметить, что в условиях интродукции раннее прохождение фаз разверзания почек, начала ростовых процессов и цветения обусловлены более теплой погодой в апреле – первой половине мая. Более продолжительная осень на Дальнем Востоке удлиняет период вегетации.

В условиях интродукции количество эффективного тепла за период вегетации груши уссурийской колебалось в пределах 1960 ... 2560 °. В целом груша уссурийская в изученных пунктах по шкале перспективности интродукции [11] оценивается как вполне перспективный вид (97 баллов).

Химические анализы показали, что формирующиеся в условиях интродукции плоды груши уссурийской содержат 7,0 ... 9,1 % сахаров, 2,2 ... 3,6 % арбутина; аналогичные показатели у груши обыкновенной составили 8,3 и 1,9 ... 2,0 %. Процент сахаров в плодах интродуцированной культуры аналогичен данным, полученным в естественном ареале. Содержание арбутина у растений, произрастающих в дендрарии заповедника, в 1,2–1,7 раза выше, чем у других культур груш (табл. 3).

Содержание в плодах груши уссурийской арбутина, обладающего противовоспалительным действием и используемого при лечении заболеваний почек и мочевого пузыря, позволяет рассматривать данный вид как источник ценного лекарственного сырья.

Таблица 3

Количество сахаров и арбутина в плодах груш

Вид, сорт груш	Местопроизрастание растений	Сахара, %		Арбутин, %	
		2004 г.	2005 г.	2004 г.	2005 г.
Виды					
Уссурийская	Ботанический сад РМЭ	7,0 ± 0,6	7,3 ± 0,0	2,2	2,3
	Дендрарий ВКГПЗ РТ	8,7 ± 0,6	9,1 ± 0,4	3,3	3,6
Обыкновенная	Ботанический сад РМЭ	8,2 ± 0,2	8,3 ± 0,3	1,9	2,0
Сорта					
Лада	Ботанический сад РМЭ	7,6 ± 0,1	7,8 ± 0,6	3,0	1,1
Тема *		11,3 ± 0,6	11,3 ± 0,0	3,3	2,8
Тонковетка		9,6 ± 1,0	10,8 ± 0,0	2,7	2,5
Дюймовочка		–	7,1 ± 0,1	–	1,7
Бергамот		–	7,9 ± 0,1	–	3,0

* На подвое груши обыкновенной.

Содержание сахаров в плодах изученных сортов груш варьировало от 7,6 до 11,3 %, арбутина – от 1,1 до 3,3 %, что, видимо, обусловлено спецификой сорта. В 2005 г. в плодах у всех таксонов отмечали повышенный в сравнении с предыдущим годом процент сахаров, в определенной степени и арбутина. Их взаимосвязь, а также сахарокислотный коэффициент, требуют дополнительных исследований.

В учетный период масса 1000 воздушно-сухих семян груши уссурийской, включая и шуплые, недозревшие, составляла 38 ... 42 г, что меньше нормативной (43 г). В 2005 г. аналогичный показатель у утонувших семян, подвергнутых водной флотации, равнялся 68 г. Жизнеспособность семян груши уссурийской урожая 2005 г. составила $68,0 \pm 3,0$ % ($V = 6,2\%$), что в определенной степени объясняет ранее отмеченные посевные качества семян местной репродукции ниже 3 класса [17].

Выводы

1. В природных условиях республик Марий Эл и Татарстан груша уссурийская по комплексу адаптивно значимых признаков оценивается как вполне перспективный вид. Растения вегетируют в течение $148 \pm 0,9$ дн. при количестве эффективного тепла $2383,8 \pm 143,4$ °.

2. Закономерности роста, плодоношения, накопления биологически активных веществ в плодах растений груши уссурийской в Приморском крае и культур в Среднем Поволжье существенно не различаются. Изменения в сезонном ритме развития интродуцированных культур обусловлены особенностями умеренно континентального климата и заключаются в смещении фаз разверзания, цветения на более ранние сроки и окончания вегетации – на более поздние. Данный вид в условиях интродукции характеризуется феноритмотипом, рано начинающим и оканчивающим вегетацию.

3. Семена интродуцированных культур груши уссурийской имеют жизнеспособность 68 % и небольшую грунтовую всхожесть (32 ... 53 %).

4. Высокая степень акклиматизации, совместимость подвоев с допущенными для использования в производстве сортами груши, пищевая и лекарственная ценность плодов позволяют рассматривать грушу уссурийскую как ценный хозяйственно-значимый вид для обогащения биоразнообразия флоры Волго-Вятского и Средневолжского регионов [8] и рекомендовать его для более широкого внедрения в культуру.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Борисов, А.А.* Климат СССР [Текст] / А.А. Борисов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Просвещение, 1967. – 296 с.
2. *Горбунов, А.Б.* Дикорастущие и культивируемые в Сибири ягодные и плодовые растения [Текст] / А.Б. Горбунов, В.Н. Васильева, В.С. Смагин. – Новосибирск: Наука, 1980. – 264 с.
3. ГОСТ 13056.7–93. Семена деревьев и кустарников. Метод определения жизнеспособности [Текст]. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1995. – 37 с.
4. Деревья и кустарники СССР [Текст]. – М., Л.: Изд-во АН СССР, 1954. – Т.3. – 872 с.
5. *Жуковский, П.М.* Культурные растения и их сородичи. Систематика, география, экология, использование, происхождение [Текст] / П.М. Жуковский. – М.: Сов. наука, 1950. – 595 с.
6. *Занина, А.А.* Климат СССР [Текст]. Вып. 6. Дальневосточные районы. Камчатка и Сахалин / А.А. Занина. – Л.: Гидрометеиздат, 1958. – 167 с.
7. *Калуцкий, К.К.* Древесные экзоты и их насаждения [Текст] / К.К. Калуцкий, Н.А. Болотов, Д.М. Михайленко. – М.: Агропромиздат, 1986. – 271 с.
8. Каталог. Плодовые и ягодные культуры России [Текст]. – Воронеж: Кварта, 2001. – 304 с.
9. *Конюхова, О.М.* Качество плодов груши уссурийской в условиях интродукции республик Марий Эл и Татарстан [Текст] / О.М. Конюхова, Н.А. Разумников, М.В. Васильева, Г.А. Ефремов // Ботанические сады как центры сохранения биоразнообразия и рационального использования растительных ресурсов: материалы Междунар. конф., посвящ. 60-летию Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН. – М.: ГБС РАН, 2005. – С. 259–262.
10. *Лапин, П.И.* Значение исследований ритмики жизнедеятельности растений при интродукции [Текст] / П. И. Лапин // Бюл. Гл. бот. сада. – 1974. – Вып. 91. – С. 3–7.
11. *Лапин, П.И.* Оценка перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений [Текст] / П.И. Лапин, С.В. Сиднева // Опыт интродукции древесных растений. – М.: ГБС, 1973. – С. 7–68.
12. *Лапин, П.И.* Сезонный ритм развития древесных растений и его значение при интродукции [Текст] / П.И. Лапин // Бюл. Гл. бот. сада. – 1974. – Вып. 65. – С. 13–18.
13. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах [Текст]. – М.: ГБС, 1975. – 27 с.
14. Методы биохимического исследования растений [Текст] / под ред. А.И. Ермакова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Колос, 1972. – С. 143–144.

15. *Петрова, В.П.* Дикорастущие плоды и ягоды [Текст] / В.П. Петрова. – М.: Лесн. пром-сть, 1987. – С. 73–74.

16. *Разумников, Н.А.* Интродукция груши уссурийской в условиях республик Марий Эл и Татарстан [Текст] / Н.А. Разумников, О.М. Конюхова, М.И. Рябинин, М.В. Васильева // Кадровое и научное сопровождение устойчивого управления лесами: состояние и перспективы: материалы Междунар. конф. – Йошкар-Ола, 2005. – С. 344–350.

17. *Разумников, Н.А.* Посевные качества семян и рост сеянцев груши уссурийской в условиях Республики Марий Эл [Текст] / Н.А. Разумников, О.М. Конюхова // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений: материалы VI Междунар. науч. конф., Красноярск, 22–24 окт. 2003. – Красноярск: СибГТУ, 2003. – С. 69–70.

18. *Разумников, Н.А.* Сохранность прививок и рост сортов груши на подвое груши уссурийской в условиях Республики Марий Эл: к вопросу внедрения в производство [Текст] / Н.А. Разумников, О.М. Конюхова // Восьмые Вавиловские чтения. Мировоззрение современного общества в фокусе научного знания и практики: материалы пост. действ. Всерос. междисцип. науч. конф. – М.: Йошкар-Ола, 2004. – Т. 2. – С. 238–240.

19. *Савельев, Н.И.* Оценка плодовых культур по биохимическому составу и технологическим качествам плодов [Текст] / Н.И. Савельев, В.Н. Макаров, В.Г. Леонченко, Е.В. Жбанова // Плодоводство и ягодоводство России. – М.: ВСТИСП, 2002. – Т. 9. – С. 220–224.

20. *Седова, З.А.* Оценка сортов по химическому составу плодов: программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур [Текст] / З.А. Седова, В.Г. Леонченко, А.И. Астахов. – Орел: Изд-во ВНИИСПК, 1999. – С. 160–167.

21. Семена и плоды деревьев и кустарников Дальнего Востока [Текст] / Н.В. Кречетова [и др.]. – М.: Лесн. пром-сть, 1972. – С. 33–34.

22. Флора СССР [Текст] / под ред. В.Л. Комарова. – М.: Изд-во АН СССР, 1939. – Т. 9. – 540 с.

23. *Чашухина, А.А.* Фенологические наблюдения над декоративными древесными и кустарниковыми растениями Ботанического сада (1957–1960 гг.) [Текст] / А.А. Чашухина // Деревья, кустарники, многолетники для озеленения юга Дальнего Востока. – Владивосток, 1970. – С. 114–124.

Марийский государственный
технический университет

Поступила 19.05.06

N.A. Razumnikov, O.M. Konyukhova, M.I. Ryabinin
Japanese Pear in Middle Volga Region

Four-year investigation results are provided regarding study of Japanese Pear in the conditions of introduction in Mari El Republic and Tatarstan.

УДК 630* 232

И.А. Фрейберг, С.В. Залесов, Н.А. Луганский

Фрейберг Ирина Александровна родилась в 1925 г., окончила в 1948 г. Брянский лесохозяйственный институт, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории искусственного лесоразведения Ботанического сада УрО РАН. Имеет более 110 печатных работ по проблеме искусственного лесоразведения.



Залесов Сергей Вениаминович родился в 1953 г., окончил в 1981 г. Уральский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, проректор по научной работе Уральского государственного лесотехнического университета, заслуженный лесовод РФ. Имеет более 250 печатных работ по проблеме повышения продуктивности лесов Урала и Западной Сибири лесоводственными способами.



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

**ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ
ЗАУРАЛЬСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ**

С учетом специфики лесорастительных условий и лесного покрова выделены пять лесорастительных районов Зауральской лесостепи, которые могут служить основой для планирования лесохозяйственных мероприятий и разработки специализированных районирований.

Ключевые слова: лесорастительное районирование, Зауральская лесостепь, лесорастительный район, лесорастительные условия, лесной покров.

Совершенствование ведения лесного хозяйства в Зауральской лесостепи, в первую очередь восстановление и разведение лесов, требует дифференциации и специализации лесоводственных мероприятий, т. е. учета лесохозяйственных районов и в их пределах типов лесорастительных условий и типов леса [4]. Основанием для реализации этих принципов является лесорастительное районирование, учитывающее разнообразие территории. По лесорастительному районированию Б.П. Колесникова, Зауральская лесостепь входит в состав Притобольской озерно-низменной провинции Лесостепной лесорастительной области Западно-Сибирской низменности. Дальнейшее деление лесорастительного районирования на низшие единицы им было приостановлено в связи с предстоявшим в то время накоплением необходимого материала. Однако Б.П. Колесников отмечал, что «обычно при лесорастительном районировании небольших или равнинных местностей

используют всего две единицы разделения территории – лесорастительную зону или подзону и лесорастительный район» [4, с.19].

Руководствуясь этими положениями и учитывая небольшие размеры Зауральской лесостепи и оригинальность почвенного покрова на всей территории, определяющие лесорастительные возможности, мы выделили низшие единицы районирования – лесорастительные районы. Были использованы результаты собственных многолетних исследований, информация Ф.А. Соловьева [7] о типологии и производительности сосновых лесов При-тобольша, почвенного [2], геоморфологического [8], агроклиматического [9] районирований, выполненных для Зауральской лесостепи. В работе учтены также материалы Б.П. Колесникова [4].

Зауральская лесостепь занимает западную окраину Западно-Сибирской равнины, ограниченную на западе краем Уральского пенеплена, а на востоке долиной р. Ишим [8]. Геологическое прошлое территории оказывает большое влияние на формирование здесь почвенного покрова, распределение и рост древесной растительности. Осадки третичного моря, прикрытые отложениями аллювиально-делювиальных потоков, в настоящее время являются материнскими и почвообразующими породами современных почв. Третичные породы имеют тяжелый гранулометрический состав и значительное содержание легкорастворимых солей. В настоящее время Зауральская лесостепь представляет собой довольно однообразную равнину, на фоне которой выделяются плоские малодренированные междуречья и долины рек. Для нее характерно наличие двух геоморфологических комплексов: приуроченные к приречным частям местности древние аллювиальные отложения; равнинные междуречья на третичных и четвертичных отложениях. В соответствии с ними формируются почвенный покров и растительность. В приречных частях местности почвенному покрову свойственна слабо выраженная комплексность и большая представленность черноземов, на плоских междуречьях нет дренажа и развиты процессы засоления [2]. Наибольшее распространение на территории имеют черноземные почвы (выщелоченные, обыкновенные, солонцеватые, осолоделые). Несколько меньше представлены осолоделые почвы и солоды, серые лесные оподзоленные и осолоделые, а также солончаки, луговые и болотные. Вторым по распространению типом почвы являются солонцы разных видов. Они образуют не только сложные комплексы с другими почвами, но часто довольно крупные пространственные ареалы. Солонцы Зауральской лесостепи нами объединены в пять групп по лесопригодности:

хорошей, включающие средние и глубокие лугово-степные солонцы с содержанием в почвенном поглощающем комплексе обменных натрия до 10 % и магния не меньше 40 %;

удовлетворительной с содержанием обменного натрия от 10 до 15 %; ограниченной с поглощенным натрием до 20 % и в основном слабым солончаковым засолением;

условной с поглощенным натрием до 20 % и средним и сильным солончаковым и солончаковым засолением;

нелесопригодные солонцы с содержанием поглощенного натрия более 20 %. Солонцы ограниченной и условной лесопригодности различаются визуально и требуют различных мер освоения [10].

Климат Зауральской лесостепи континентальный с годовой амплитудой средних суточных температур воздуха (января–июля) 34 ... 36 °; неустойчив как в годовом, так и многолетнем цикле: засушливые периоды сменяются годами с пониженными летними температурами и повышенным увлажнением [1,12].

Размещение древесной растительности, ее породный состав и особенности формирования насаждений связаны с геоморфологическими комплексами. К приречным участкам местности с древнеаллювиальными отложениями приурочены сосновые боры. На равнинных междуречьях, сложенных третичными и четвертичными отложениями, располагаются березово-осиновые колки, в которых береза является коренной породой. Березняки занимают до 56 % покрытой лесной растительностью площади, сосняки – до 34 %. Боры сформировались в условиях сурового климата плейстоцена и являются не только интразональными, но и реликтовыми группировками. Исследования Ф.А. Соловьева [7] показали типологическое своеобразие этих боров. Сосняки Притоболья отличаются высокой производительностью: класс бонитета II,2 – III,6, средний запас древесины 300 м³/га. В настоящее время они сильно пострадали от рубок, пожаров, пастьбы скота, на месте многих из них образовались вторичные березняки.

Средний класс бонитета березняков II,8 – II,9, средний запас древесины 130 м³/га. Типологическое разнообразие березняков изучали многие лесоведы и ботаники. Составлены обобщающие типологические схемы [3, 6], но ни одна из них, насколько нам известно, не используется при лесоустройстве.

Состояние колочных лесов в значительной мере зависит от внутривековой изменчивости климата, с чем связано подтопление и затопление леса. В разные годы это не обязательно одни и те же территории, что не позволяет относить участки леса, затопленные в тот или иной внутривековой цикл, в категорию «вымочки» и исключать их из лесфонда. Колочные леса имеют важное почвозащитное, опресняющее и санитарно-гигиеническое значение [6], поэтому их необходимо всемерно сохранять.

Таким образом, территория Зауральской лесостепи, отличающаяся разнородными лесорастительными условиями и лесным покровом, может быть разделена на ряд лесорастительных районов, что позволит детализировать хозяйственные мероприятия. В качестве ведущего фактора районирования приняты почвенно-грунтовые условия. Всего выделено пять лесорастительных районов (см. рисунок).

1. *Шадринско-Куртамышский*, самый крупный из выделенных лесорастительных районов. Он расположен в основном в центральной части Курганской области и неширокой полосой прослеживается в Челябинской области. Представляет собой слабоволнистую равнину с западинами. В приречных местах рельеф всхолмленный. Территория района довольно хорошо



Схема лесорастительного районирования Зауральской лесостепи

дренирована мелкими речками и реками Тобол, Исеть, Миасс. Почвенный покров отличается большой пестротой. В северной части преобладают черноземы выщелоченные, обыкновенные, осолоделые, в южной – обыкновенные и солонцеватые. Отдельными массивами, а также пятнами среди выщелоченных, обыкновенных, осолоделых и солонцеватых черноземов и в комплексе с ними располагаются солонцы. Черноземы солонцеватые и солонцы занимают около 25 % площади района.

Лесистость колеблется от 30 % на севере района до 5 % на юге. Леса представлены березовыми колками с примесью осины и сосновыми борами, приуроченными к древним песчаным отложениям вдоль рек. Наиболее широко распространены мшистые и травяные боры, меньше сухие типы сосновых лесов. Насаждения, произрастающие в боровых условиях, занимают до 52 % сосновых лесов. На остальной лесной площади произрастают коренные березняки, причем 40 % из них – в пониженных местах (осоковый, свежий и влажный на солоди и др.).

На межколочных пространствах широко распространены как зональные почвы (черноземы), так и солонцы, характеризующиеся хорошей и удовлетворительной лесопригодностью [10]. Солонцовые типы с сомнительными и нелесопригодными лесорастительными условиями занимают значительно меньшее место, несколько увеличиваясь к югу, солончаковые встречаются спорадически близ озер.

Основные направления ведения лесного хозяйства в районе – создание культур сосны в лесопригодных условиях произрастания и повышение биологического разнообразия методом предварительных лесных культур в березовых насаждениях.

2. *Просветско-Бариновский* лесорастительный район представляет собой всхолмленную равнину. Здесь широко распространены послетретичные песчаные отложения, на которых сформировались светло-серые оподзоленные почвы. Лесистость района довольно высокая, более 30 %. Массивы сосновых боров занимают 85 % площади всех насаждений. Остальные насаждения представлены березой, в основном это березняки на пониженных местах (13 %). Лесовосстановительные условия хорошие.

Повышение производительности леса осуществляется переводом производных березняков лесоводственными методами в сосновые насаждения и созданием культур сосны на вырубках.

3. *Альменево-Бродокалмакско-Чащинский* район расположен в основном в восточной части Челябинской и частично в западной части Курганской областей. Территория района представляет собой плоскую равнину с множеством озер и западин. Здесь широко распространены третичные отложения, представленные засоленными глинами. Почвенный покров очень пестрый. Основной фон образуют черноземы солонцеватые и различные солонцы. Много осолодевающих почв. Черноземы выщелоченные и обыкновенные, а также осолоделые почвы составляют около 30 % площади района. Лесистость южной части района 3 ... 13 %, на севере увеличивается до 17 ... 20 %. Основная лесообразующая порода береза. Редкие и небольшие по площади сосновые боры приурочены к древним песчаным отложениям, на долю сосновых насаждений приходится 27 %. Остальная покрытая лесной растительностью площадь занята коренными березняками, их доля в понижениях 53 %.

На межколочных площадях преобладают солонцовые типы условий произрастания, среди которых значительно распространен солонцовый тип удовлетворительной лесопригодности, однако эти площади занимают лишь хорошо выраженные повышенные участки местности. Солончаковый (нелесопригодный) тип встречается, главным образом, по периферии озер.

Неблагоприятные природные условия района требуют разработки специальных мероприятий, обеспечивающих успех лесовыращивания. Основное внимание при лесовосстановлении должно уделяться культурам березы и ее естественному возобновлению.

4. *Марайский* лесорастительный район древнепесчаных отложений и солонцово-солончаковых условий произрастания расположен в северо-восточной части Курганской области. Рельеф равнинно-грядный, гряды хорошо выражены. Лесная растительность представлена березовыми колками, приуроченными к западинам, и сосновыми борами на гривах. Лесистость района около 20 %. Площадь насаждений примерно поровну занимают сосняки и коренные березняки, среди последних преобладают насаждения на пониженных местоположениях, для которых характерны солонцы, осолодевающие почвы, солоды.

Для повышения производительности насаждений следует производные березняки переводить в сосняки, используя лесоводственные и лесокультурные меры, и создавать культуры березы на пониженных местоположениях.

5. *Петухово-Варгашинский* лесорастительный район преобладания солонцовых типов условий произрастания расположен в юго-восточной части Курганской области почти на плоской равнине. В районе много озер, нет дренажа, рельеф равнинный. В почвенном покрове черноземы обыкновенные и солонцеватые сочетаются с солонцами. Солонцы и солонцеватые почвы располагаются крупными массивами.

Лесная растительность представлена березовыми колками, среди которых преобладают насаждения на пониженных местоположениях с комплексным почвенным покровом (87 %). Повсеместно распространены солонцовые типы лесорастительных условий (91 %). Лесистость района 5 ... 13 %. Лесопригодные условия произрастания наблюдаются на немногочисленных малозаметных повышениях. Резко континентальный климат с частыми засухами и широкое распространение солонцовых типов затрудняют лесовыращивание. При лесовосстановлении и лесоразведении следует особенно тщательно учитывать лесорастительные условия лесокультурных площадей и относиться с повышенным вниманием к агротехнике создания культур.

Предлагаемое лесорастительное районирование должно служить основой для лесохозяйственных мероприятий и разработки специализированных районирований. Зауральская лесостепь относится к засушливой лесодефицитной зоне агролесомелиоративного использования лесного фонда [5], что определяет большую долю работ, связанных с лесовосстановлением и лесоразведением. В первом и втором лесорастительных районах необходимо обратить внимание на повышение производительности лесов путем перевода производных березняков в сосновые насаждения. Это же относится к лесам четвертого района. Ценность березовых насаждений в группе березняков на осолоделых почвах и черноземах во всех районах может быть повышена различными приемами, в том числе использованием предварительных культур для замены порослевых насаждений березняками семенного происхождения и сосной. На пустырях межколочных пространств с зональными почвами и солонцами хорошей лесопригодности в первом лесорастительном районе сосна к 45 годам формирует древостои с запасом древесины до 300 м³/га [10].

В третьем, четвертом и пятом лесорастительных районах необходимо обратить внимание на выращивание березы. При подготовке почвы для посадки семян создавать микроповышения. В связи с опасностью периодического затопления насаждений необходим мониторинг за их состоянием с тем, чтобы предупредить и сократить ущерб лесному хозяйству от внутривековой цикличности климата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Арефьева, В.А.* О подтоплении лесов грунтовыми водами [Текст] / В.А. Арефьева, А.О. Кеммерих // Лесн. хоз-во. – 1951. – № 8. – С. 412–413.
2. *Бахарева, А.Ф.* Почвы Курганской области [Текст] / А.Ф. Бахарева. – Курган: Изд-во газеты «Красный Курган», 1959. – 152 с.
3. *Забрасаев, Н.С.* О типологии колючных березовых лесов Западно-Сибирской низменности [Текст] / Н.С. Забрасаев // Ботан. журн. – 1963. – № 6. – С. 785–796.
4. *Колесников, Б.П.* Зонально-географические системы ведения лесного хозяйства – научная основа его интенсификации на Урале [Текст] / Б.П. Колесников // Леса Урала и хозяйство в них. – Свердловск: Ср.-Урал. кн. изд-во, 1978. – Вып. 11. – С. 3–16.
5. *Колесников, Б.П.* Лесорастительные условия и лесохозяйственное районирование Челябинской области [Текст] / Б.П. Колесников // Тр. Ин-та биологии УФАН СССР. – 1961. – Вып. 26. – С. 3–45.
6. *Кузьмичев, В.В.* Типы леса и особенности роста березняков [Текст] / В.В. Кузьмичев // Организация лесного хозяйства в некоторых категориях лесов Сибири. – Красноярск: Краснояр. кн. изд-во, 1963. – С. 40–60.
7. *Соловьев, Ф.А.* Материалы к типологии островных сосновых лесов При-тобольша и южной части Челябинской области [Текст] / Ф.А. Соловьев // Тр. Ин-та биологии УФАН СССР. – Свердловск, 1960. – Вып. 19. – С. 7–97.
8. *Ступина, Н.М.* Геоморфология Зауральской лесостепи [Текст] / Н.М. Ступина // Там же. – С. 5–22.
9. *Сухих, Л.Г.* Агроклиматические особенности [Текст] / Л.Г. Сухих, Г.С. Халевицкая // Агроклиматический справочник по Курганской области. – Л.: Гидро-метеоиздат, 1959. – С. 13–24.
10. *Фрейберг, И.А.* Лесорастительные условия лесостепного Зауралья [Текст] / И.А. Фрейберг // Лесоведение. – 1987. – № 5. – С. 3–10.
11. *Шнитников, А.В.* Изменчивость общей увлажненности материков Северного полушария [Текст] / А.В. Шнитников // Зап. Геогр. о-ва СССР. Нов. сер. – Т. 16. – М., 1957. – 337 с.

Ботанический сад УрО РАН

Уральский государственный
лесотехнический университет

Поступила 14.10.05

I.A. Freiberg, S.V. Zalesov, N.A. Lugansky

Forest-growing Zoning of Trans-Ural Forest-steppe

Five forest-growing zones of trans-Ural forest-steppe are mapped taking into account specific character of forest-growing conditions and forest cover; the zones can serve as the basis for planning forest management measures and special zoning development.

УДК 630*892.6:674.032.475.4

В.М. Максимов

Максимов Владимир Михайлович родился в 1949 г., окончил в 1975 г. Воронежский лесотехнический институт, кандидат биологических наук, доцент, декан лесохозяйственного факультета Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет 67 печатных работ в области изучения биосистематики древесно-кустарниковых пород России.



ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ СМОЛОПРОДУКТИВНОСТИ С СОДЕРЖАНИЕМ МОНОТЕРПЕНОВ *Pinus sylvestris* L. В УСЛОВИЯХ УСМАНСКОГО И ХРЕНОВСКОГО БОРОВ

На основе исследования индивидуального состава живицы и эфирного масла хвои типов леса Усманского и Хреновского боров Воронежской области проведено распределение всех изученных деревьев в пределах ранее установленных типов и групп биосинтеза монотерпенов. Полученные результаты указывают на различный внутренний структурный фон каждого изучаемого объекта по этому признаку.

Ключевые слова: эфирное масло, терпентинное масло, монотерпены, биосинтез, тип леса, живица, смолопродуктивность.

Исследователи, занимающиеся изучением монотерпенов в живице и хвойном эфирном масле сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), приводят данные о возможности использования показателей его состава в решении вопросов о повышении эффективности селекционного отбора [1–3].

В насаждениях сосны обыкновенной, произрастающих в одинаковых условиях, деревья различаются по содержанию монотерпенов терпентинного и эфирного масел и такому важному для лесного хозяйства показателю, как смолопродуктивность, т. е. массе живицы, получаемой с единицы площади за единицу времени [1].

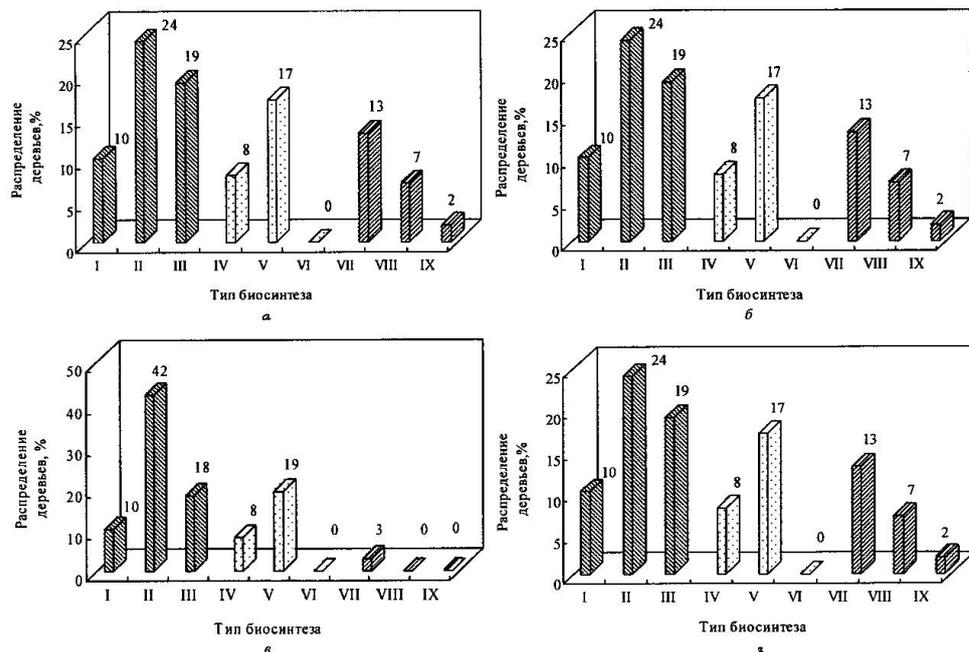
Объектами для исследования служили естественные древостои, лесные культуры, семенные плантации, посевы и посадки сосны обыкновенной Воронежской, Липецкой и Тамбовской областей Центрально-Черноземного района. Изучены уникальные 130–230-летние насаждения сосны обыкновенной Хреновского бора, выделенные как памятники природы и особо ценные лесные массивы, сохранившиеся в типичных условиях местопроизрастания сосны. Это участки в кварталах 511 (урочище «Заказник»), 258 (урочище «Морозовская роща»), 17, 65, 124 (урочище «Элита»), 494 (урочище «Здоровье»).

Сделана попытка сравнить насаждения сосны обыкновенной Усманского бора в различных условиях произрастания по типам биосинтеза монотерпенов эфирного масла хвои. Типы леса выделены в соответствии с рекомендациями Е.М. Синицына и классификацией типов леса Усманского бора [5, 6]. Анализ показал, что для сосны обыкновенной на территории Усман-

ского бора характерны три основных типа биосинтеза монотерпенов (с определенным составом основных компонентов фракции α -пинена и Δ^3 -карена): каренистый, промежуточный и пиненистый.

Выделение типов биосинтеза имеет принципиальное значение для характеристики исследуемых популяций. Данные о распределении деревьев сосны обыкновенной по типам биосинтеза монотерпенов эфирного масла хвои в различных типах леса Усманского бора представлены на рисунке.

В связи с этим производили отбор проб и статистически контролировали его результаты [7]. Обработка хроматограмм, полученных при анализе хвойных экстрактов, показывает, что устойчивый выход основных компонентов монотерпеновой фракции эфирного масла сосны обыкновенной (α -пинен и Δ^3 -карен) устанавливается при экстрагировании диэтиловым эфиром проб хвои массой 2 г и более. Влияние времени (24, 48 и 72 ч), в течение которого отбирали пробы живицы, не сказалось на качестве хроматограмм и выходе компонентов монотерпеновой фракции терпентинного масла. Различия между показателями двух методов при уровне значимости 5 % недостоверны.



Распределение деревьев сосны обыкновенной по типам биосинтеза: а – сосняк лишайниковый ($A_{0,1}$); б – сосняк зеленомошниковый (A_2); в – сосняк черничниковый (B_3); г – сосняк травяно-болотный (B_4); I – III – пиненистый; IV – VI – промежуточный; VII – IX – каренистый тип биосинтеза

Полученные результаты позволяют рекомендовать метод экстрагирования, обеспечивающий достаточную точность опыта и не требующий сложного оборудования при использовании в массовых анализах.

В настоящее время наибольшую информацию по этому вопросу дают исследования ряда авторов [2, 3, 8], которые указывают на достаточно большое разнообразие полученных результатов.

В связи с разноречивостью имеющейся информации и полным отсутствием исследований сопряженности смолопродуктивности с составом хвойного эфирного масла необходимо продолжить эти исследования, что важно для решения проблем создания высокопродуктивных насаждений сосны обыкновенной на генетико-селекционной основе.

При изучении структуры типов леса Усманского и Хреновского боров по составу монотерпеновой фракции хвойного эфирного масла сосны обыкновенной накопился определенный фактический материал, который позволит рассмотреть вопрос о смолопродуктивности сосны в пределах изученных объектов.

На основе исследования индивидуального состава живицы и эфирного масла хвои проведено распределение смолопродуктивности всех изученных деревьев в пределах ранее установленных по содержанию α -пинена и Δ^3 -карена типов и групп биосинтеза монотерпенов. Типы биосинтеза определены на основе изучения монотерпеновой фракции хвойного эфирного масла, и использование их при распределении деревьев надо рассматривать как разделение всей выборки на более мелкие группы по содержанию основных компонентов для изучения динамики смолопродуктивности.

Отмечена большая внутрипопуляционная изменчивость при изучении химического состава эфирных масел и скипидаров различных видов сосен [9, 10].

С учетом сказанного изучали состав монотерпеновой фракции эфирного масла более чем у 2 тыс. деревьев сосны обыкновенной. Выделено 9 групп, объединенных в три типа биосинтеза монотерпенов эфирного масла. Характеристика типов биосинтеза монотерпенов по содержанию α -пинена и Δ^3 -карена в ЭМ хвои сосны приведена в таблице.

Тип биосинтеза	Группа	Содержание компонентов, %	
		α -пинен	Δ^3 -карен
Пиненистый	I	≥ 54	≤ 12
	II	42 ... 54	18 ... 30
	III	31 ... 41	12 ... 24
Промежуточный	IV	18 ... 30	18 ... 30
	V	31 ... 41	31 ... 41
	VI	42 ... 48	42 ... 48
Каренистый	VII	12 ... 24	31 ... 41
	VIII	18 ... 30	12 ... 54
	IX	≤ 12	≥ 54

Число групп и содержание компонентов устанавливали, классифицируя выборки для определения меры близости многомерных объектов и границ между однородными группами по результатам реципрокного контролируемого скрещивания.

Анализ полученных данных в целом показывает, что наибольшую продуктивность по выходу живицы на одного дерева имеют типы леса в наилучших условиях местопроизрастания. В Усманском бору это сосняк травяно-болотный ($\bar{x} = 4,2 \pm 0,7$ г), в Хреновском сосняк пристеппной ($\bar{x} = 5,4 \pm 0,7$ г). Наименьшая продуктивность отмечена в типах леса с жесткими условиями среды обитания – в сосняках лишайниковых (соответственно $\bar{x} = 2,3 \pm 0,5$ г и $\bar{x} = 3,9 \pm 0,8$ г). Наименьший выход живицы в сосняке черничниковом Усманского бора ($\bar{x} = 2,3 \pm 0,2$ г) является не показателем его продуктивности, а результатом резкого понижения температуры окружающего воздуха от 26 до 18 °С в период сбора живицы. Все это дополнительно подтверждает установленную связь смолопродуктивности сосны обыкновенной с почвенными и климатическими факторами [1].

Результаты статистической обработки показателей смолопродуктивности четырех типов леса Усманского бора, распределенных по группам в зависимости от процентного содержания α -пинена и Δ^3 -карена в составе монотерпенов живицы, показывают, что различия средней смолопродуктивности групп и типов от общей средней смолопродуктивности недостоверны при наивысшем пороге вероятности безошибочного суждения. Исключением являются минимальные выборочные средние для сосняка лишайникового группы IV ($\bar{x} = 1,5 \pm 0,2$ г) и сосняка травяно-болотного группы I ($\bar{x} = 3,1 \pm 0,3$ г), отсутствие достоверных различий для них установлено при 1%-м уровне значимости.

Анализ вариаций показателей смолопродуктивности каждой группы в общей совокупности по каждому типу леса показал, что наблюдаемую разницу в дисперсиях массы живицы различных групп и типов нельзя признать существенной. Для сосняка травяно-болотного критерий Фишера (F) в большинстве случаев приближается к 1, отсутствие различий можно ожидать при 1 %-м уровне значимости.

Максимальная средняя смолопродуктивность сосняка черничникового для группы VII равна $2,5 \pm 0,1$ г, сосняка травяно-болотного для группы II – $5,3 \pm 0,7$ г, сосняка лишайникового для группы VIII – $2,9 \pm 0,8$ г.

Минимальная средняя смолопродуктивность также отмечена в разных группах всех изученных типов леса Усманского бора. Таким образом, при индивидуальном распределении смолопродуктивности деревьев сосны обыкновенной Усманского бора и анализе изменчивости средних значений по группам в зависимости от содержания в живице α -пинена и Δ^3 -карена установлено, что особи с разной 24-часовой смолопродуктивностью представлены в различных группах.

Достоверность различий выборочных средних групп от средних типов биосинтеза и генеральной средней типа леса подтверждаются при 5 %-м уровне. Разница в дисперсиях массы живицы выделенных групп в сравнении с дисперсиями массы живицы типов биосинтеза и всей выборки в объеме типа леса в 9 случаях из 10 признается существенной при 5 %-м уровне значимости.

В этой связи пиненистый тип биосинтеза с $\bar{x} = 4,2 \pm 0,2$ г сосняка лишайникового и промежуточный с $\bar{x} = 3,5 \pm 0,2$ г сосняка зеленомошникового имеют достоверные различия от генеральной средней своих типов леса. Максимальная смолопродуктивность для сосняка черничникового определена в III группе пиненистого типа ($\bar{x} = 2,8 \pm 0,1$ г); для сосняка травяно-болотного во II группе того же типа биосинтеза ($6,5 \pm 0,6$ г); для сосняка зеленомошникового в группе IV промежуточного типа ($\bar{x} = 5,1 \pm 0,5$ г) и сосняка лишайникового во II группе пиненистого типа биосинтеза ($\bar{x} = 4,4 \pm 0,2$ г).

Минимальный выход живицы в сосняке черничниковом ($\bar{x} = 1,6 \pm 0,1$ г) установлен у группы II пиненистого типа; в сосняках: зеленомошниковом ($\bar{x} = 1,7 \pm 0,3$ г) и лишайниковом ($\bar{x} = 1,5 \pm 0,3$ г) в группах VIII и VII каренистого типа; в сосняке травяно-болотном ($\bar{x} = 2,9 \pm 0,5$ г) в группе V промежуточного типа.

Сведения о распределении смолопродуктивности по типам биосинтеза хвойных эфирных масел указывают на формирование групп деревьев сосны, которые по количеству выделившейся живицы отличаются от средней величины, приходящейся на одно дерево, в пределах как типа биосинтеза монотерпенов, так и всей выборки для изучаемого типа леса.

Проведенный по составу живицы анализ распределения показателей 24-часовой смолопродуктивности по методике ЦНИИЛГиС [4] деревьев трех типов леса Хреновского бора показал аналогичное отсутствие достоверных различий средних значений отдельных групп от общей средней всей выборки каждого типа леса при 5 %-м уровне значимости. Но как и в сосняках травяно-болотном и лишайниковом Усманского бора, в Хреновском бору максимальные средние различия в сосняке пристепном для групп I, IV, V, а в сосняке лишайниковом для группы V могут наблюдаться при втором пороге точности, и изменчивость массы живицы в группах I и IV сосняка пристепного бора существенно отличается от показателей других групп ($F_{I,0,5} = 18,0$; $F_{IV,0,5} = 5,29$).

Самая высокая смолопродуктивность у сосны пристепного бора в группе II ($\bar{x} = 71,7 \pm 11,7$ г), самая низкая в группе IV ($\bar{x} = 34,1 \pm 4,5$ г); для сосняка молиниевое соответственно для групп IV ($\bar{x} = 54,2 \pm 3,0$ г)

и III ($\bar{x} = 32,2 \pm 7,2$ г); для сосняка лишайникового наибольшая в группе IV ($\bar{x} = 53,0 \pm 5,6$ г), наименьшая в группе VII ($\bar{x} = 30,2 \pm 7,4$ г).

По составу живицы в пределах изучаемой выборки деревьев с разной смолопродуктивностью распределились по всем принятым группам без отклонений от распределения изучаемых выборок для каждого типа леса. Группы с максимальной и минимальной средней смолопродуктивностью для изучаемых типов леса неоднородны и представлены различным соотношением α -пинена и Δ^3 -карена.

При исследовании средних значений, полученных в результате индивидуального распределения смолопродуктивности сосны по группам и типам биосинтеза монотерпенов в эфирном масле хвои, отмечены группы деревьев с однородным выходом живицы. В сосняке пристепного бора это группы I, II, III, VIII и IX, в молиниевом II, III, VII, в лишайниковом III и V. В связи с этим промежуточный тип биосинтеза сосняка молиниевого и каренистый сосняка лишайникового имеют существенную разницу в дисперсиях массы живицы с остальными типами биосинтеза ($F_{m05} = 2,29$; $F_{л05} = 11,2$).

Максимальная смолопродуктивность ($\bar{x} = 71,5 \pm 2,6$ г) определена у сосняка пристепного бора в группе II для пиненистого типа биосинтеза, минимальная ($\bar{x} = 28,5 \pm 1,7$ г) в группе VIII для каренистого; у сосняка молиниевого максимальная ($\bar{x} = 60,7 \pm 0,8$ г) в группе V промежуточного типа, минимальная ($\bar{x} = 34,6 \pm 3,0$ г) в группе IV этого же типа; у сосняка лишайникового наибольшая ($\bar{x} = 60,7 \pm 1,0$ г) наблюдается в группе VIII каренистого типа, наименьшая ($\bar{x} = 24,0 \pm 1,2$ г) в группе II.

Полученные результаты указывают на различный внутренний структурный фон каждого изучаемого объекта по этому признаку [8]. Наличие однородных групп имеет место в типах биосинтеза для монотерпеновой фракции хвойного эфирного масла, но только для сосняков лишайникового и черничникового Усманского бора. Они совпадают с установленными максимальными и минимальными показателями смолопродуктивности. Другие типы леса характеризуются определенной однородностью групп и положением максимума и минимума смолопродуктивности. Наряду с этим, если все исследованные 1443 дерева сосны обыкновенной Усманского и Хреновского боров принять за совокупность основной выборки, то получается, что она состоит из 690 (48 %) деревьев с преобладанием α -пинена в монотерпеновой фракции, 526 (36 %) – с примерно равным содержанием α -пинена и Δ^3 -карена и 227 (16 %) – каренистого типа, из них 35 % деревьев приходится на сосняк лишайниковый Хреновского бора.

Если из всей совокупности исключить 30 ... 40 % деревьев средней и примыкающей к ней смолопродуктивности, связь между выходом живицы и содержанием α -пинена и Δ^3 -карена в составе монотерпенов будет вполне реальна. Наиболее интересны выделенные совокупности деревьев с одно-

родной смолопродуктивностью при распределении ее по составу эфирного масла хвои.

Выводы

1. В изучении популяционной структуры сосны обыкновенной возможно такое направление, как детальное исследование насаждений, в пределах которых производится отбор высокосмолопродуктивных деревьев.

2. Эти деревья проверяют как по составу монотерпеновой фракции, так и по семенному потомству.

3. Испытание семенного потомства по изучаемому признаку особенно важно при закладке семенных плантаций, так как закономерность наследования состава монотерпенов в живице и смолопродуктивности [3, 5] не гарантирует получения потомства только с желательными свойствами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ворончихин, Н.З.* Изменчивость смолопродуктивности деревьев в зависимости от морфологических признаков в сосняках верхней Камы [Текст]: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Н.З. Ворончихин. – Свердловск, 1973. – 24 с.

2. *Высоцкий, А.А.* Монотерпены терпентинных масел в различных по смолопродуктивности формах сосны обыкновенной [Текст] / А.А. Высоцкий, Ю.А. Акимов // Растит. ресурсы. – 1981. – Т. 17, вып. 2. – С. 239–245.

3. *Высоцкий, А.А.* Селекция сосны обыкновенной на смолопродуктивность и рекомендации по созданию насаждений целевого назначения [Текст]: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Высоцкий Анатолий Алексеевич. – Брянск, 2002. – 38 с.

4. *Максимов, В.М.* Динамика смолопродуктивности сосны в основных типах леса Усманского и Хреновского бора [Текст] / В.М.Максимов // Лесной и химический комплексы – проблемы и решения (экологические аспекты): материалы Всерос. науч.-практ. конф. / Сибир. гос. технол. ун-т, 12-14 мая 2004 г. – Красноярск, 2004. – С. 137–142.

5. *Ремизова, Г.П.* Типы леса Воронежского государственного заповедника [Текст] / Г.П. Ремизова // Тр. – Воронеж, 1959. – Вып. 8 – С. 187–231.

6. *Синицын, Е.М.* Коренные и производные типы сосняков Усманского и Хреновского боров [Текст] / Е.М. Синицын. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1982. – 22 с.

7. *Чернодубов, А.И.* Состав эфирного масла и скипидаров индивидуальных деревьев сосны обыкновенной [Текст] / А.И. Чернодубов, Р.И. Дерюжкин, Р.Д. Колесникова // Гидролиз. и лесохим. пром-сть. – 1978. – № 2. – С. 10–11.

8. *Чудный, А.В.* Структура популяций сосны обыкновенной в разных экологических условиях [Текст] / А.В. Чудный // Экология. – 1979. – № 1. – С. 37–43.

9. *Mirov, N.T.* Chemical composition of the turpentines of same cattern neoliteranean pines in the relation to their dussibication [Text] / N.T. Mirov, E. Zavarin, K. Snaberk // Phytochemistry. – 1967. – N 4. – P. 75–79.

10. *William, A.L.* Composition of gum turpentines from twenty two species of pines grown in New Zealand [Text] / A.L. Williams, M.N. Bannister // J. Pharm. Sci. – 1962. – Vol. 51, N 10. – P. 970–975.

Воронежская государственная
лесотехническая академия

Поступила 10.03.05

V.M. Maksimov

Study on Interaction of *Pinus sylvestris* L. Resin Productivity with Monoterpane Content in Usman and Khrenovsk Pine Forests

The distribution of all trees studied within the range of preset types and groups of monoterpane biosynthesis is carried out based on research of specific content of turpentine and needles' ethereal oil characteristic of forest types in Usman and Khrenovsk districts of the Voronesh region. The results received reflect the different inner structural background of every object studied according to this characteristic.

УДК 630*181.28

О.Ф. Буторова, К.В. Шестак

Буторова Ольга Федоровна родилась в 1944 г., окончила в 1967 г. Сибирский технологический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры селекции, лесных культур и озеленения Сибирского государственного технологического университета. Имеет около 250 печатных работ в области искусственного лесовыращивания.



Шестак Кира Валентиновна родилась в 1975 г., окончила в 1997 г. Красноярскую государственную технологическую академию, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры селекции, лесных культур и озеленения Сибирского государственного технологического университета. Имеет около 40 печатных работ в области интродукции древесных растений в условиях юга Средней Сибири.



**ФЕНОЛОГИЯ ИНТРОДУЦЕНТОВ В ДЕНДРАРИИ
СИБИРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИ-
ЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Приведены результаты интродукционных исследований в дендрарии СибГТУ. Дана оценка адаптивной способности древесных интродуцентов в сложных экологических условиях юга Средней Сибири на основании регулярных фенологических наблюдений.

Ключевые слова: интродукция, дендрарий, адаптивная способность, фенологические наблюдения, изменчивость.

В процессе эволюции каждый вид формировался в определенных границах экологической обстановки. Поэтому успех интродукции в значительной мере зависит от амплитуды адаптивной изменчивости растений, основанной на генотипических особенностях биотипов, проявляющихся под воздействием экзогенных факторов [5].

При оценке степени адаптации интродуцентов применяются различные методы, основанные на изучении признаков, коррелирующих с высокой устойчивостью. К ним относятся ритмы роста и сезонного развития растений, определяющиеся по результатам систематических фенологических наблюдений, которые позволяют унифицировать анализ адаптации видов с данными других интродукционных пунктов [1, 4].

Наши исследования направлены на выявление перспективности интродукции древесных видов в резко-континентальных условиях юга Средней Сибири. Для установления соответствия фенологических ритмов интродуцированных видов новым условиям в период с 1997 г. по 2003 г. были изучены сезонно-ритмические изменения развития растений в дендрарии Сибирского государственного технологического университета.

Дендрарий площадью 8 га, расположенный в пригородной зоне г. Красноярска, заложен в 1948 г. и насчитывает в настоящее время более 160 видов деревьев, кустарников и лиан различных флористических зон. Согласно лесорастительному районированию, участок расположен на стыке Чулымо-Кетского южно-таежного района темнохвойных лесов и Восточно-Саянского горно-таежного района сосново-кедрово-пихтовых лесов. Преобладающие почвы – светло-серые лесные среднесуглинистые слабоподзоленные. В пахотном горизонте содержится 2,5 ... 2,8 % гумуса, рН 6,0 ... 6,8. Климат района суровый, с большими годовым и суточным колебаниями температур (средняя температура воздуха в январе –14,6, в июле +18,9 °С), зимой температура опускается до –44,1 °С. Безморозный период длится 120 ... 150 дн. Годовое количество осадков 430 мм. Сумма эффективных температур воздуха за период вегетации колеблется от 1400 до 2000 °.

Детально изучены и проанализированы фенологические особенности 58 видов растений по общепринятым методикам [1, 2, 6]. Адаптивную способность растений на основе фенологических данных определяли интегрированным количественным методом, при котором оценивали весь комплекс изучаемых фенологических фаз с учетом знаков их отставания или опережения относительно нормы, общей для данного массива видов; за норму принимали сроки прохождения фенофаз аборигенными видами [3]. Уровень изменчивости изучаемых признаков оценивали по шкале М.Л. Дворецкого. Для общей характеристики климатических условий вегетационных периодов применяли метод Госсена-Вальтера [2].

Выбор исследуемых видов обусловлен перспективностью введения в культуру, способностью растений к семенному и вегетативному размножению, что дает возможность их массовой репродукции. Все виды условно были разделены на четыре группы (дальневосточная, сибирская, европейская, североамериканская флоры).

Анализ погодных условий 1997–2003 гг. показал, что наибольшие отклонения среднемесячных значений температуры воздуха за исследуемый период от среднеголетних отмечены в мае и июле (табл. 1). Превышение

Таблица 1

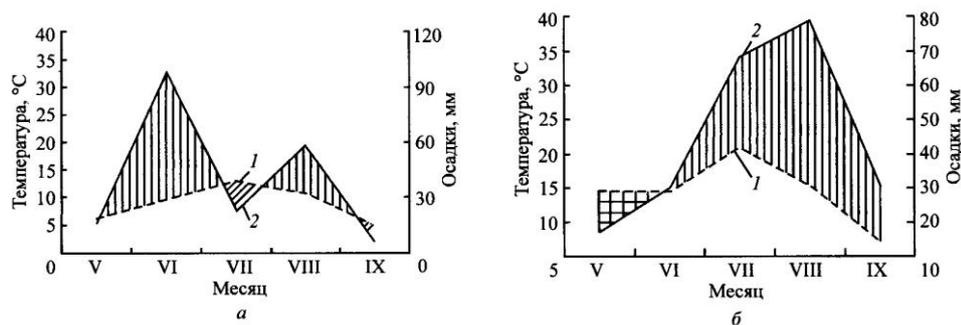
**Среднемесячные температура воздуха и количество осадков
за период вегетации (по данным метеостанции г. Красноярска)**

Год	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
	Температура, °С				
1997	11,1	14,7	17,9	15,7	9,9
1998	9,6	13,9	21,0	19,7	10,8
1999	14,6	14,5	20,9	15,4	7,3
2000	10,8	19,4	18,8	17,8	10,8
2001	15,5	19,5	18,1	20,2	10,4
2002	15,7	18,3	20,2	17,3	7,7

2003	13,6	20,9	19,8	17,8	10,2
Средняя за 7 лет	13,0	17,3	16,7	17,7	9,6
Средняя многолетняя	9,1	16,5	19,4	16,3	9,6
Количество осадков, мм					
1997	31,0	113,0	38,0	73,0	21,3
1998	62,0	58,0	30,2	30,0	34,7
1999	17,0	30,0	68,0	79,0	30,8
2000	86,0	31,0	71,0	68,0	33,0
Среднее за 4 года	49,0	58,0	51,8	62,5	30,0
Среднее многолетнее	45,1	57,3	79,3	72,1	43,9

среднего количества осадков над многолетним зафиксировано в мае и июне, остальные месяцы отличались недостаточным увлажнением.

Погодные условия периода исследований были весьма разнообразны (см. рисунок), что позволяет проанализировать данные фенологических наблюдений в зависимости от температурного режима и количества выпавших осадков. У большинства изучаемых видов в 1997 г. вегетация началась



Климатодиаграмма вегетационного периода: *a* – 1997 г.; *b* – 1999 г.; 1 – температура; 2 – влажность; – влажный период; – полусухой период; – засушливый период

и закончилась раньше, чем в другие годы; 1998 г. характеризовался поздним началом вегетации растений, длительным цветением с последующим коротким периодом созревания семян и листопада. В 1999 г. отмечен короткий период вегетации с ранним началом и окончанием цветения, интенсивным листопадом. В 2000 г. зафиксирован длительный период распускания вегетативных почек, непродолжительное цветение и позднее окончание вегетации. В 2001 г. наблюдалось короткое интенсивное цветение, раннее созревание плодов и семян, раннее осеннее расцветивание листьев и окончание вегетации. Вегетационный период 2002 г. отличался ранним началом ростовых процессов, быстрым распуском вегетативных почек, поздним опадением листьев. В 2003 г. у большинства видов отмечено раннее цветение и облиствение побегов.

Анализ фенологических наблюдений по группам объединенных видов позволил выявить следующие особенности: продолжительность периода вегетации у видов сибирской флоры – 136, североамериканских и европейских – 134, дальневосточных – 129 дн. (табл. 2).

Вегетация у интродуцентов начинается позже, чем у аборигенов, в среднем на 3 ... 5 дн. Так, на 10 мая в фазу распускания вегетативных почек среди растений сибирской флоры вступают обычно 71 % видов, североамериканской – 56, европейской – 39, дальневосточной – 16 %; к 20 мая соответственно 100, 89, 89 и 80 %. Более стабильное начало вегетации характерно для североамериканских видов лоха серебристого, шефердии серебристой, европейских клена татарского, миндаля низкого, рябины обыкновенной, дальневосточных курильского чай кустарникового, розы морщинистой; наибольший разброс сроков по годам отмечен у клена ясенелистного, липы мелколистной, скумпии обыкновенной, смородины альпийской, дуба монгольского, ореха маньчжурского, принсеппии китайской.

По времени распускания листьев различие у интродуцентов и сибирских видов составляет в среднем 3-4 дн. Так, в 2000 г. начало фенофазы «распускание листьев» у большинства видов сибирской флоры отмечено

Таблица 2

Средние даты начала фенологических фаз у растений изучаемых флор

Флора	Фенологические фазы					
	РВП	РЛ	РГП	НЦ	СП	ООЛ
Сибирская	5.05±0,5	14.05±1,1	22.05±1,5	6.06±1,4	17.08±1,3	18.09±1,0
Североамериканская	8.05±1,2	17.05±0,3	19.05±0,6	31.05±1,7	21.08±1,5	19.09±0,9
Европейская	8.05±0,3	17.05±1,2	27.05±1,4	5.06±1,2	29.08±1,3	19.09±1,3
Дальневосточная	10.05±1,6	18.05±0,8	29.05±2,1	8.06±3,1	5.09±1,4	16.09±1,4

Примечание. РВП – распускание вегетативных почек; РЛ – распускание листьев; РГП – распускание генеративных почек; НЦ – начало цветения; СП – созревание плодов; ООЛ – осеннее опадение листьев.

18.06 ± 0,5, у североамериканских – 17.05 ± 2,3, у европейских – 20.05±1,3, у дальневосточных – 21.05 ± 1,5. Хронографическая изменчивость данной фенофазы варьировала в пределах 7,3 ... 21,4 % (от умеренной до большой). Максимальной вариабельностью по срокам появления первых облиственных побегов отличалась аморфа кустарниковая, минимальной – черемуха пенсильванская; изменчивость по годам варьировала от слабой до значительной.

По среднемноголетним данным, самое раннее начало распускания генеративных почек отмечено у североамериканских видов, позднее – у дальневосточных. В фазу «начало цветения» изучаемые виды вступали в период 31 мая – 8 июня, продолжительность цветения составляла у сибир-

ских видов – 15, североамериканских – 13, европейских – 12, дальневосточных – 14 дн. Даты начала фенофазы варьируют по годам от 4 ... 7 дн. (яблоня ягодная, сирень обыкновенная, лещина разнолистная, орех маньчжурский, клен мелколистный и др.) до 27 дн. (крушина ломкая). Созревание плодов и семян наступает вначале у сибирских видов, затем у североамериканских и европейских, позже всех – у дальневосточных (отличие в сроках по сравнению с аборигенными видами составляет в среднем соответственно 4, 12 и 19 дн.).

Ранним началом листопада (20 августа – 5 сентября) отличаются яблоня ягодная (сибирская флора); черемухи виргинская и пенсильванская (североамериканская флора); сирень венгерская (европейская флора); барбарис амурский, дуб монгольский (дальневосточная флора); поздним (25 сентября – 10 октября) – жестер уссурийский, калина гордовина, пузыреплодник калинолистный, ракитник русский.

В пределах видов индивидуальная изменчивость начала фенофаз у ранних и поздних особей составляла 2 ... 9 дн. (уровень изменчивости от слабого до значительного).

При проведении интегрированной количественной оценки видов минимальная фенологическая атипичность (0,14) оказалась у представителей североамериканской флоры; у европейских видов она равна 0,16, у дальневосточных – 0,36. По шкале Г.Н. Зайцева [3], данные показатели соответствуют 5 баллам, т. е. виды находятся в нижней половине области нормы (субнормы) или оптимуме для реализации своих фенофаз.

Таким образом, выявлено, что цикл развития большинства видов соответствует вегетационному периоду места интродукции. Умеренный и значительный уровни индивидуальной фенологической изменчивости свидетельствуют о широких адаптационных возможностях видов. Для внедрения в культуру в сложных эколого-климатических условиях юга Средней Сибири выделены перспективные виды и экземпляры, отличающиеся поздним распусканием листьев, ранними сроками созревания семян и завершения вегетации. Высокая оценка устойчивости и семенной продуктивности позволяет прогнозировать возможность успешного размножения отселектированных экземпляров для получения ценного посадочного материала и использования его в городских озеленительных посадках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булыгин, Н.Е. Фенологические наблюдения над листовными древесными растениями [Текст]: пособие по проведению учеб.-науч. исследований / Н.Е. Булыгин. – Л.: ЛТА, 1976. – 70 с.

2. Елагин, И.Н. Методика проведения и обработки фенологических наблюдений за деревьями и кустарниками в лесу [Текст] / И.Н. Елагин // Фенологические методы изучения лесных биогеоценозов. – Красноярск: Ин-т леса и древесины СО АН СССР, 1975. – С. 3–20.

3. Зайцев, Г.Н. Фенология древесных растений [Текст] / Г.Н. Зайцев. – М.: Наука, 1981. – 120 с.

4. *Лапин, П.И.* Сезонный ритм развития древесных растений и его значение при интродукции [Текст] / П.И. Лапин // Бюл. ГБС АН СССР. – 1967. – Вып. 65. – С. 13–18.

5. *Некрасов, В.И.* Естественный и искусственный отбор в интродукции древесных растений [Текст] / В.И. Некрасов // Лесоведение. – 1991. – № 1. – С. 63–66.

6. *Петров, С.А.* Методы количественной генетики в лесной селекции [Текст] / С.А. Петров // Генетика и селекция в лесоводстве. – Воронеж: ЦНИИЛГиС, 1991. – С. 224.

Сибирский государственный
технологический университет

Поступила 03.03.05

O.F. Butorova, K.V. Shestak

**Phenology of Introduced Plants in Arboretum of Siberian
State Technological University**

The results of introduction research in SibSTU arboretum are provided. The adaptive ability of introduced woody plants in complicated ecological conditions of Middle Siberia southern part is assessed based on the regular phenological observations.



УДК 630*31

И.Р. Шегельман, Л.В. Щеголева, В.М. Лукашевич

Шегельман Илья Романович родился в 1944 г., окончил в 1968 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии и оборудования лесного комплекса, директор Карельского НИИ лесопромышленного комплекса ПетрГУ. Имеет более 480 печатных работ, авторских свидетельств и патентов в области организации, экономики и технологии лесопромышленного комплекса.



Щеголева Людмила Владимировна родилась в 1973 г., окончила в 1995 г. Петрозаводский государственный университет, кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной математики и кибернетики ПетрГУ. Имеет около 40 печатных работ в области математического моделирования и информационных технологий в лесопромышленном комплексе.



Лукашевич Виктор Михайлович родился в 1982 г., окончил в 2004 г. Петрозаводский государственный университет, аспирант кафедры технологии и оборудования лесного комплекса ПетрГУ, область научных исследований – технология и организация лесозаготовок.

**ОБОСНОВАНИЕ ПЕРИОДА ЭКСПЛУАТАЦИИ
ЗИМНИХ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ**

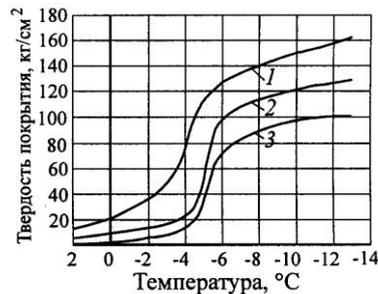
Предложена методика обоснования периодов эксплуатации снежных, ледяных и снежно-ледяных дорог на примере Сегежского района Республики Карелия.

Ключевые слова: лесной фонд, сезонная вывозка, лесовозные дороги.

Территориальные (большая заболоченность, наличие множества рек и озер) и климатические (продолжительные и многоснежные зимы) особенности лесопромышленных регионов страны определяют необходимость разделения лесного фонда на зоны сезонной вывозки. Разработку лесосек со слабыми и заболоченными грунтами ведут в зимний период, создавая дороги с покрытиями из снега и льда.

По плотности и степени льдистости различают три типа покрытий таких дорог: снежные, снежно-ледяные и ледяные (оледененные) с плотностью соответственно 0,50 ... 0,55, 0,57 ... 0,64 и 0,64 ... 0,68 г/см³ [2]. Согласно [2], твердость покрытия 12 ... 15 кг/см² можно принять в качестве

Рис. 1. Зависимость твердости дорожного покрытия от температуры:
1 – ледяной тип покрытия; 2 – снежно-ледяной; 3 – снежный



критерия прочности за минимально допустимую. Из графика (рис. 1) видно, что снежные покрытия плотностью $0,50 \dots 0,55 \text{ г/см}^3$ обладают этой твердостью при температуре от $-4,5$ до $-4,0 \text{ }^\circ\text{C}$, снежно-ледяные – от $-2,7$ до $-1,8 \text{ }^\circ\text{C}$, ледяные – от $1,0$ до $2,0 \text{ }^\circ\text{C}$.

Цель наших исследований – определить ход суточных температур и характер изменения высоты снежного покрова в районе лесозаготовок для распределения лесного фонда на зоны летней и зимней вывозки. Это даст возможность определять сроки начала и окончания эксплуатации зимних лесовозных дорог, число дней их бесперебойной эксплуатации и эксплуатации после наступления оттепели.

Для исследования использованы данные, характеризующие изменения среднесуточных температур и высоты снежного покрова с 1969 г. по 2004 г. в Сегежском районе Республики Карелия. Был построен ряд из суточных температур, который содержит практически незначимый линейный тренд. За один год температура увеличивается примерно на $0,04 \text{ }^\circ\text{C}$. Остальная часть ряда включает ярко выраженную сезонную компоненту, представляющую собой случайную составляющую (белый шум). На основании собранных данных были оценены математическое ожидание и дисперсии среднесуточной температуры и высоты снежного покрова для каждой декады месяца.

Изменение средних температур и границы их разброса представлены на графике (рис. 2). Центральная кривая 1 с маркерами соответствует средним значениям среднесуточной температуры за декаду. Кривые 2 отмечают

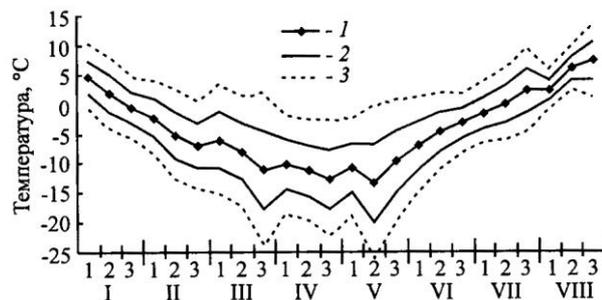
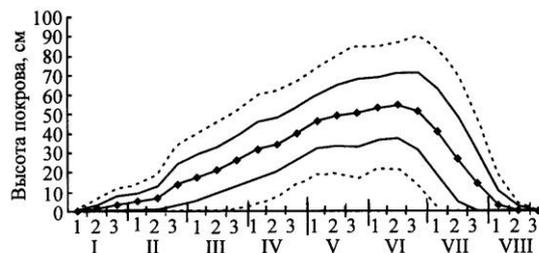


Рис. 2. Изменение среднесуточных температур в Сегежском районе Республики Карелия за период с 1969 г. по 2004 г.: I – VII – месяцы с октября по май; 1 – 3 (на горизонтальной оси) – декады

Рис. 3. Изменение средней высоты снежного покрова в Сегежском районе Республики Карелия за период с 1969 г. по 2004 г. (см. обозначения на рис. 2)



границы среднеквадратического отклонения от среднего, а кривые 3 отражают 95 %-й интервал, в котором находятся значения температуры.

Начало периода с отрицательными температурами выпадает на третью декаду октября, окончание — на вторую декаду апреля; продолжительность периода — в среднем 170 ... 175 дн.; самые низкие температуры — в январе, феврале и третьей декаде декабря; окончание периода с температурными границами от +2 до -4 °С совпадает с промежутком времени от третьей декады марта до третьей декады апреля.

Характер изменения высоты снежного покрова и границы их разброса представлены на рис. 3. Центральная кривая с маркерами 1 соответствует средним значениям высоты снежного покрова за декаду. Кривые 2 отмечают границы среднеквадратического отклонения от среднего, а кривые 3 отражают 95 %-й интервал, в котором находятся значения высоты снежного покрова. Из приведенного графика видно, что постепенное наращивание снежного покрова происходит до второй и третьей декад марта, а затем наблюдается резкое таяние до второй декады мая. Высота снежного покрова преодолевает отметку в 10 см в конце ноября—начале декабря. Устойчивый снежный покров сохраняется 155 ... 165 дн. [3] (с середины ноября до конца апреля). Средняя из наибольших декадных высот снежного покрова на открытых местностях составляет 45 ... 55 см, на защищенных — 60 ... 65 см. Снеготаяние начинается 25–30 марта. Средняя дата окончания периода снеготаяния приходится на 25–30 апреля.

Анализ показал, что при малоснежной зиме отметка 10 см (т. е. к строительству дороги можно приступать при наличии снежного покрова высотой 10 см [2]) будет преодолена в конце второй—начале третьей декады декабря, а при благоприятных обстоятельствах (раннее выпадение снега, быстро установившаяся отрицательная температура) строительство уже может быть начато во второй декаде ноября.

На основании данных о температуре и высоте снежного покрова для каждого года определены даты начала строительства и окончания эксплуатации зимних лесовозных дорог, построены эмпирические функции распределения начала строительства зимних дорог и окончания эксплуатации снежных, снежно-ледяных и ледяных дорог для Сегежского района.

Представленный на рис. 4 график эмпирической функции распределения окончания эксплуатации зимних дорог при наступлении первой

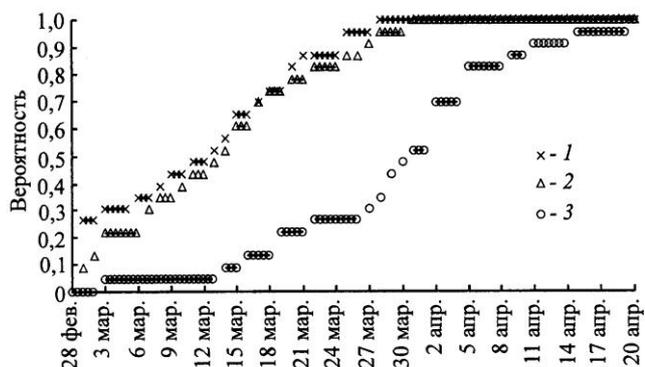


Рис. 4. Вероятность разрушения покрытия зимней дороги до наступления первой оттепели в Сегежском районе Республики Карелия: 1 – снежный тип покрытия, 2 – снежно-ледяной, 3 – ледяной

оттепели отражает вероятность того, что окончание эксплуатации дороги наступит ранее выбранной даты (например, вероятность того, что снежно-ледяная дорога разрушится до 21 марта, составляет 80 %).

За анализируемый промежуток времени разница между датами окончания эксплуатации снежных и снежно-ледяных дорог незначительна и составляет 1-2 дня, а дороги с ледяным покрытием сохраняются значительно дольше. В связи с этим при выборе типа покрытия в первую очередь необходимо учитывать затраты на строительство и содержание зимней дороги. Так как затраты на строительство снежно-ледяных дорог выше, чем снежных [2], а срок их службы увеличивается незначительно, то предпочтение следует отдавать снежным. Исследования показали, что в Сегежском районе снежные дороги можно начинать строить в период со второй декады декабря по первую декаду января.

После наступления оттепели есть вероятность того, что установится отрицательная температура и появится возможность продолжить вывозку леса. Если сопоставлять окончание эксплуатации снежных дорог с наступлением первой оттепели, то вывозка завершится не позднее первой декады марта с вероятностью 40 %. После прекращения оттепели снежные дороги можно эксплуатировать в среднем еще в течение 10 дн. Завершение вывозки по снежно-ледяным дорогам произойдет приблизительно в это же время, т.е. не позднее первой декады марта. При успешном преодолении периодов оттепелей вывозку можно осуществлять еще в среднем 14 дн. При наступлении оттепели для ледяных дорог окончание сезона вывозки придется на третью декаду марта (вероятность 40 %). В связи с большей устойчивостью к оттепелям оледенелых покрытий вывозку по ним можно осуществлять еще в течение 12 дн. после наступления вторичных заморозков.

Согласно анализу данных о температуре и высоте снежного покрова, после оттепели существует возможность производить вывозку в среднем в течение 10, 12, 14 дн. соответственно по снежным, снежно-ледяным и ледя-

ным дорогам. Поэтому с вероятностью 70 % можно утверждать, что снежные, снежно-ледяные и ледяные дороги начнут разрушаться соответственно 5, 7 и 27 марта. Так как разрушение дороги происходит постепенно, то они могут продержаться при наступлении оттепели до заморозков. Для Сеgezского района получены следующие возможные сроки эксплуатации дорог: начиная с 1 марта вывозка может осуществляться по снежным дорогам в течение 15 дн., по снежно-ледяным – 21 дн., по ледяным – 39 дн. Применение ледяного типа покрытия позволяет увеличить срок эксплуатации дороги на 18 дн. по сравнению со снежно-ледяным и на 24 дн. по сравнению со снежным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агроклиматические ресурсы Карельской АССР: справочник [Текст]. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 118 с.
2. Горбов, А.Ф. Строительство, содержание и эксплуатация зимних автомобильных лесовозных дорог в северо-западных районах страны [Текст] / А.Ф. Горбов. – М.: Лесн. пром-сть, 1976. – 44 с.
3. Метеорологический ежемесячник [Текст]. – Вып. 3, часть II. – Л.: Гидрометеиздат, 1969-1990 гг.
4. Морозов, С.И. Зимние дороги в лесной промышленности [Текст] / С.И. Морозов, Ф.А. Павлов, Л.Н. Плакса, Э.Н. Савельев. – М.: Лесн. пром-сть, 1969. – 168 с.
5. Наблюдение гидрометеорологических станций и постов над снежным покровом [Текст]: метеоролог. ежегодник. – Вып. 3а. – Л.: Гидрометеиздат, 1969–1978 гг.

Петрозаводский государственный университет

Поступила 22.09.05

I.R. Shegelman, L.V. Shchegoleva, L.V. Lukashevich
Substantiation of Forest Roads Operating Period

The technique for substantiation of operating periods for snowy, icy and snowy-icy roads based on the example of Segezha region in the Republic of Karelia is proposed.

УДК 621.001

А.В. Питухин

Питухин Александр Васильевич родился в 1948 г., окончил в 1972 г. Ленинградский политехнический институт, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАЕН, заведующий кафедрой технологии металлов и ремонта Петро-заводского государственного университета. Имеет более 80 печатных трудов в области оценки надежности, расчета и проектирования машин.



МЕТОДЫ ТЕОРИИ КАТАСТРОФ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА

Предложен метод оценки вероятности возникновения катастрофы сборки; проанализирована возможность применения методов теории катастроф для проектирования элементов конструкций машин и оборудования лесного комплекса.

Ключевые слова: теория катастроф, катастрофа сборки, проектирование, машины и оборудование лесного комплекса.

Введение в теорию катастроф

Катастрофами называются скачкообразные изменения, возникающие в виде внезапного ответа системы на плавное изменение внешних условий [1, 2]. Создателями теории катастроф являются французский математик Р. Том [13] и российский математик В. Н. Арнольд [1, 2]. Большой вклад в ее развитие внесли Е. Зиман [12, 15], Т. Постон, И. Стюарт [8], Дж. М. Т. Томпсон [9].

Теория катастроф объяснила зависимость экспериментально наблюдаемых форм неустойчивости от числа управляющих параметров. Если имеется только один управляющий параметр, то можно наблюдать лишь катастрофу складки, если два – катастрофу сборки. В классификацию Тома [12] включены семь элементарных катастроф, которые можно наблюдать в окружающем нас мире при воздействии от одного до четырех управляющих параметров.

Большое значение имеет катастрофа сборки, потенциальную функцию которой определяют по формуле

$$V_{ab}(x) = \frac{1}{4}x^4 + \frac{1}{2}ax^2 + bx, \quad (1)$$

а многообразие M катастрофы задают уравнением

$$0 = \frac{d}{dx}V_{ab}(x) = x^3 + ax + b. \quad (2)$$

Поведение поверхности равновесия (или многообразие катастрофы) с ее проекцией на плоскость ab , определяющую управляющие параметры a и b , иллюстрирует рис. 1.

Точка (a, b) , медленно изменяя свои координаты a и b , описывает некоторую траекторию на плоскости ab . Тогда наблюдаемое положение равновесия пройдет путь в M , лежащий над путем в ab . Из-за складок поверхности равновесия M этому пути, возможно, придется перескакивать с одного листа поверхности на другой. Это объясняется тем, что точки многообразия M , расположенной на внутренней поверхности складки, соответствуют неустойчивому состоянию системы. Такой скачок системы (катастрофа) наступает только при выходе из области I , так как у системы не остается другого выбора (принцип максимального промедления Тома). Путь на ab вместе с соответствующей траекторией на поверхности равновесия M показан на рис. 1.

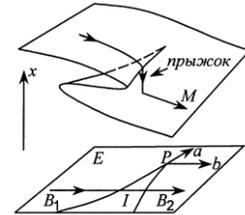


Рис. 1. Катастрофа сборки

ные на внутренней поверхности складки, соответствуют неустойчивому состоянию системы. Такой скачок системы (катастрофа) наступает только при выходе из области I , так как у системы не остается другого выбора (принцип максимального промедления Тома). Путь на ab вместе с соответствующей траекторией на поверхности равновесия M показан на рис. 1.

Кубическое уравнение (2) имеет от одного до трех вещественных корней, природа которых зависит от дискриминанта

$$D = 4a^3 + 27b^2. \quad (3)$$

Пространство управляющих параметров, образующих плоскость ab , разбивают на пять подмножеств: B_1, B_2, P, I, E , изображенных на рис. 1. Катастрофа происходит, когда траектория точки (a, b) покидает область I , при этом D меняет знак с отрицательного на положительный.

Моделирование различного рода систем (механических, термодинамических, экологических, социальных, экономических и др.), в которых плавное изменение параметров может повлечь за собой скачкообразное изменение состояния системы, приводит к описанию свойств этих систем с помощью гладкой функции V . В качестве такой функции используют полную энергию, потенциальную энергию, термодинамические потенциалы [5], функцию тока (геометрия жидкостей), функцию полезности (биология) и т. п. Теория катастроф уже находит применение при исследовании проблем устойчивости тонких упругих оболочек, стержней, пластин, в механике разрушения и т. д. [4, 6, 10, 11, 14]. Методы теории катастроф пока не доведены до решения инженерных задач, однако их можно было бы использовать при проектировании, в том числе, и элементов конструкций машин и оборудования лесного комплекса. Кроме того, совершенно не развит вероятностно-статистический подход. Поэтому развитие вышеуказанных направлений является целью настоящей статьи.

Оценка вероятности возникновения катастрофы сборки

Следует отметить, что изменения управляющих параметров могут быть случайными. Случайными величинами или случайными функциями можно описывать нагрузку, размеры самих элементов вследствие их рассеяния в пределах полей допусков, механические свойства материалов и т. д.

Поэтому представляется целесообразным рассмотреть с позиций теории катастроф вопросы проектирования элементов конструкций при наличии случайных возмущающих факторов.

Рассмотрим со стохастических позиций наиболее важную для практических целей катастрофу сборки (1). Как уже отмечалось, катастрофа происходит, когда траектория точки (a, b) покидает область I , а D меняет знак с отрицательного на положительный. Для определенности положим, что траектория пересекает линию B_2 слева направо. Вероятность возникновения катастрофы

$$\text{Pr} = \text{Pr}\{D > 0\}.$$

Решение этой задачи будет существенно зависеть от конкретных прикладных ситуаций. Рассмотрим случай, когда a и b – случайные величины с математическими ожиданиями \bar{a} и \bar{b} , дисперсиями σ_a^2 и σ_b^2 , плотностью распределения $f_1(a, b)$.

В работах автора [6, 7, 10, 11] для решения данной задачи предложены аналитический метод и метод статистической линеаризации. Оценим математическое ожидание и дисперсию с помощью метода статистической линеаризации:

$$\bar{D} = 4\bar{a}^3 + 27\bar{b}^2; \quad (5)$$

$$\sigma_D^2 = \left(\frac{d\bar{D}}{da}\right)^2 \sigma_a^2 + \left(\frac{d\bar{D}}{db}\right)^2 \sigma_b^2 = 144a^{-4} \sigma_a^2 + 2916b^{-2} \sigma_b^2, \quad (6)$$

где \bar{D} и σ_D^2 – соответственно среднее и дисперсия D .

Для приближенной оценки вероятности катастрофы можно предложить распределение случайной величины D нормальным:

$$f_2(D) = \frac{1}{\sigma_D \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(D - \bar{D})^2}{2\sigma_D^2}\right].$$

В этом случае

$$\text{Pr} = \frac{1}{2} + \Phi\left(\frac{\bar{D}}{\sigma_D}\right), \quad (7)$$

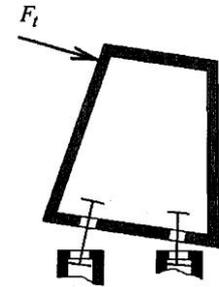
где $\Phi(t)$ – функция Лапласа,

$$\Phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\left(r^2/2\right)} dr.$$

Полученные зависимости (5), (6) и (7) позволяют оценить вероятность безотказной работы различных элементов конструкций машин и оборудования лесного комплекса. Весьма важна и задача оценки энергии деформирования элементов конструкций вплоть до их разрушения. Особенно это касается защитных каркасов кабин лесопромышленных тракторов [3].

Оценка вероятности безотказной работы стержня (пример)

Рассмотрим случай бокового нагружения кабины колесного лесопромышленного трактора ТЛК-1. В данной конструкции основные деформации будут воспринимать защитный каркас и болт его крепления к несущей раме (рис. 2). Несложным пересчетом заменяем защитный каркас эквивалентной пружиной с жесткостью G и деформируемой силой F . Болт моделируем стержнем. Таким образом, получаем условную схему нагружения (рис. 3), энергетически эквивалентную исходной.



Представим сопротивление стержня растяжению в виде зависимости

Рис. 2. Схема нагружения кабины трактора

Рис. 3. Условная схема нагружения кабины трактора



$$F = Ax - Cx^3, \quad (8)$$

где F – нагрузка;

A и C – эмпирические коэффициенты;

x – абсолютное удлинение стержня.

Диаграмма растяжения стержня, описываемая зависимостью (8), представлена на рис. 4. Такие полные диаграммы деформирования (с падающей ветвью) могут быть получены на испытательных установках с большой жесткостью. В нашем случае жесткость защитного каркаса должна существенно превышать жесткость болта.

Полная потенциальная энергия системы определяется произведением соответствующих сил на перемещения:

$$V = \frac{1}{2} Q(z - x) + \frac{1}{2} Fx,$$

где Q – сила сопротивления деформации эквивалентной пружины;

z – условное перемещение активного конца эквивалентной пружины.

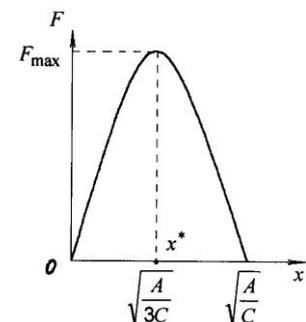


Рис. 4. Полная диаграмма растяжения стержня

Выразив силы через перемещения, будем иметь

$$2V = G(z - x)(z - x) + (Ax - Cx^3)x.$$

После преобразований получим

$$2V = -Gx^4 + (A + C)x^2 - 2Gxz + Gz^2.$$

Аналогичное выражение описывает катастрофу сборки. Поверхность равновесия M определяется уравнением

$$\frac{dV}{dx} = x^3 + ax + b = 0,$$

где $a = \frac{A + G}{2C}$; $b = \frac{Gz}{2C}$.

Пусть A , C , G и z – случайные величины со средними \bar{A} , \bar{C} , \bar{G} , \bar{z} и дисперсиями σ_A^2 , σ_C^2 , σ_G^2 , σ_z^2 . Согласно методу статистической линеаризации,

$$\bar{a} = \frac{\bar{A} + \bar{G}}{2\bar{C}}; \quad \sigma_a^2 = \frac{1}{4\bar{C}^2} \left[\sigma_A^2 + \sigma_G^2 + \left(\frac{\bar{A} + \bar{G}}{\bar{C}} \right) \sigma_C^2 \right]; \quad (9)$$

$$\bar{b} = \frac{\bar{G}\bar{z}}{2\bar{C}}; \quad \sigma_b^2 = \frac{1}{4\bar{C}^2} \left[\bar{z}^2 \sigma_G^2 + \bar{G}^2 \sigma_z^2 + \left(\frac{\bar{G}\bar{z}}{\bar{C}} \right) \sigma_C^2 \right]. \quad (10)$$

Используя формулы (5)–(7) и (9), (10), можно определить вероятность катастрофы (разрушения болта).

Численное решение задачи целесообразно осуществлять в следующем порядке: определить жесткость G эквивалентной пружины; оценить коэффициенты A и C в полной диаграмме растяжения стержня (8); задать значения средних квадратических отклонений G , A и C ; составить компьютерную программу, реализующую алгоритм оценки вероятности возникновения катастрофы сборки (формулы (9), (10) и (5)–(7)); произвести соответствующие расчеты.

Численное значение жесткости G эквивалентной пружины целесообразно определять методом конечных элементов, что и было осуществлено с использованием пакета «Зенит». Расчетное значение жесткости эквивалентной пружины $G = 8700$ Н/мм.

Определим коэффициенты A и C в полной диаграмме растяжения стержня. Для этого пересчитаем F_{\max} и x^* для стержня, моделирующего болт, через предел прочности σ_B и относительное удлинение δ стали 30 (согласно справочным данным, $\sigma_B = 500$ МПа, $\delta = 20$ %). При диаметре стержня $d = 30$ мм и длине $l = 100$ мм определим максимальную разрушающую стержень нагрузку и соответствующее ей абсолютное удлинение:

$$F_{\max} = \frac{\pi d^2}{4} \sigma_B = 353\,000 \text{ Н};$$

$$x^* = l\delta/100 = 20 \text{ мм}.$$

Подставляя численные значения x^* и F_{\max} и решая систему уравнений

$$\begin{cases} x^* = \sqrt{\frac{A}{3C}}; \\ F_{\max} = Ax^* - Cx^{*3}, \end{cases}$$

получаем $A = 26\,500$ Н/мм и $C = 22,1$ Н/мм³.

Окончательно зависимость нагрузки от абсолютного удлинения стержня

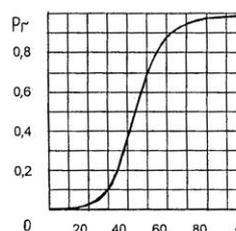
$$F = 26500x - 22,1x^3.$$

Значения G , A и C полагаем случайными величинами со средними, подсчитанными выше, и коэффициентом вариации $v = 0,1$.

Таким образом, численные значения задаем в следующем виде:

$$\begin{aligned} \bar{A} &= 26\,500 \text{ Н/мм}; \quad \bar{C} = 22,1 \text{ Н/мм}^3; \quad \bar{G} = 8\,700 \text{ Н/мм}; \\ \sigma_A &= 2\,650 \text{ Н/мм}; \quad \sigma_C = 2,21 \text{ Н/мм}^3; \quad \sigma_G = 870 \text{ Н/мм}; \quad \sigma_z = 0,1 \bar{z} \text{ мм}. \end{aligned}$$

Рис. 5. Вероятность разрушения стержня



Результаты расчетов представлены на рис. 5.

Рассмотренный пример иллюстрирует возможность применения теории катастроф для оценки вероятности безотказной работы элементов конструкций машин и оборудования лесного комплекса при проектировании. Задача оценки энергии деформирования каркаса кабины решена в работе автора [6].

Предложенный подход позволяет произвести статистический анализ положений равновесия вблизи критических точек, что важно для практических целей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арнольд, В.Н. Нормальные формы функций вблизи вырожденных критических точек, группы Вейля A_k , D_k , E_k и лагранжевы особенности [Текст] / В.Н. Арнольд // Функцион. анализ и его приложение. – 1972. – Т. 6, вып. 4. – С. 3–25.
2. Арнольд, В.Н. Теория катастроф [Текст] / В.Н. Арнольд. – М.: Наука, 1990. – 128 с.
3. ГОСТ 12.2.102–89. Машины и оборудование (лесозаготовительные и лесосплавные, тракторы лесопромышленные). Требования безопасности, методы контроля требований безопасности и оценки безопасности труда [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 70 с.

4. *Маркочев, В.М.* Теория катастроф и механика разрушения [Текст] / В.М. Маркочев // Проблемы прочности. – 1985. – № 7. – С. 43–47.
5. *Павлов, С.В.* Методы теории катастроф в исследовании фазовых переходов [Текст] / С.В. Павлов. – М.: Изд-во МГУ, 1993. – 104 с.
6. *Питухин, А.В.* Оценка надежности элементов конструкций лесных машин с позиции теории катастроф [Текст] / А.В. Питухин // Теория, проектирование и методы расчета лесных и деревообрабатывающих машин: тез. докл. Всерос. науч.-техн. конф. – М.: МГУЛ, 1997. – С. 18–19.
7. *Питухин, А.В.* Вероятностно-статистические методы механики разрушения и теории катастроф в инженерном проектировании [Текст] / А.В. Питухин. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 1998. – 304 с.
8. *Постон, Т.* Теория катастроф и ее приложения [Текст] / Т. Постон, И. Стюарт; пер. с англ. – М.: Мир, 1980. – 608 с.
9. *Томпсон, Дж. М.Т.* Неустойчивости и катастрофы в науке и технике [Текст] / Дж. М.Т. Томпсон; пер. с англ. – М.: Мир, 1985. – 254 с.
10. *Pitukhin, A.V.* Application of Cusp Catastrophe Theory in Engineering Design [Text] / A.V. Pitukhin // The Third World Congress on Computational Mechanics, Extended Abstracts (August 1-5). – Chiba, Japan, 1994. – Vol. II. – P. 1259–1260.
11. *Pitukhin, A.V.* Stochastic Cusp Catastrophe and Engineering Design [Text] / A.V. Pitukhin // Education, Practice and Promotion of Computational Methods in Engineering Using Small Computers: (1-4 August 1995). – Proceedings of the Fifth EPMESC Conference, Macao. – Vol. 2. – P. 897–902.
12. *Thom, R.* Catastrophe theory: its present state and future perspectives [Text] / R. Thom, E.C. Zeeman // In Dynamical Systems Warwick, 1974. Lecture Notes in Mathematics: Springer. – Berlin; London, 1975. – P. 366–389.
13. *Thom, R.* Stabilité structurelle et morphogenèse [Text] / R. Thom. – New York: Benjamin, 1972. – 362 p.
14. *Thompson, J.M.T.* Elastic Instability Phenomena [Text] / J.M.T. Thompson, G.W. Hunt. – London: Jhon Wiley and Sons, 1984.
15. *Zeeman, E.C.* Catastrophe theory: Selected Papers, 1972 [Text] / E.C. Zeeman. – Addison-Wesley, Reading Mass, 1977.

Петрозаводский государственный
университет

Поступила 24.08.05

A.V. Pitukhin

Methods of Catastrophe Theory when Designing Elements of Machines and Equipment of Forest Industry

Method of estimated probability is provided for assembly-type catastrophe beginning; possibility of applying catastrophe theory methods for designing elements of machines and equipment of forest industry is analyzed.

УДК 630*3

А.М. Меньшиков, А.М. Копейкин

Меньшиков Александр Михайлович родился в 1958 г., окончил в 1985 г. Архангельский лесотехнический институт, доцент кафедры промышленного транспорта Архангельского государственного технического университета. Имеет 20 печатных работ в области лесовозного транспорта.



Копейкин Адольф Михайлович родился в 1936 г., окончил в 1959 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры лесопильно-строгальных производств Архангельского государственного технического университета, заслуженный работник лесной промышленности РФ. Имеет более 100 научных трудов в области прогнозирования, технологии лесопиления и деревообработки.



О НОВОМ СПОСОБЕ АНАЛИЗА И ИНТЕРПРЕТАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ЛЕСОЗАГОТОВОК

Продемонстрированы возможности и направления практического приложения способа анализа и интерпретации технологического процесса лесозаготовок.

Ключевые слова: лесозаготовительное производство, вывозка древесины, динамические временные ряды показателей, спектральный анализ процессов.

В последние годы существенно улучшилось качество натуральных показателей лесозаготовительного производства. Стандартизованы методы измерения и учета круглых лесоматериалов, что обеспечивает достаточно высокую точность и надежность обмеров транспортных пакетов древесины. На многих предприятиях ЛПК действуют системы автоматизированного контроля поступающего на нижние склады сырья и выхода лесопроизводства. Для оперативного управления вывозкой древесины, контроля за продолжительностью рейса и пробегом лесовозных автопоездов применяют современные системы спутниковой навигации.

Использование обширных массивов первичных данных сводится, как правило, лишь к вычислению и анализу средних значений показателей, их абсолютных приростов, темпов роста и прироста по отношению к принятой для сравнения базе. Несоразмерность затрат на информационное обеспечение управления производством с эффективностью использования информации очевидна. В действительности данные о вывозке древесины обладают существенно большей информативностью, однако раскрыть ее с помощью традиционных методов не представляется возможным.

Новый способ технологического анализа и интерпретации процессов лесозаготовок разработан в Архангельском государственном техническом университете. В качестве предмета анализа используют временные ряды

натуральных показателей процессов. Способ включает определение автокорреляционных функций динамических рядов показателей; спектральных и кросс-спектральных характеристик процессов [2, 3]; последовательный анализ внутренней структуры рядов и анализ выбросов случайных остаточных процессов. Этот способ позволяет идентифицировать отдельно колебания объемов производства, вызванные действием объективных случайных факторов, и колебания, связанные с установленной периодичностью статистической отчетности, а также измерить и сравнить степень разупорядоченности процесса в разные периоды времени и своевременно выявить недопустимые отклонения в рабочем ритме, обнаружить которые традиционным путем невозможно. На уровне конкретных предприятий может быть решена задача оперативного (в ритме с поступлением первичных данных) выявления разладки процессов, на уровне корпораций и отрасли в целом – задача своевременного обнаружения момента входа их в фазу кризиса.

Рассмотрим временной ряд данных о вывозке древесины одним из наиболее крупных лесозаготовительных предприятий Архангельской облас-

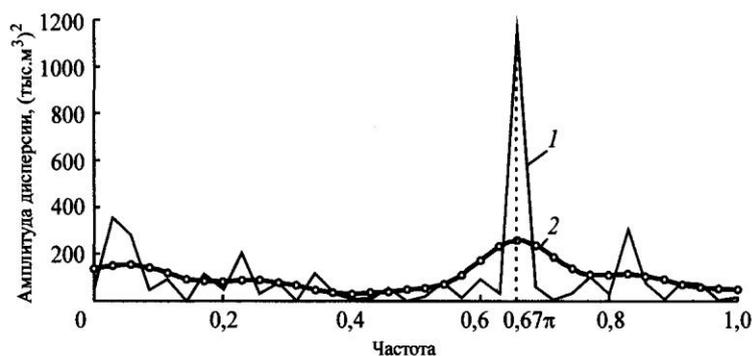


Рис. 1. Спектральные характеристики стационарного остаточного ряда процесса вывозки древесины ОАО «Устьялес» в 1998–2003 гг.: 1 – эмпирический спектр дисперсий; 2 – оценка спектральной плотности при ширине спектрального окна $n = 18$

ти ОАО «Устьялес» в 1998–2003 гг. В соответствии с методикой [2, 3] выделим стохастическую составляющую процесса вывозки и определим ее эмпирические спектральные характеристики.

В спектре на рис. 1 в целом ритмично протекающего процесса вывозки на частоте $0,67\pi$ обнаружена существенная циклическая составляющая, почти в 10 раз превышающая среднее значение дисперсии процесса. Однако в данном случае эта частота соответствует 3 мес, т.е. выявленный пик спектра совпадает с периодичностью квартальной статистической отчетности предприятия, поэтому вряд ли он может быть интерпретирован как выброс дисперсии, обусловленный спецификой функционирования процесса.

Сравним процесс вывозки древесины Корниловским ЛПХ объединения «Архлеспром» и его правопреемником ОАО «Двинлес» в разные периоды времени: 1981–1986 гг. и 1998–2003 гг. Для этого проанализируем их

временные ряды показателей обычным способом с позиций теории экономического роста.

Из приведенных на рис. 2 гистограмм видно, что фактические производственные мощности сравниваемых процессов (среднегодовые за

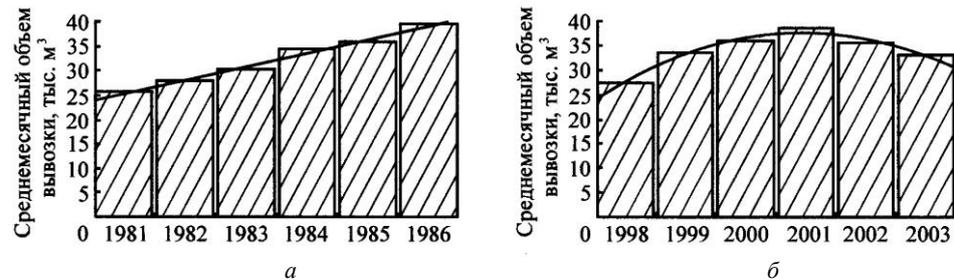


Рис. 2. Динамика вывозки древесины Корниловским ЛПХ в 1981–1986 гг. (а) и его правопреемником ОАО «Двинлес» в 1998 – 2003 гг. (б)

5*

рассматриваемый период значения объемов вывозки древесины) достаточно близки: $\bar{X} = 387,6$ тыс. м³/год у Корниловского ЛПХ и $\bar{X} = 409,8$ тыс. м³/год у ОАО «Двинлес». Представление о различии технологических ритмов процессов дают выборочные дисперсии $\sigma_1^2 = 177,2$ (тыс. м³)², $\sigma_2^2 = 932,7$ (тыс. м³)² и коэффициенты вариации $k_{V_1} = 0,412$, $k_{V_2} = 0,894$ исходных временных рядов. Кроме этого, можно вычислить темпы прироста или спада в развитии процесса по отношению к выбранной базе. Этим и ограничивается объективная информация, которую можно извлечь из первичных статистических данных традиционным способом.

Методами динамического анализа стационарных случайных процессов можно получить дополнительную информацию.

Оба исходных процесса имеют выраженные тенденции среднего уровня, причем абсолютно разные: первый – поступательно нарастающую тенденцию развития, второй – осциллирующую тенденцию переходного периода. В этом случае прямые оценки статистических моментов второго порядка, характеризующих внутреннюю структуру процессов, не будут эффективными и сравнение их между собой не имеет смысла, поскольку ковариации последовательных уровней у обоих рядов связаны через тренды.

Информация о внутренней структуре и вариации процессов содержится в стационарных рядах случайных остатков, полученных элиминированием из исходных данных систематических компонентов – трендов и установившихся сезонных колебаний [2, 3]. Оценки эмпирических спектральных характеристик остаточных рядов процессов вывозки в разные периоды времени сопоставлены на рис. 3.

Как видно из рис. 3, спектр дисперсий процесса вывозки Корниловского ЛПХ отличается от ОАО «Двинлес» сравнительно небольшой амплитудой колебаний отдельных гармоник и значительно более равномерным распределением дисперсии по полосе частот.

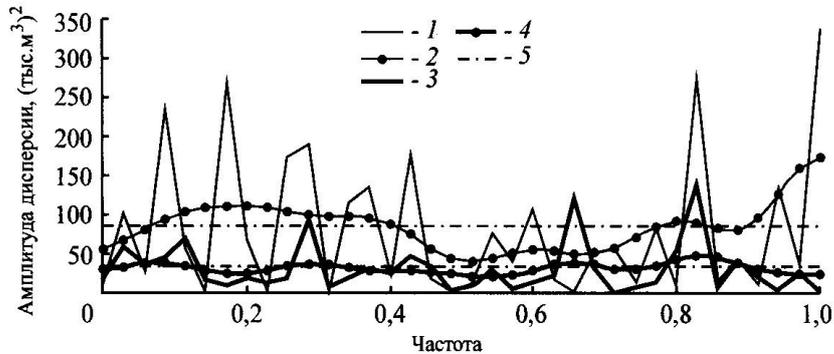


Рис. 3. Эмпирические спектры (1, 3) и оценки спектральных плотностей остаточных рядов процессов вывозки древесины (2, 4) Корниловским ЛПХ в 1981–1986 гг. (3, 4) и ОАО «Двинлес» в 1998–2003 гг. (1, 2); 5 – среднее значение дисперсии остатков

Высшие гармоники в спектре Корниловского ЛПХ на частотах $0,31\pi$ и $0,67\pi$ скорее всего также являются проявлением периодичности принятой на предприятиях ЛПК статистической отчетности, в данном случае полугодовой (6 мес) и квартальной (3 мес) соответственно. Выброс дисперсии на частоте $0,83\pi$ свидетельствует о наличии в динамике процесса краткосрочных циклов с периодом 2,4 мес. В целом график оценки спектральной плотности осциллирует относительно прямой, соответствующей среднему значению дисперсии остатков $\sigma_{\varepsilon_i}^2 = 31,87$ (тыс. м³)², с весьма небольшими отклонениями, т. е. близок к графику белого шума, что свидетельствует о весьма благоприятном протекании процесса вывозки древесины в период 1981–1986 гг.

Неравномерное распределение дисперсии с группированием в локальных областях спектра отражает существенную аритмию и разупорядоченность процесса вывозки у ОАО «Двинлес» в период 1998–2003 гг. Спектр имеет заметный гармонический тренд. В области низких частот $\omega \in [0,08\pi; 0,42\pi]$, соответствующих циклам с периодом от 2 лет до 4,8 мес, и в области высоких частот $\omega \in [0,78\pi; \pi]$ с периодичностью 2,6 ... 2,0 мес спектральная плотность превышает среднее значение дисперсии остатков $\sigma_{\varepsilon_i}^2 = 83,46$ (тыс. м³)², а на средних частотах $\omega \in [0,44\pi; 0,78\pi]$, соответствующих периоду 4,5 ... 2,6 мес, опускается ниже среднего уровня. Размах колебаний достаточно велик: дисперсия на частоте Найквиста превышает среднее значение более чем в 2 раза. Отсюда следует весьма важный вывод о том, что прогнозирование развития данного процесса на основе средней за рассмотренный период величины дисперсии, без учета резкого ее увеличения в конце периода (последние данные временного ряда обычно являются отправной точкой прогноза), будет сопровождаться существенным занижением доверительного интервала и приведет к недостоверности прогноза в целом. Напротив, углубленный анализ и учет особенностей спектра диспер-

сии являются гарантией корректности прогноза развития процесса в ближайшей перспективе.

Кроме того, разработанный способ анализа и интерпретации лесозаготовительных процессов позволяет осуществлять текущий контроль и оперативное управление синхронно с очередным поступлением оперативной информации, обоснованно устанавливать объемы производства при разработке перспективных планов и программ технологического развития с учетом цикличности и сезонной периодичности лесозаготовок. Алгоритмы решений этих задач базируются на последовательном анализе временных рядов, разработанном А. Вальдом [1, 4], и взаимосвязи амплитудных и спектральных характеристик в теории выбросов случайных процессов [5].

Практическое приложение данного способа рассчитано на использование его лесозаготовительными предприятиями, корпорациями, региональными и отраслевыми департаментами ЛПК

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вальд, А. Последовательный анализ [Текст] / А. Вальд; пер. с англ. П.А. Бакута [и др.]. – М.: Физматгиз, 1960. – 328 с.
2. Меньшиков, А.М. Анализ динамических рядов транспортно-технологических процессов вывозки древесины (на примере Архангельской области) [Текст] / А.М. Меньшиков, А.М. Копейкин; ОАО «Научдревпром-ЦНИИМОД». – Архангельск, 2003. – 40 с. – Деп. в ВИНТИ 15.12.2003, № 2177-В2003.
3. Меньшиков, А.М. Применение спектральных методов в исследованиях технологических процессов лесозаготовительного производства [Текст] / А.М. Меньшиков, А.М. Копейкин // Лесн. журн. – 2004. – № 6. – С. 31–41. – (Изв. высш. учеб. заведений).
4. Никифоров, И.В. Последовательное обнаружение изменения свойств временных рядов [Текст] / И.В. Никифоров. – М.: Наука, 1983. – 189 с.
5. Тихонов, В.И. Выбросы случайных процессов [Текст] / В.И. Тихонов. – М.: Наука, 1970. – 392 с.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 20.12.05

A.M. Menshikov. A.M. Kopejkin

On New Analysis and Interpretation Method for Technological Process in Forest Harvesting

Possibilities and directions of practical application of analysis and interpretation method for technological process in forest harvesting are demonstrated.



УДК 625.711.84

Н.Н. Буторин

Буторин Николай Николаевич родился в 1923 г., окончил в 1951 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор кафедры промышленного транспорта Архангельского государственного технического университета. Имеет около 40 печатных работ.



ТРАССИРОВАНИЕ ДОРОГИ ПО КАРТЕ НА ЭКРАНЕ МОНИТОРА

Предложен способ проектирования трассы дороги по карте в горизонталях на экране монитора компьютера с использованием регулярной математической модели местности.

Ключевые слова: транспорт, проектирование, трасса

Проектирование трассы дороги по плану в горизонталях – достаточно трудоемкий процесс, включающий в себя рассмотрение ряда вариантов. Для его облегчения на кафедре промышленного транспорта АГТУ с использованием языка Turbo Pascal разработана компьютерная программа* трассирования дороги.

План в горизонталях сканируют и записывают в виде файла с расширением bmp. Специальной процедурой в программе план изображают на экране монитора. Подготовка плана к работе состоит в разработке математической (цифровой) модели местности.

Эта модель принята регулярной, т.е. на плане строят сетку квадратов (рис. 1). Высотные отметки вершин квадратов определяют линейной интерполяцией между ближайшими точками горизонталей. Для облегчения этой работы нами составлена специальная программа MATHMOD. В процессе обработки выбирают точку сетки и с помощью компьютерной мышки фиксируют высотные отметки двух точек соседних ближайших горизонталей. Программа автоматически записывает значение высотной отметки выбранной точки в массив MODEL. Не обязательно сеткой охватывать весь план, можно покрывать сеткой только ту область, в которой намечается проектирование трассы дороги.

* Хранится в комплекте программ САПР кафедры.

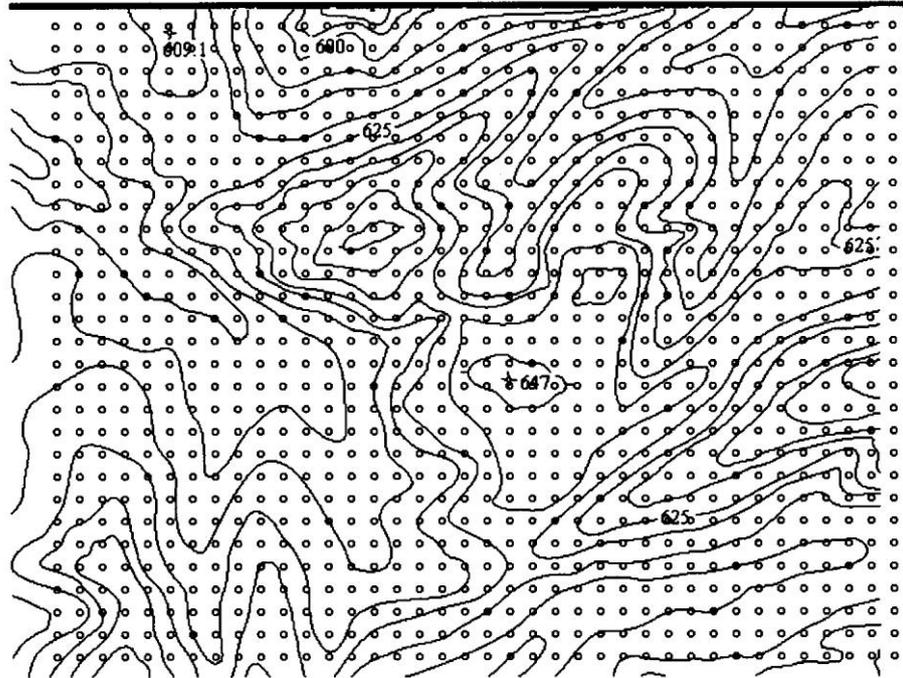


Рис. 1.

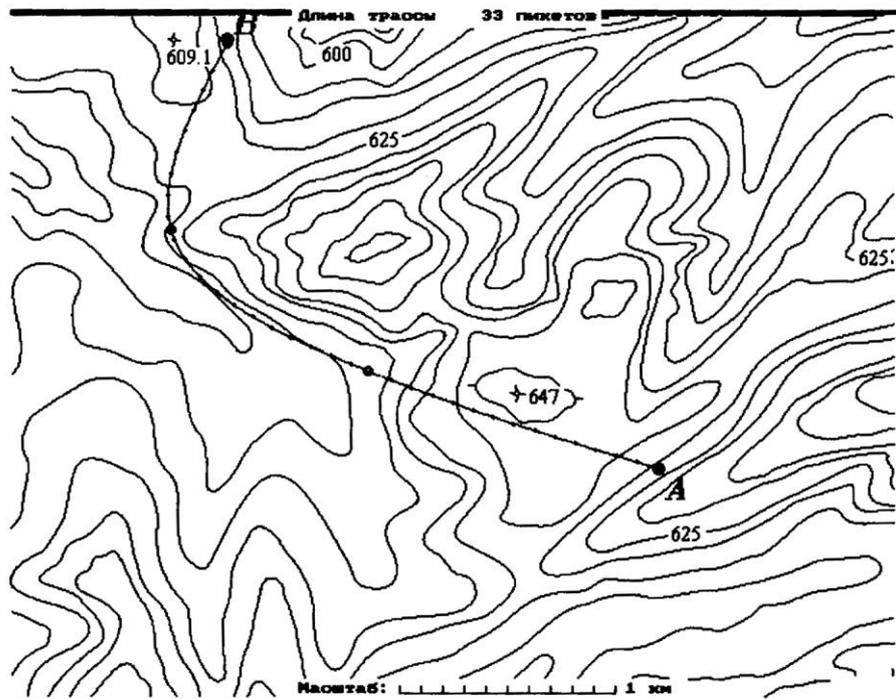


Рис. 2

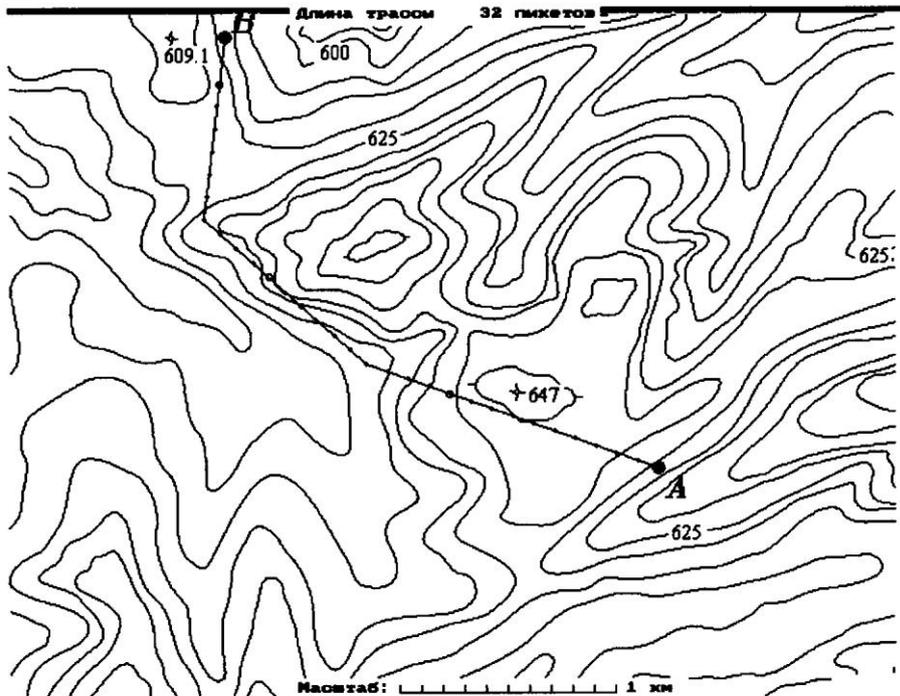


Рис. 3

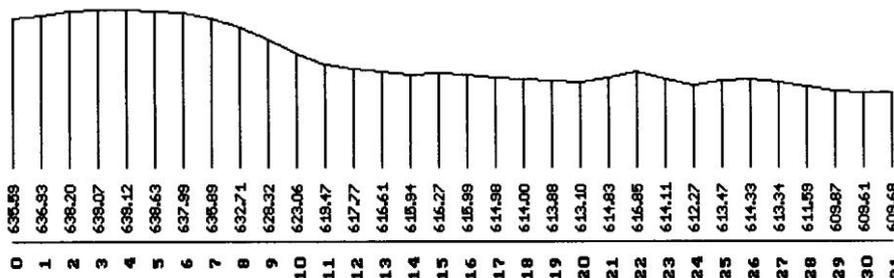


Рис. 4.

Проектирование трассы выполняют с помощью программы TRASS, в которую предварительно вводят координаты ее начала и конца. За начало координат принимают нижний левый угол экрана.

Щелчком левой клавиши мышки поочередно фиксируют углы поворота трассируемой линии дороги. Щелчком правой клавиши можно отметить ранее намеченный участок прямой. По достижении конечной точки трассы на экране монитора появляются разбивка трассы на пикеты и километры, а также значение длины линии в пикетах. Получают изображение в нестандартном масштабе, который в при необходимости можно перегонять в стандартный, если воспользоваться известной программой Corel Draw.

На рис. 2 представлен пример запроектированной трассы на плане в горизонталях.

При ландшафтном проектировании используют программу SECTRASS. На экране монитора с помощью мышки на плане в горизонталях фиксируют опорные точки трассы и получают плавную линию трассы в виде кубического сплайна (рис. 3).

Далее вычисляют высотные отметки всех пикетов с использованием цифровой модели местности, на экран выводят продольный профиль по отметкам от уровня земли (рис. 4).

Упомянутые программы могут быть использованы проектными организациями. Они существенно сокращают трудоемкость трассирования дорог по карте, позволяют неоднократно повторять работу, выбирая наилучший вариант.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 18.12.04

N.N. Butorin

Map Road Tracing on Computer Monitor

The method of map road tracing in the horizontal plane on the computer monitor screen is suggested based on using the regular mathematical model of the locality.





МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.093.003.13

А.С. Сметанин, **Т.В. Цветкова**

Цветкова Татьяна Владимировна родилась в 1962 г., окончила в 1984 г. Архангельский лесотехнический институт, старший преподаватель кафедры прикладной механики и основ конструирования Архангельского государственного технического университета.



ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕСОПИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Проанализированы результаты исследований сортировки пиловочных бревен по размерно-качественным характеристикам перед раскромом на пиломатериалы; установлено, что достижение наибольшего количественного и качественного выхода пилопродукции из пиловочного сырья возможно при сортировке бревен с точностью $\pm 0,5$ см на две группы качества.

Ключевые слова: лесопильное производство, эффективность, подготовка пиловочного сырья.

Основными способами повышения эффективности лесопильного производства являются: повышение качества продукции; увеличение выхода продукции из единицы пиловочного сырья; рост производительности труда; снижение потерь древесины; рациональное использование древесной массы; снижение расходов электроэнергии и горюче-смазочных материалов на производство пилопродукции; создание гибких технологических процессов на всех стадиях обработки и переработки сырья и пилопродукции для исключения простоев оборудования.

Качество пилопродукции закладывается еще на лесосеке. В зависимости от технологии работ (валка, обрубка сучьев, трелевка, погрузка на лесовозный транспорт, разгрузка хлыстов с лесовозного транспорта, раскряжевка, укладка в штабеля запаса или в сплочные единицы и т. д.) хлысты и пиловочные бревна получают механические повреждения в виде трещин, вырывов, сколов, обдира коры и т. д. В теплое время года на поврежденных участках появляется синева, которая распространяется в глубь древесины со скоростью до 1 мм/сут.

В процессе переместительных операций на складах сырья лесопильно-деревообрабатывающих предприятий также происходят различные повреждения и потери древесины.

Узким местом остаются способы и средства приемки пиловочного сырья по количеству, размерным характеристикам и качеству пиловочных бревен при различных способах их поставки.

В связи с большими объемами древесины, поставляемыми на лесопильные предприятия в сравнительно короткие сроки навигации, осуществить ее приемку даже с 10 %-й выборкой от общего объема затруднительно. При поставках пиловочных бревен автомобильным и железнодорожным транспортом нормативная приемка сырья также не обеспечивается. Объемный способ тоже не гарантирует точной и качественной приемки. Поэтому основой при приемке пиловочного сырья служат сопроводительные документы. В связи с этим на лесопильных предприятиях возникают неточности при учете как по объемам, так и по качеству пиловочного сырья.

Как известно, качественные и количественные показатели пилопродукции зависят от уровня обслуживания станка и подготовки лесопильного инструмента. Например, увеличение ширины пропила на каждый 1 мм уменьшает выход пиломатериалов на 0,33 %. Кроме того, выход зависит от режимов окорки и организации сортировки бревен по размерно-качественным характеристикам.

Нарушения режимов подготовки окорочного инструмента, отсутствие предварительной подсортировки бревен по диаметрам перед окоркой и соответствующая этому регулировка окорочных станков ведут к срезанию вместе с корой древесины и, как следствие, к ее потере.

Уровень сортировки пиловочных бревен по размерно-качественным характеристикам и обеспечение требуемых объемов рассортированной древесины перед распиловкой на лесопильных потоках на заданный срок работы без переналадки станков и инструмента определяют как количественный, так и качественный выход пиломатериалов из единицы пиловочного сырья. Внеплановые перебивки лесопильных рам снижают в среднем производительность лесопильных станков на 5 %, распиловка непоставного сырья при этом снижает общий выход пиломатериалов до 1,5 % [4].

Перерасход пиловочного сырья на выработке пилопродукции невозможно компенсировать на других производственных участках.

На участке раскроя сырья, т.е. в лесопильном цехе, выход пиломатериалов зависит от точности ориентирования пиловочных бревен при подаче их в лесопильный станок; толщины пил и ширины пропила; качества подготовки инструмента; межторцовых разрывов между бревнами; скорости подачи бревен в распиловку и т.д.

Поэтому рациональная сортировка пиловочных бревен перед распиловкой – решающий фактор экономии сырья. На многих крупных лесопильно-деревообрабатывающих предприятиях основным способом сортировки пиловочных бревен является их разбивка на группы по диаметрам в наливных бассейнах. При этом бассейны служат участками сортировки и накопления

пиловочных бревен перед распиловкой, транспортным средством, участком для оттаивания промерзших и увлажнения подсушенных бревен, очистки их от земли.

Опыт предприятий показал, что ни одна из выше перечисленных функций подготовки бревен к распиловке в полной мере в бассейнах не обеспечена. Прежде всего невозможно при нахождении и перемещении бревен на воде дать им качественную оценку. Кроме того, требуются значительные дополнительные площади бассейна для накопления бревен, рассортированных не только по размерным параметрам, но и по качеству. Поэтому в большинстве случаев сортировка пиловочных бревен по качественным характеристикам в бассейнах отсутствует.

Из-за значительного разброса размеров бревен в вершинном торце не обеспечивается накопление требуемого объема рассортированного сырья для работы лесопильных потоков на упряг. Это вызывает внеплановые перестановки и регулировку лесопильного инструмента, что ведет к снижению производительности лесопильного цеха и выхода пиломатериалов в зимний период. Из-за кратковременности нахождения древесины в воде, имеющей, как правило, температуру не выше 4 ... 10 °С, не происходит оттаивание коры на всю глубину, что значительно снижает качество окорки.

По данным ОАО «Архангельский целлюлозно-бумажный комбинат», содержание коры в технологической щепе, поступающей для целлюлозно-бумажного производства с лесопильных предприятий г. Архангельска в период с ноября по апрель составляет 3,5 ... 7,0 %, тогда как по требованию стандарта этот показатель не должен превышать 1,5 %.

Особо следует отметить, что переместительные операции в бассейнах трудно поддаются механизации. По этой причине склады сырья лесозаводов с бассейнами характеризуются высокой трудоемкостью и низкой выработкой на человека.

В связи с вышеизложенным ЦНИИМОД, ЦНИИМЭ, СибНПЛО и другие исследовательские центры разработали технологию подготовки пиловочного сырья перед окоркой и распиловкой с сухопутным участком сортировки бревен по размерно-качественным характеристикам.

В процессе изучения влияния способа распиловки бревен (длина 6,5 м вразвал [4], ширина пропила 3,2 мм), точности подборки диаметров пиловочных бревен на максимальный выход чистобрезных досок были получены результаты, приведенные в табл. 1. Распиловку осуществляли с подборкой пиловочных бревен с точностью $\pm 0,5$ см.

Дальнейшие опытные распиловки, проведенные при снижении требований к подборке и сортировке (точность $\pm 1,0$ см) показали, что выход пиломатериалов уменьшается на 0,3 % при установке контрольных пил и на 0,9 % без них [1]. При сортировке бревен с точностью $\pm 2,0$ см выход снижается на 0,6 % с контрольными пилами и на 1,4 % без контрольных пил по сравнению с сортировкой, обеспечивающей точность $\pm 0,5$ см.

Распиловка бревен непоставных диаметров вызывала снижение выхода пиломатериалов, особенно это характерно для тонкомерных бревен.

Таблица 1

Диаметр бревна, см	Выход, %	Диаметр бревна, см	Выход, %
14	53,1	30	61,1
15	54,0	31	61,3
16	54,8	32	61,5
17	55,6	33	61,7
18	56,4	34	61,9
19	57,0	35	62,1
20	57,6	36	62,3
21	58,0	37	62,5
22	58,5	38	62,7
23	59,0	39	62,9
24	59,4	40	63,1
25	59,8	41	63,3
26	60,0	42	63,5
27	60,3	43	63,7
28	60,6	44	63,9
29	60,9	45	64,0

Для бревен большого диаметра отмечено снижение выхода по сравнению с тонкомерным сырьем. Зависимость между диаметром бревна и выходом пиломатериалов при различных отклонениях диаметра от номинального приведены в табл. 2 [3, 5].

Таким образом, опытные распиловки показали, что чем меньше величина дробности сортирования бревен по диаметрам, тем выше выход пиломатериалов. При распиловке бревен с подборкой в два четных диаметра выход пиломатериалов уменьшается до 1,5 % [2].

На выход пиломатериалов из пиловочного сырья влияют кривизна и сбег бревен, а также процент брусочки. Например, кривизна бревен 1 % (допустимо в пиловочных бревнах до 2 %) снижает выход пиломатериалов на 8 ... 12 % [3]. Поэтому бревна, имеющие кривизну, целесообразно отсортировать и раскряжевывать пополам по длине (что и осуществляют на некоторых предприятиях) или необходимо предусмотреть отбор досок с кривизной для последующей поперечной распиловки до их обрезки.

Таблица 2

Диаметр бревна, см	Снижение объемного выхода пиломатериалов, %, при отклонении диаметра бревна от номинального, см			
	-4	-2	+2	+4
14...20	10,2	4,1	3,9	7,0
22...30	6,6	2,3	3,3	4,6
32...40	3,1	1,2	1,9	2,5

Сбег бревен зависит от бонитета лесонасаждений. Для деревьев III–VI класса бонитета объем зоны сбega составляет в среднем 20 ... 25 % от объема бревна. Цилиндрическая часть бревна дает выход пиломатериалов 70 ... 75 % от объема, зона сбega – только 15 ... 20 % от своего объема. Поэтому с увеличением сбega выход пиломатериалов снижается. Распиловка пиловочных бревен с брусочкой позволяет улучшить качество пиломатериалов и повысить их объемный выход. Выход качественных пиломатериалов при брусочке увеличивается на 4 ... 6 % по сравнению с распиловкой вразвал, а каждый процент брусочки повышает выход на 0,025 % [2].

Согласно [3], при встречаемости бревен четного диаметра не менее 1,5 % следует сортировать их с точностью до $\pm 1,0$ см, при встречаемости 1,5 ... 0,2 % (допускаемая точность сортировки $\pm 2,0$ см). Бревна с наиболее часто встречающимися диаметрами рекомендуется сортировать до $\pm 0,5$ см. Если встречаемость бревен данного диаметра менее 0,2 %, сортировать их экономически нецелесообразно и следует объединить в одну группу.

Таблица 3

Диаметр бревна, см	Объем пиловочного сырья по регионам России, %		
	Европейский Север РФ	Урал, Западная Сибирь	Восточная Сибирь, Дальний Восток
14	5,70	1,93	0,95
16	10,40	4,07	1,73
18	14,60	6,00	2,79
20	14,60	7,72	3,83
22	12,90	9,04	4,84
24	11,90	10,29	6,01
26	9,10	10,72	6,89
28	6,70	10,05	7,61
30	4,80	3,27	8,04
32	3,10	6,83	8,00
34	2,40	5,33	7,97
36	1,40	4,72	7,39
38	1,10	3,96	7,07
40	0,40	3,52	6,19
42	0,30	2,21	5,27
44	0,20	1,81	4,12
46	0,20	1,32	3,45
48	–	0,89	2,46
50	–	0,40	1,73
52	0,10	0,34	0,95
≥ 54	–	0,67	2,68
Итого	100,00	100,00	100,00

Примечание. Для Европейского Севера РФ средний диаметр бревна равен 20 см, для Урала и Западной Сибири – 24 см, для Восточной Сибири и Дальнего Востока – 28 см.

В настоящее время на лесопильных предприятиях для обеспечения нормативного выхода пиломатериалов пиловочные бревна сортируют по диаметрам с точностью $\pm 1,0$ см, для крупномерных бревен, встречаемость которых не превышает 3 % (допускаемая точность сортировки $\pm 2,0$ см).

Сортировка бревен по длинам повышает производительность лесопильных потоков, однако требует значительного увеличения длины сортировочных конвейеров.

Сортировку пиловочных бревен по качеству осуществляют по двум признакам. Первый характеризует количество и размеры сучков, выходящих на поверхность бревен. В зависимости от этого оценивают зону бревна, из которой возможна выпилка досок высших сортов; второй – количество гнили, измеряемое в долях толщины бревна. По этим двум признакам рекомендуется сортировать пиловочные бревна на две группы качества. По составу пиловочного сырья по регионам России (табл. 3) определено общее число сортировочных групп в зависимости от дробности сортировки пиловочных бревен по диаметрам (средний диаметр $d = 20 \dots 22$ см) и группам качества (в числителе табл. 4 – I группа, в знаменателе – II) при различной точности (см) распиловки одной породы на Европейском Севере РФ.

Таблица 4

Сортировочная группа	Одна порода				Две породы							
	Одна группа качества		Две группы качества		Одна группа качества				Две группы качества			
	Сосна или ель $\pm 0,5$	Ель или сосна $\pm 1,0$	Ель или сосна $\pm 0,5$	Сосна $\pm 1,0$	Ель $\pm 0,5$	Сосна $\pm 0,5$	Ель $\pm 1,0$	Сосна $\pm 1,0$	Ель $\pm 0,5$	Сосна $\pm 0,5$	Ель $\pm 1,0$	Сосна $\pm 1,0$
1	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
2	15	16	15/15	16/16	15	16	16	16	15/15	15/15	16/16	16/16
3	16	18	16/16	18/18	16	18	18	18	16/16	16/16	18/18	18/18
4	17	20	17/17	20/20	17	20	20	20	17/17	17/17	20/20	20/20
5	18	22	18/18	22/22	18	22	22	22	18/18	18/18	22/22	22/22
6	19	24	19/19	24/24	19	24	24	24	19/19	19/19	24/24	24/24
7	20	26	20/20	26/26	20	26	26	26	20/20	20/20	26/26	26/26
8	21	28	21/21	28/28	21	28	28	28	21/21	21/21	28/28	28/28
9	22	30	22/22	30...32/ 30...32	22	30	30	30	22/22	22/22	30...32/ 30...32	30...32/ 30...32
10	23	32	23/23	34...36	23	32	32	32	23/23	23/23	34...36	34...36
11	24	34...36	24/24	38...40	24	34...36	34...36	34...36	24/24	24/24	38...40	38...40
12	25	38...40	25/25	≥ 42	25	38...40	38...40	38...40	25/25	25/25	≥ 42	≥ 42
13	26	≥ 42	26/26	–	26	≥ 42	≥ 42	≥ 42	26/26	26/26	–	–
14	27	–	27/27	–	27	–	–	–	27/27	27/27	–	–
15	28	–	28/28	–	28	–	–	–	28/28	28/28	–	–
16	29	–	29/29	–	29	–	–	–	29/29	29/29	–	–
17	30	–	30/30	–	30	–	–	–	30/30	30/30	–	–
18	32	–	32/32	–	32	–	–	–	32/32	32/32	–	–
19	34...36	–	34...36/ 34...36	–	34...36	–	–	–	34...36/ 34...36	34...36/ 34...36	–	–
20	≥ 38	–	≥ 38	–	≥ 38	–	–	–	≥ 38	≥ 38	–	–
Итого	20	13	38	20	33	26	26	26	76	76	40	40

По данным табл. 4 установлено, что при поставке на лесопильное предприятие бревен одной породы, сортировке их по одной группе качества с точностью $\pm 1,0$ см, отсортировке бревен с кривизной, тонкомерных и диаметром 60 см и выше потребуется сортировочный конвейер, имеющий 20 карманов-накопителей, в том числе резервные карманы для групп бревен с большим процентным содержанием в общем объеме. Сортировка этого же сырья с точностью $\pm 0,5$ см потребует 25–30 карманов; при переходе к сортированию на две группы качества число карманов увеличится до 40.

При поставках двух пород и сортировании их с точностью $\pm 0,5$ см на две группы качества для каждой потребуется 80 карманов. В связи с вышеизложенным необходимо решить вопрос о реальной возможности и экономической целесообразности осуществления подобной сортировки даже на крупных предприятиях. Для этого необходимо провести дополнительно экономический, технологический, эксплуатационный и конструктивный анализы существующих способов и средств сортировки пиловочных бревен, используемых и предлагаемых для лесопильных и лесозаготовительных предприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксенов, П.П. Теоретические основы раскроя пиловочного сырья [Текст] / П.П. Аксенов. – М., 1960. – 216 с.
2. Богданов, Е.С. Справочник по лесопилению [Текст] / Е.С. Богданов [и др.]; под ред. С.М. Хасдана. – М.: Лесн. пром-сть, 1980. – 424 с.
3. Бокшанин, Ю.Р. Подготовка пиловочного сырья к распиловке [Текст] / Ю.Р. Бокшанин, В.А. Мишин, П.П. Сосунов. – М.: Лесн. пром-сть, 1960. – 77 с.
4. Брагин, А.П. Комплексная механизация на складах сырья лесопильных предприятий [Текст] / А.П. Брагин, Ю.А. Дьячков. – М.: Лесн. пром-сть, 1975. – 256 с.
5. Шибалов, В.И. Комплексная механизация и автоматизация на складах сырья лесозаводов [Текст] / В.И. Шибалов. – М.: Гослесбумиздат, 1960. – 250 с.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 7.10.05

A.S. Smetanin, T.V. Tsvetkova

Increasing Efficiency of Sawmill Production

Research results of sawlogs sorting are analyzed according to dimension-qualitative characteristics before sawing into sawn timber. It is established that to achieve the highest quantitative and qualitative sawn timber output from sawlogs is possible when sorting logs into two quality groups with accuracy of $\pm 0,5$ sm.

УДК 674.038.71

А.Г. Черных, Л.В. Ильюшенко

Черных Александр Григорьевич родился в 1954 г., окончил в 1976 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор кафедры технологии деревообрабатывающих производств СПбГЛТА, академик РАЕН, ген. директор НП «Ассоциация деревянного домостроения». Имеет около 120 научных работ в области технологии и оборудования лесопиления, деревянного домостроения, технологий защитно-декоративных покрытий древесины.



Ильюшенко Леонид Владимирович родился в 1979 г., окончил в 2003 г. С.-Петербургскую государственную лесотехническую академию, аспирант. Область научных исследований – лесопиление, сушка древесины.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛА НАКЛОНА ГОДИЧНЫХ СЛОЕВ К ПЛАСТИ С ПОМОЩЬЮ СКАНИРОВАНИЯ**

Предложен алгоритм обработки изображений торцев пиломатериалов для математического описания их сечения и ориентации годичных слоев.

Ключевые слова: радиальные черновые заготовки, сканирование, годичные слои древесины.

Реальные форма бревна и расположение годичных слоев вносят значительные искажения в расчет выхода пиломатериалов радиальной распиловки. Исследования [1, 4] базируются на том, что поперечное сечение бревна представляет собой круг, а очертание годичного слоя – окружность.

При раскрое надо правильно учитывать фактическое расположение годичных слоев [5]. Поэтому нами были проведены исследования по определению наклона годичных слоев к пласти сосновых пиломатериалов, предназначенных для раскроя на черновые заготовки.

Цель исследований – разработать алгоритм описания геометрии сечения пиломатериала и ориентации годичных слоев к пласти с помощью сканера.

В ходе эксперимента установлено, что наиболее целесообразно производить сканирование в формате *jpeg* с разрешением 150 точек на дюйм. Полученные изображения относятся к RGB-объектам и характеризуются массивом размерностью $m \times n \times 3$. Каждому элементу изображения с координатами (i, j) в массиве цветности соответствует тройка вещественных чисел в диапазоне от 0 до 1, определяющих интенсивность составляющих компонент: элементы $(i, j, 1)$ – интенсивность красного, $(i, j, 2)$ – зеленого, $(i, j, 3)$ – синего цвета [2].

Сочетание компонент красного, зеленого, синего инвариантно. Это затрудняет определение всего множества индексов, соответствующих цвету ранней и поздней древесины. Для подобного исследования лучше использовать индексированные (*indexed*) изображения, у которых матрица цветности

имеет размерность $m \times n$. Индексированными являются изображения в формате *gif*. Элементы этой матрицы соответствуют индексам в массиве цветовой карты *colormap*, которая ассоциирована в компьютере с текущим графическим окном [2].

Стадии обработки изображения: получение изображения со сканера; выделение актуальной области, занятой пиломатериалом; преобразование изображения в индексированное; фильтрация изображения; вывод преобразованного изображения на экран.

Первым шагом работы с изображением является выделение в изображении зоны, непосредственно занятой древесиной. Для решения этой задачи используют фильтр медианной фильтрации. В системе MATLAB™ он имеет запись

$$A2 = medfilt2(A4, [5 5]), \quad (1)$$

где $A4$ и $A2$ – исходная и преобразованная матрицы.

Для текущего элемента матрицы выделяют окружающую область размером 5×5 и вычисляют ее медиану, которую и присваивают данному элементу. Медианную фильтрацию можно эффективно применять для устранения импульсного шума [3]. Фильтр полностью удаляет очертания годичных колец. На изображении (рис. 1) видны две области: белая – занятая пиломатериалом, черная – не занята пиломатериалом.

С помощью матрицы цветности сформированного изображения выделяют сечение пиломатериала, производят обрезку изображения и дают математическое описание сечения. Обрезка изображения понижает размерность матрицы, его описывающей, что повышает производительность компьютера. Исходный файл преобразуют в индексированный трехцветный (цвет ранней, поздней древесины и окружающей пиломатериал области). Для удобства анализа выделяют зону ранней древесины – белый цвет, поздней – черный. На рис. 1 видно большое количество черных вкраплений в

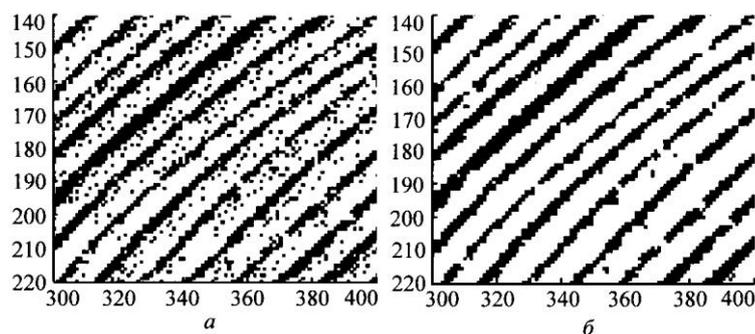


Рис. 1. Фрагменты изображения торца древесины до (а) и после (б) применения фильтра адаптивной фильтрации Винера (размерность осей в пикселях)

зоне ранней древесины. Их источниками являются ворс и маленькие капельки смолы. Для их устранения используют фильтр Винера. В системе MATLAB™ он имеет следующую запись:

$$A = wiener2(A1,[3 3]), \quad (2)$$

где $A1$ и A – исходная и преобразованная матрицы.

Функцию *wiener2* используют в алгоритме адаптивной винеровской фильтрации для подавления аддитивного гауссова белого шума [3]. Улучшенное изображение выводят на экран (рис. 1, б).

Сформированное изображение описывают матрицей A_{ij} (где i и j соответствуют положению элемента по осям Oy и Ox). Значение элемента A_{ij} , равное 1, указывает на то, что точка с координатами (j, i) – черная, $A_{ij} = 2$ – белая. Используя матрицу можно решить вторую задачу исследований – определить угол наклона годовых колец.

Точка C (рис. 2) для анализа должна быть выбрана черной (лежит в зоне поздней древесины), черные элементы должны также находиться в некоторой ее окрестности. Это достигается следующим образом: первоначально точки измерений расположены чуть выше середины толщины T пиломатериала с шагом расстановки, заданным пользователем. Для каждой точки проверяют условие: точка должна быть окружена последовательностью хотя бы из трех смежных черных точек, лежащих на одной прямой. Если это условие не выполняется, то рассматривают точку изображения (элемент матрицы цветности), расположенную под точкой, рассмотренной ранее. Алгоритм выполняется до тех пор, пока не выполнится нужное условие, либо пока рассматриваемая точка не достигнет нижней границы – 8,8 мм от нижней пласти пиломатериала, обусловленной возможностью работы алгоритма по определению наклона годовых колец к пласти пиломатериала. Если точка дошла до нижней границы, то измерение для рассматриваемой абсциссы прекращается, алгоритм начинает работать со следующей точкой.

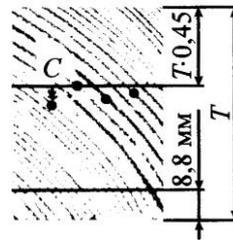


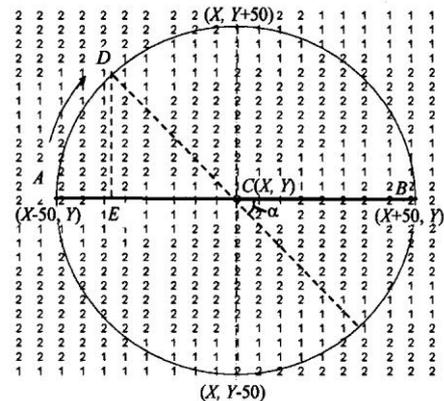
Рис. 2. Схема расположения точек замеров

После определения точки для замера осуществляют измерение угла наклона годовых колец к пласти пиломатериала. В строке матрицы A выделяют по 50 элементов слева и справа от выбранной т. C (отрезок AB , рис. 3). Подсчитывают число элементов, равных 1. Затем отрезок AB поворачивают на некоторый угол α так, чтобы начало отрезка A оказалось в строке $X-49$. Угол поворота отрезка α находят по формуле

$$\alpha = \arccos\left(\frac{EC}{CD}\right). \quad (3)$$

Снова подсчитывают число элементов, равных 1, которые пересекут отрезок в новом положении. Затем отрезок AB поворачивают так, чтобы

Рис. 3. Схема работы алгоритма определения угла наклона годовичных колец



вершина отрезка A оказалась в строке $X-48$ и подсчитывают число элементов, равных 1, и т. д., пока отрезок AB не совершит полный оборот.

Угол наклона годовичных колец α определяется таким положением отрезка AB , при котором он пересекает максимальное число элементов матрицы A , равных 1.

Для проверки правильности работы алгоритма проведено сравнение предлагаемого метода с измерением наклона годовичных колец с помощью транспортира (цена деления 1°). Было исследовано 50 образцов.

Измерения показали, что разница между этими способами не превышает $6,0^\circ$, среднеквадратическое отклонение составляет $3,16^\circ$.

Источники погрешности предлагаемого способа:

1. Дискретность вращения отрезка AB . Для сосны выбираем длину отрезка AB , равную 20 мм. Эта длина перекрывает 100 элементов матрицы (на рис. 3 для наглядности число элементов уменьшено). Уменьшение длины отрезка снижает точность определения угла наклона годовичных слоев. Большая длина отрезка приводит к тому, что он захватывает соседние слои и повышение точности не происходит. Минимальная длина отрезка ED равна 1, длина отрезка CD принята 50, тогда шаг вращения отрезка составляет

$$\Delta\alpha = \arcsin\left(\frac{1}{50}\right) = 2^\circ 50'.$$

Эта величина является теоретической погрешностью предлагаемого способа.

2. У образцов древесины, имеющих большую ширину поздней зоны годовичного слоя, может быть несколько положений отрезка, в которых он пересекает максимальное число элементов матрицы A , равных 1. В этом случае алгоритм выбирает первое положение, несмотря на то, что оно может нечетко совпадать с касательной годовичного слоя.

Источники погрешности метода, использующего транспорфир:

1. Неточность построения касательной к годовичным слоям, имеющим широкую или изогнутую зону поздней древесины.

2. Неточность построения проекции пласти, имеющей покоробленность.

Выводы

Программа, созданная на основе представленного алгоритма, дает адекватный результат для исследуемой породы – сосны. Наклон годичных колец можно распознать в зоне как ядровой, так и заболонной древесины. Различие цветовых оттенков ядровой и заболонной древесины не вносит дополнительной погрешности в определение угла наклона годичных слоев.

Однако использовать изображение, полученное непосредственно со сканера, для определения угла наклона годичных слоев нерационально. Необходимо его обрабатывать. Особое внимание следует обратить на устранение шума с полученных снимков. При сканировании древесины источником шума являются маленькие капельки смолы на торце и ворс. Указанный шум эффективно подавляют аддитивным гауссовским белым шумом, используя алгоритм адаптивной фильтрации Винера. Вместе с тем, полностью удалить шум программными средствами нельзя, поэтому требуется механическая очистка поверхности торцев пиломатериалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батин, Н.А. К составлению поставок на выпилку радиальных пиломатериалов [Текст] / Н.А. Батин, А.А. Янушкевич // Механическая технология древесины. – 1971. – Вып. 1. – С. 9–13.
2. Кетков, Ю.Л. MATLAB 6.x: программирование численных методов [Текст] / Ю.Л. Кетков, А.Ю. Кетков, М.М. Шульц. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 672 с.
3. Консультационный центр MATLAB компании «Softline» [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://matlab.exponenta.ru/imageprocess/index.php>
4. Межов, И.С. Производство радиальных пиломатериалов и заготовок [Текст] / И.С. Межов, Л.К. Осипова. // Деревообаб. пром-сть. – 1996. – № 3. – С. 8–10.
5. Черных, А.Г. Получение радиальных черновых заготовок [Текст] / А.Г. Черных, Л.В. Ильюшенко // Лесн. журн. – 2006. – № 3 – С. 46–50. – (Изв. высш. учеб. заведений).

С.-Петербургская государственная
лесотехническая академия

Поступила 27.03.06

A.G. Chernykh, L.V. Ilyushenkov

Determination of Annual Rings Tilt Angles on Timber Butt-ends by Scanning

Algorithm of image processing of timber butt-ends for mathematical description of timber section and annual rings orientation is suggested.

УДК 676.051

С.Б. Васильев

Васильев Сергей Борисович родился в 1957 г., окончил в 1989 г. Петрозаводский государственный университет, доктор технических наук, профессор кафедры технологий и оборудования лесного комплекса ПетрГУ. Имеет более 80 печатных работ в области производства различных видов древесной щепы.



ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРОЦЕСС СОРТИРОВАНИЯ ЩЕПЫ

Установлено, что наиболее значимыми факторами, влияющими на точность отсева фракций древесной щепы и производительность гирационной сортировки, являются толщина сортируемого слоя, частота и амплитуда колебаний, а также угол наклона сита.

Ключевые слова: щепа технологическая, сортировка гирационная, фракции, точность отсева.

Производство технологической щепы включает в себя окорку древесины; измельчение окоренной древесины; сортировку щепы; доизмельчение древесных частиц, размеры которых превышают допустимые; сортирование доизмельченных частиц.

На большинстве предприятий по ряду причин выполняют только первые три операции. В любом случае, сортирование измельченной древесины – завершающая операция, определяющая качество конечного продукта.

Практически во всех технологических процессах производства щепы в качестве сортирующего оборудования используют плоские гирационные сортировки, которые выполняют следующие функции: транспортирование измельченной древесины; разделение ее на фракции по линейным размерам частиц; равномерная выдача продуктов в дальнейшее производство (на транспортирующие устройства).

Совершенствовать существующее и разрабатывать новое оборудование для сортирования щепы можно только при наличии теории, адекватно описывающей процесс. Создание такой теории невозможно без проведения экспериментальных исследований.

Щепа, поступающая на сортирование, имеет значительную неоднородность размеров частиц по трем направлениям. Так, длина древесной частицы превышает толщину в 4–10 раз, ширину – в 2–4 раза. Эта особенность накладывает свой отпечаток на движение частиц щепы по ситам и в потоке, а также на прохождение их через отверстия в сортирующей поверхности.

Экспериментальные исследования были проведены в целях определения влияния частоты и амплитуды колебаний сита, угла его наклона, а

также толщины слоя сортируемого материала на скорость движения щепы по сити и точность отсева ее фракций.

Проводить экспериментальное исследование на промышленных установках весьма затруднительно, так как это приведет к недопустимым сбоям в технологическом процессе. К тому же эти установки в силу ряда обстоятельств не могут быть использованы для проверки целого ряда режимов сортирования. В связи с этим была создана экспериментальная установка, состоящая из гирационной сортировки с переменными характеристиками режимов работы; дозатора, предназначенного для изменения режима загрузки сортировки щепой; бункера для подаваемой на сортирование щепы.

Диапазоны варьируемых факторов: угол наклона сит – 2 ... 11°; амплитуда и частота колебаний – 20...80 мм и 100 ... 300 мин⁻¹; толщина слоя щепы – 20 ... 80 мм. Сито имеет отверстия размером 6 × 6 мм. Такое сито применяют на многих промышленных сортировках для отсева «мелких» фракций. Толщину слоя щепы задавали с помощью дозирующего устройства.

Опыты осуществляли методом однофакторного эксперимента. Нижний уровень при варьировании частоты и амплитуды колебаний определяли как начало устойчивого движения щепы по сити, верхний – из условия прочности экспериментальной установки.

В каждом опыте фиксировали продолжительность сортирования, объемы и фракционный состав над- и подрешетного продуктов. Отбор проб и определение фракционного состава осуществляли в соответствии с ГОСТ 15815–83 «Щепа технологическая. Технические условия».

На основе результатов, полученных в каждом опыте, определяли точность выделения фракций, скорость движения слоя щепы по сити и объемную производительность установки.

Точность отсева ε_i рассчитывали по формуле для мелких фракций:

$$\varepsilon_i = \frac{P_2 b_i}{P_1 a_i + P_2 b_i} 100\% , \quad (1)$$

где P_1 и P_2 – объем над- и подрешетного продуктов сортирования, нас. м³;
 a_i и b_i – доля i -й фракции в над- и подрешетном продуктах.

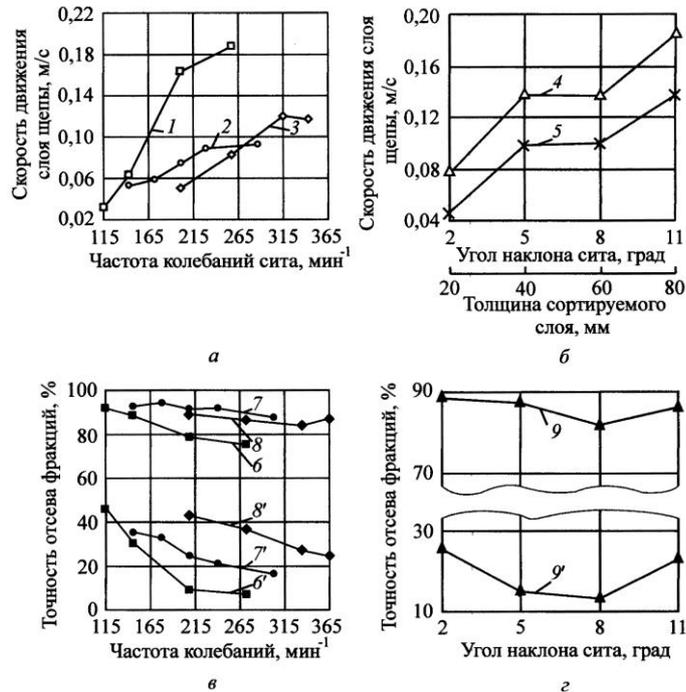
Скорость движения слоя щепы v_i определяли по следующей формуле:

$$v_i = \frac{3600 Q_i}{1000 B H_i} ,$$

где Q_i – объемная производительность установки, нас. м³/ч,

$$Q_i = \frac{3600(P_1 + P_2)}{t} ;$$

t – продолжительность сортирования, с;
 B – ширина сита, м;
 H_i – толщина сортируемого слоя, мм.



Зависимость скорости движения слоя щепы по ситам (*a, б*) и точности отсева фракций (*в, г*) от частоты колебаний (*a, в*), толщины сортируемого слоя щепы (*б*) и угла наклона сита (*б, г*): 1, б, б' – $r = 60$ мм и $H = 80$ мм; 2, 7, 7' – 40 и 60 мм; 3, 8, 8' – 20 и 80 мм; 4 – 40 и 80 мм, $n = 228$ мин⁻¹; 5 – $r = 40$ мм, 228 мин⁻¹, $\alpha = 5^\circ$; б – 9 – фракция I (остаток на сите с отверстиями диаметром 10 мм анализатора АЛГ-М); б' – 9' – фракция II (5 мм)

Полученные в ходе экспериментального исследования данные частично представлены в виде графиков, приведенных на рисунке.

Анализ экспериментальных данных позволил констатировать следующее:

с увеличением угла наклона сита от 2 до 11° производительность сортировки возрастает в 2 раза, при этом точность отсева для фракции I снижается на 2,4 %, для II – на 2,7 %;

с увеличением толщины сортируемого слоя щепы от 20 до 80 мм производительность возрастает в 8 раз, при этом точность отсева для фракции I снижается на 5,1 %, II – на 2,1 %;

задаваемая производительность и точность отсева могут быть достигнуты различным сочетанием частоты и амплитуды колебаний сита;

увеличение частоты колебаний оказывает более существенное влияние на повышение производительности и снижение точности отсева, чем изменение амплитуды.

Исследования показали, что наиболее значимыми факторами, влияющими на точность отсева фракций щепы и производительность гирационной сортировки, являются толщина сортируемого слоя щепы, частота и амплитуда колебаний, а также угол наклона сита. С целью разработки методики оптимизации конструктивных параметров сортировок экспериментальные и теоретические исследования процесса сортирования щепы необходимо продолжить.

Петрозаводский государственный
университет

Поступила 22.09.05

S.B. Vasiljev

Influence of Equipment Parameters on Chips Sorting Process

It is established that thickness of the sorted layer, frequency and oscillation amplitude, as well as screen tilt angle are the most relevant factors influencing on the accuracy of wood chips screening and gyration sorting productivity.

**ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ**

УДК 676.019.172

***А.С. Аксенов, Д.Г. Чухчин, Е.В. Новожилов,
С.В. Беневоленский, А.М. Чулкин***

Аксенов Андрей Сергеевич родился в 1982 г., окончил в 2004 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры биотехнологии АГТУ. Имеет 7 печатных работ в области использования ферментных препаратов в ЦБП.



Чухчин Дмитрий Германович родился в 1971 г., окончил в 1993 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры биотехнологии Архангельского государственного технического университета. Имеет более 50 печатных работ в области химической переработки древесины.



Новожилов Евгений Всеволодович родился в 1950 г., окончил в 1972 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры биотехнологии Архангельского государственного технического университета, член-корреспондент РАЕН, лауреат премии им. М.В. Ломоносова. Имеет около 140 научных трудов в области технологии комплексной переработки сульфитных и сульфатных щелоков, ферментных технологий в химической переработке древесины, технологий очистки сточных вод.

**ВЛИЯНИЕ ФРАКЦИЙ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ КСИЛАНАЗ
НА БЕЛИМОСТЬ СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ***

Методом ВЭЖХ установлено влияние отдельных фракций препаратов на белимость лиственной и хвойной сульфатной целлюлозы.

Ключевые слова: ксиланаза, ксилан, хроматография, сульфатная целлюлоза, белимость.

* Работа выполнена в рамках ФЦНТП по приоритетному направлению «Живые системы».

Ряд зарубежных фирм выпускают ферменты ксиланазы, предназначенные для использования в производстве сульфатной беленой целлюлозы. Они, как правило, не являются однокомпонентными и содержат разное количество индивидуальных ферментов, которые оказывают различное влияние на эффективность ферментной обработки целлюлозы. Ранее нами показано [2], что промышленно выпускаемые ферментные препараты могут существенно отличаться как по специфической активности, так и по степени очистки от посторонних активностей.

Целью данного исследования являлась оценка влияния состава ферментных препаратов на эффективность их действия как добавок, улучшающих белимость сульфатной целлюлозы.

Для разделения ферментов на фракции использовали метод ВЭЖХ (хроматографическая система «Стайер», программа «Мультихром»), который позволяет анализировать состав ферментного препарата, степень его очистки, присутствие в нем других активностей, различие фракций по молекулярной массе [1]. В препаратах ксиланаз с использованием этого метода были выделены несколько фракций. Хроматограммы различных препаратов ксиланаз имеют аналогичный вид, но наблюдаются расхождения в количестве, высоте и местоположении пиков, что связано с методами получения, выделения и очистки ферментов.

На рис. 1 приведена хроматограмма одного из ферментов, применяемых в промышленности, – Biobrite УНВ (Канада). Кроме основного пика 2, характеризующего ксиланазную активность препарата, на хроматограмме имеются также пики 1 и 3, что может свидетельствовать о присутствии в препарате посторонних активностей (фракции 1, 3). Фракция 4 содержит низкомолекулярные добавки, стабилизирующие фермент в растворе.

Выделенные фракции фермента использовали для обработки небеленой сульфатной листовенной целлюлозы. Условия обработки: продолжительность 120 мин, pH 7, температура 60 °С. Расход фракций по отношению к целлюлозе был пропорционален их содержанию в исходном препарате фермента.

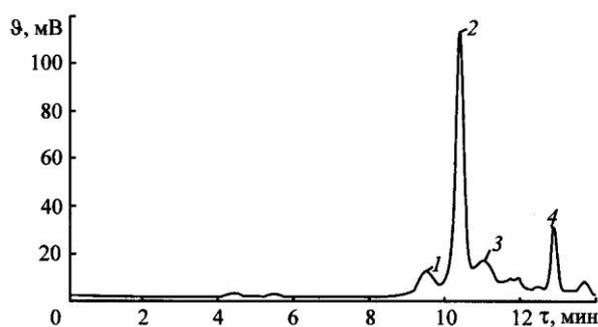


Рис. 1. Хроматограмма препарата ксиланазы Biobrite УНВ (здесь и далее, на рис. 2, номер пика совпадает с номером фракции)

Таблица 1

Ферментативная обработка небеленой лиственной сульфатной целлюлозы фракциями, выделенными из препарата Biobrite UHB

Образец	D_{237} фильтрата*	Число Каппа
Контроль**	2,1	12,8
Фермент	2,9	11,3
Фракция фермента:		
1	2,2	12,0
2	3,4	11,0
Сумма фракций 3 и 4	2,5	12,0

* В условных единицах оптической плотности.

** Здесь и далее, в табл. 3 – 5, без добавки фермента и его фракций.

Таблица 2

Характеристика активностей различных ксиланаз, определенных в одинаковых условиях

Препарат	Активность, ед./мл		Общий белок, г/л	Ксиланазная активность/ целлюлазная активность
	ксиланазная	целлюлазная		
Ксиланаза F-912	700	0,7	5,5	1000
Biobrite UHB	6000	14,9	8,0	402
Escorlp TX 200A	4100	31,0	4,5	132

Ксиланазы непосредственно не действуют на остаточный лигнин сульфатной целлюлозы, однако раскрытие структуры волокна и разрыв лигнуглеводных связей приводят к растворению лигнина [3, 4], о чем можно судить по увеличению оптической плотности фильтрата и снижению числа Каппа целлюлозы. Как видно из данных табл. 1, наибольший вклад в этот процесс внесла фракция 2, причем эффективность ее действия оказалась даже несколько выше, чем самого фермента, из которого эта фракция была выделена.

Обработка целлюлозы другими фракциями фермента также привела к снижению числа Каппа, но в гораздо меньшей степени. Поскольку дополнительное растворение лигнина имеет место, можно полагать, что минорные активности этих фракций фермента могут быть или ксиланазными, или целлюлазными. Какие именно активности проявляют минорные фракции 1 и 3, нам установить не удалось, однако, судя по данным табл. 2, в этом ферменте присутствует целлюлазная активность, вероятнее всего, принадлежащая фракции 1. При наличии такой активности в результате частичной деструкции целлюлозы растворение остаточного лигнина также интенсифицируется и, как следствие, число Каппа уменьшается. Однако, как это неоднократно было показано различными исследователями, присутствие в ксиланазах побочной целлюлазной активности ведет к снижению показателей механической прочности беленой целлюлозы.

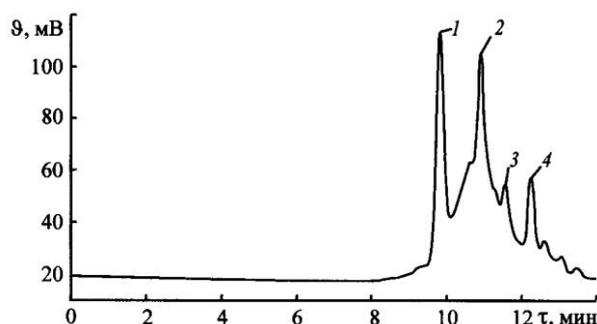


Рис. 2. Хроматограмма ферментного препарата ксиланазы F-912

В России ведутся исследования по получению препаратов ксиланаз для различных отраслей промышленности. В институте ГосНИИГенетики (г. Москва) была выделена ксиланаза с использованием штамма гриба *P. canescens* F-912 (далее ксиланаза F-912). Путем направленной модификации штамма-продуцента методами генной инженерии целлюлазная активность в препаратах этой ксиланазы была практически полностью устранена.

Как видно из данных табл. 2, доля целлюлазной активности в отечественном ферменте в несколько раз ниже, чем в зарубежных препаратах, используемых в производстве сульфатной целлюлозы. Более низкий уровень ксиланазной активности в ксиланазе F-912 объясняется тем, что этот препарат выделен в лабораторных условиях без применения методов концентрирования.

Как видно из хроматограммы ксиланазы F-912 (рис. 2), в состав препарата входит несколько фракций, различающихся по молекулярной массе. Фракции 1 и 2, обладающие активностью, имеют примерно равное соотношение в ферменте. Вещества, входящие во фракции 3 и 4 и имеющие низкую молекулярную массу (ММ), – стабилизаторы ферментного препарата.

Фракции 1 и 2 были выделены хроматографическим методом и, наряду с исходным ферментом, использованы для обработки промышленных образцов лиственной и хвойной сульфатной целлюлозы, число Каппа которых составляло соответственно 15,5 и 38,6. Условия ферментной обработки: рН 7,0, температура 60 °С, продолжительность обработки 60 мин. Расход фракций был пропорционален их содержанию в исходном препарате фермента.

Контрольный образец обрабатывали в аналогичных условиях. Для оценки белимости целлюлозы проводили начальные стадии отбелки по схеме Д₀ – Щ₁. Расход химикатов задавали в зависимости от числа Каппа небеленой целлюлозы.

Как видно из данных табл. 3, обработка и хвойной, и лиственной сульфатной целлюлозы фракциями 1 и 2 приводит к снижению числа Каппа

Таблица 3

**Влияние обработки сульфатной целлюлозы
ксилаказой F-912 и выделенными фракциями
фермента на число Каппа после начальных
стадий отбелки**

Образец	Число Каппа целлюлозы после стадий Д ₀ – Щ ₁
Контроль	14,1 / 8,7
Фермент	12,8 / 7,8
Фракция фермента:	
1	13,3 / 8,5
2	13,5 / 8,0
Сумма фракций 1 и 2	13,3 / 8,0

Примечание. В числителе приведены данные для лиственной, в знаменателе – для хвойной целлюлозы.

целлюлозы после начальных стадий отбелки. При действии на хвойную целлюлозу несколько большее снижение числа Каппа достигается при использовании фракции 1, имеющей большую ММ.

Обработка лиственной целлюлозы фракцией 2 привела к снижению числа Каппа целлюлозы по сравнению с контролем на 0,7 ед., в то время как для фракции 1 эта разница составила всего 0,2 ед. Кроме того, при обработке целлюлозы смесью фракцией 1 и 2 снижение числа Каппа было таким же, как и при действии одной фракции 2. Следовательно, фракция 2, имеющая меньшую ММ, оказалась при обработке лиственной целлюлозы значительно эффективнее фракции 1.

Использование метода ВЭЖХ позволило выявить неоднородность отечественного препарата ксиланазы и наличие в нем двух фракций, обладающих ксиланазной активностью и различающихся специфичностью действия на сульфатную хвойную и лиственную целлюлозу.

Различие в действии отдельных фракций препарата ксиланазы F-912 проявляется и при проведении отбелки хвойной сульфатной целлюлозы по полной схеме, например по схеме Ф-Д₀-Щ₁-Д₁-Щ₂-Г-Д₂-К. При равном расходе белящих химикатов у целлюлозы, прошедшей предварительную обработку фракцией 1 достигается более низкое число Каппа на промежуточной стадии отбелки и наблюдается более высокая белизна в конце ее (табл. 4). Фракция 1 по эффективности действия не уступает исходному ферменту.

Фирмы-производители ксиланаз определяют их активность по собственным методикам в разных единицах, что затрудняет объективное сравнение препаратов между собой. Наиболее достоверным методом оценки является ферментная обработка различными ксиланазами выбранного образца целлюлозы с определением числа Каппа целлюлозы на начальных стадиях отбелки, а также белизны целлюлозы после завершения отбелки. Такие исследования показали, что эффективность действия ксиланазных ферментов неодинакова.

Таблица 4

Отбелка хвойной сульфатной целлюлозы после предварительной обработки ксиланазой F-912 или выделенными фракциями фермента

Образец	Число Каппа целлюлозы после стадии Ш ₂	Белизна целлюлозы, %
Контроль	6,0	81,3
Фермент	5,3	82,9
Фракция фермента:		
1	5,3	83,2
2	5,6	82,5
3	5,8	81,6

Таблица 5

Влияние ксиланазной обработки на белимость и разрывную длину хвойной сульфатной целлюлозы

Образец	Расход, кг/т целлюлозы	Число Каппа после стадии Ш ₂	Белизна, %	Разрывная длина, м
Контроль	–	5,8	84,2	9600
Есорилр TX 200 А	0,3	4,5	85,9	8700
Ксиланаза F-912	1,5	5,0	85,8	9500

Была проведена обработка хвойной сульфатной целлюлозы с числом Каппа 38,9 различными ферментами в одинаковых условиях и ее последующая отбелка по схеме Д₀-Ш₁-Д₁-Ш₂-Г-Д₂-К (табл. 5). Ранее нами было показано [1], что промышленно выпускаемый фермент Есорилр TX 200 А имеет побочные активности, в том числе, вероятно, и целлюлазную активность. Их наличие не сказалось на делигнификации целлюлозы и ее белизне, но отрицательно повлияло на важный показатель механической прочности целлюлозы – разрывную длину. При обработке целлюлозы ксиланазой F-912, практически свободной от целлюлазной активности, при высокой белизне разрывная длина находится на высоком уровне, таком же, как у целлюлозы в контрольном опыте.

Проведенные исследования показали, что в области получения ферментных препаратов для целлюлозно-бумажной промышленности перспективным является создание монокомпонентных высокоочищенных ксиланаз, предназначенных для обработки отдельных видов целлюлозы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксенов, А.С. Промышленное использование ксиланаз при отбелке сульфатной целлюлозы [Текст] / А.С. Аксенов, Е.В. Новожилов, О.А. Демашев, А.А. Опарина // Целлюлоза. Бумага. Картон (пилотный научный выпуск). – 2006. – С. 15–17.
2. Аксенов, А.С. Характеристика ксиланаз различными методами [Текст] / А.С. Аксенов, Е.В. Новожилов, Д.Г. Чухчин // Химия и технология растительных веществ: тез. докл. IV Всерос. науч. конф. «Химия и технология растительных веществ», г. Сыктывкар. – 2006. – С. 309.

3. *Kantelinen, A.* Proposed mechanism of the enzymatic bleaching of kraft pulp with xylanases [Text] / A. Kantelinen, B. Hortling, J. Sundquist, M. Linko, L. Viikari // *Holzforschung*. – 1993. – 47. – P. 318–324.

4. *Munk, N.* Bleech boosting with xylanases: recent research results [Text] / N. Munk, A.M. Nissen, H. Lund // *Proc. 47th Appita Ann. Gen. Conf.* – 1992. – Vol. 1. – P. 257.

Архангельский государственный
технический университет

ГосНИИГенетика (г. Москва)

Поступила 13.03.06

*A. S. Aksenov, D.G. Chukhchin, E.V. Novozhilov,
S.V. Benevolinsky A.M. Chulkin*

Impact of Fractions of Xylanases Enzymatic Agents on Sulphate Pulp Brightness

The impact of certain fractions of agents on brightness of hardwood and softwood sulphate pulp is established.

УДК 676.1.038.2

М.А. Агеев

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПУЗЫРЬКОВ ВОЗДУХА ЧЕРЕЗ СЕТЬ ВОЛОКОН МАКУЛАТУРЫ

Показано, что неразрушенная структура волокнистой суспензии при концентрациях, применяемых при облагораживании макулатуры, представляет для пузырька большое гидравлическое сопротивление, приводящее к снижению в несколько раз скорости пузырька по отношению к его движению в неограниченном объеме воды. Установлена зависимость коэффициента сопротивления движения пузырька от числа Рейнольдса.

Ключевые слова: флотация, облагораживание макулатуры, пузырек воздуха, волокнистая суспензия, коэффициент гидравлического сопротивления, число Рейнольдса.

Более половины всей бумаги в мире изготавливается из вторичных волокон. Очевидность повторного использования волокнистого сырья в бумажной промышленности в настоящее время обусловлена экономическими и экологическими соображениями. Особенно важно использовать макулатуру в режиме рециклинга, т.е. получать бумагу такого же качества, как и сырье, следовательно, макулатуру необходимо облагораживать.

Основной процесс облагораживания макулатуры – удаление частиц типографской краски методом флотации. При этом эффективность удаления частиц краски во многом зависит от количества, размеров и скорости подъема пузырьков воздуха, а также от взаимодействия их с частицами краски.

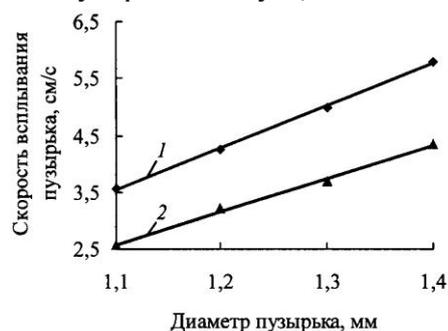


Рис. 1. Зависимость скорости всплытия пузырьков воздуха в воде от их диаметра: 1 – теоретическая; 2 – экспериментальная

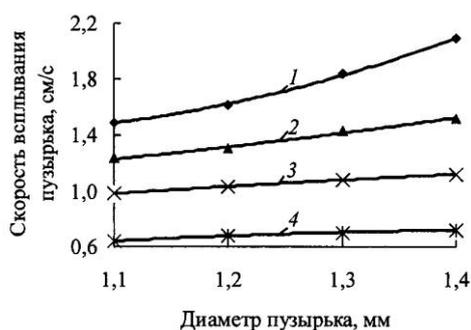


Рис. 2. Зависимость скорости всплытия пузырьков воздуха в макулатурной массе от их диаметра и концентрации массы: 1 – 0,3 %; 2 – 0,5; 3 – 0,7; 4 – 1,1 %

Поэтому изучение поведения пузырьков воздуха в волокнистой суспензии является актуальным.

В качестве вторичного волокна использовали суспензию газетной макулатуры. Среди факторов, играющих наиболее существенную роль в эффективности флотации, нами были рассмотрены: размер пузырька, степень помола волокна, концентрация волокнистой массы.

В экспериментах диаметр пузырьков варьировали в диапазоне 1,1 ... 1,4 мм, степень помола – 30 ... 50 °ШР, концентрацию массы – 0,1 ... 1,1 %.

На рис. 1 представлены теоретическая (1) и экспериментальная (2) зависимости скорости подъема пузырьков в воде от их диаметра. Теоретическая кривая вычислена по полученному Левичем уравнению [1]:

$$V = \frac{1}{9} \frac{R^2 g (\rho - \rho')}{\mu},$$

где V – скорость подъема пузырька, м/с;
 R – радиус пузырька, м;
 g – ускорение силы тяжести, м/с²;
 ρ, ρ' – плотность соответственно жидкости и газа, н·с²/м⁴;
 μ – вязкость.

Видно, что при движении в воде экспериментальные скорости подъема пузырьков отличаются от теоретических не более чем на 25 %, в то время как скорости подъема пузырьков в волокнистой суспензии (рис. 2) имеют совершенно другие закономерности. С увеличением диаметра пузырьков скорость их подъема увеличивается незначительно.

На рис. 3 представлена зависимость скорости подъема пузырьков в волокнистой структуре различной концентрации.

С увеличением концентрации волокнистой суспензии скорость движения пузырьков падает и при концентрации массы 1,5 % практически

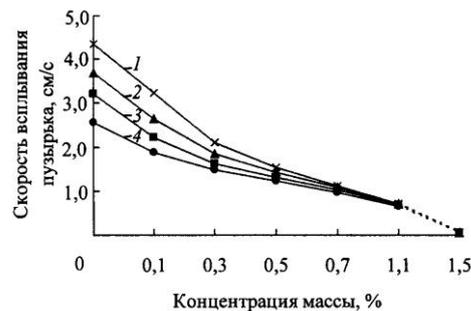


Рис. 3. Зависимость скорости всплывания пузырьков воздуха от концентрации макулатурной массы (степень помола 50 °ШР) и диаметра пузырьков: 1 – 1,4 мм; 2 – 1,3; 3 – 1,2; 4 – 1,1 мм

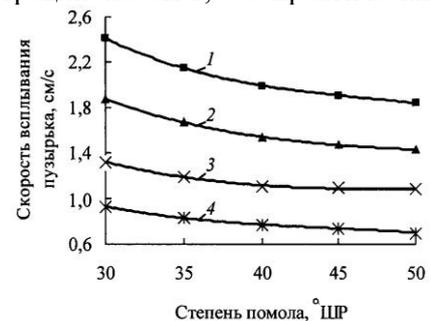


Рис. 4. Зависимость скорости всплывания пузырьков воздуха от степени помола макулатурной массы (диаметр пузырька 1,3 мм) и ее концентрации: 1 – 0,3 %; 2 – 0,5; 3 – 0,7; 4 – 1,1 %

равна нулю, поэтому и эффективность процесса флотации при такой концентрации довольно низкая.

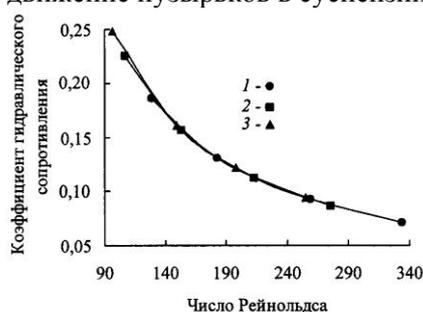
В ходе изучения влияния степени помола макулатурной массы на скорость подъема пузырьков воздуха установлено, что с увеличением степени помола скорость подъема падает (рис. 4).

Наблюдения за поведением пузырьков во флотационной ячейке показали, что если в дистиллированной воде пузырьки поднимаются практически вертикально, то в волокнистой суспензии, являющейся несжимаемой неньютоновской вязкой жидкостью, они перемещаются зигзагообразно, с переменной скоростью. Чтобы пузырьки поднялись до поверхности волокнистой суспензии, они должны преодолеть гидравлическое сопротивление структуры суспензии. При степени помола 30 °ШР размеры пор сети волокон больше, чем при 50 °ШР, поэтому гидравлическое сопротивление движению пузырьков меньше, что приводит к увеличению скорости их подъема. Высокая концентрация волокнистой суспензии увеличивает плотность сети волокон, снижая скорость подъема. При применяемых в эксперименте размерах пузырьков и концентрациях волокон структура волокнистой суспензии оставалась неразрушенной.

Для аналитического описания движения пузырьков в волокнистой суспензии рассмотрим зависимость коэффициента гидравлического сопротивления f_r от скорости подъема пузырьков воздуха или числа Рейнольдса $f_r = f(Re)$. Известно [2], что при движении пузырьков в стоксовском режиме эта зависимость выглядит следующим образом: $f = 24/Re$.

Представленная на рис. 5 экспериментальная зависимость f от Re при движении пузырьков в порах неразрушенной макулатурной суспензии показывает, что численные значения f зависят от степени помола. Это свидетельствует о том, что, во-первых, на движение пузырьков в суспензии ока-

Рис. 5. Зависимость коэффициента гидравлического сопротивления пузырька (диаметр 1,3 мм) от числа Рейнольдса и степени помола: 1 – 30 °ШР, 2 – 40, 3 – 50 °ШР



зывает влияние размер пор, во-вторых, длина пути движения пузырьков в макулатурной суспензии значительно больше, чем в чистой воде.

Выводы

1. В исследованном диапазоне размеров пузырьков их диаметр слабо влияет на скорость подъема в волокнистой суспензии (при этом форма пузырьков не отличается от сферической).

2. С увеличением концентрации макулатурной суспензии скорость пузырьков асимптотически убывает и при концентрации 1,5 % стремится к нулю.

3. В исследованном диапазоне степени помола (30 ... 50 °ШР) скорость движения пузырьков в зависимости от концентрации суспензии уменьшается на 20 ... 30 %.

4. При движении пузырьков воздуха в неразрушенной структуре волокнистой суспензии коэффициент гидравлического сопротивления является функцией только числа Re и не зависит от физико-механических свойств макулатурной суспензии при допущении, что на движение пузырьков не влияют размеры пор.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Городецкая, А.* Скорость поднятия пузырьков в воде и водных растворах при больших числах Рейнольдса [Текст] / А. Городецкая // Журн. физ. химии. – 1949. – Т. XXIII, вып. 1. – С. 71–77.

2. *Ламб, Г.* Гидродинамика [Текст] / Г. Ламб. – М.: Гостехиздат, 1947. – 928 с.

3. *Терентьев, О.А.* Гидродинамика волокнистых суспензий в целлюлозно-бумажном производстве [Текст] / О.А. Терентьев. – М.: Лесн. пром-ть, 1980. – 248 с.

Уральский государственный
лесотехнический университет

Поступила 17.01.06

М.А. Ageev

Experimental Research of Air Bubbles Movement through Fiber Net of Waste Paper

It is shown that undisturbed structure of fiber suspension under concentrations applied in wastepaper recovery means high hydraulic resistance for the bubble resulting in reduction of the bubble speed in several times with respect to its movement in the unlimited water volume. The dependence of resistance coefficient for the bubble movement on Reynolds number is established.

УДК 543.552:547.562

Н.Л. Иванченко, К.Г. Боголицын, А.Н. Шкаев, Е.Ф. Потапова

Иванченко Николай Леонидович родился в 1980 г., окончил в 2003 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры теоретической и прикладной химии. Имеет 6 печатных работ в области исследования модельных соединений структурного звена лигнина в смешанных растворителях методом вольтамперометрии.



Боголицын Константин Григорьевич родился в 1949 г., окончил в 1971 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической и прикладной химии Архангельского государственного технического университета, директор Научно-исследовательского института химии и химической технологии АГТУ, академик МАНЭБ и РАИН, заслуженный деятель науки РФ. Имеет более 350 научных трудов в области физико-химических процессов переработки древесины.



Шкаев Андрей Николаевич родился в 1970 г., окончил в 1993 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат химических наук, доцент кафедры теоретической и прикладной химии Архангельского государственного технического университета. Имеет 25 научных работ в области химии и химической технологии древесины.



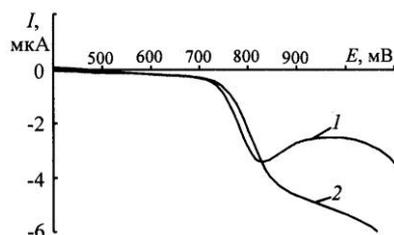
ИЗУЧЕНИЕ СОЛЬВАТАЦИИ ГВАЯКОЛА В ВОДНО-ЭТАНОЛЬНЫХ СРЕДАХ МЕТОДОМ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИИ

Установлено, что минимальная степень сольватации гваякола наблюдается при концентрации этанола 40 %, максимальная – при концентрации 0 и 60 %.

Ключевые слова: вольтамперометрия, гваякол, сольватация, коэффициент диффузии, вращающийся дисковый электрод, водно-этанольная среда.

В настоящее время для исследования процессов сольватации используют различные методы. Одни из них позволяют определять состав сольватной оболочки, например, по спектральным или калориметрическим данным, другие основаны на изучении подвижности сольватированных частиц. К ним можно отнести кондуктометрию, метод меченых атомов и вольтамперометрию [6]. Естественно, что ни один из методов не обладает универсальностью, чтобы дать полное описание такого сложного процесса, как сольватация. Тем не менее, вольтамперометрия, с нашей точки зрения, обладает рядом преимуществ по сравнению с остальными методами. Достаточная простота конструкции аппаратуры и высокая точность измерения экспериментально определяемых величин (сила электрического тока, потенциал) делают этот метод одним из самых надежных и точных для определения коэффициентов диффузии различных частиц в растворах. Вольтамперометрия, в отличие от кондуктометрии, может быть использована для

Рис. 1. Вольтамперограммы гваякола на платиновом электроде в растворе этилового (50 % об.) спирта (концентрация фонового электролита 0,1 моль/л; скорость развертки 100 мВ/с): 1 – на стационарном электроде; 2 – на вращающемся электроде (167 рад/с)



исследования неионизированных частиц. Такими частицами в кислой среде являются молекулы модельных соединений структурного звена лигнина. На основании полученных значений коэффициентов диффузии можно оценить объем сольватированных частиц и толщину сольватной оболочки в различных растворителях. Эти данные могут дать полезную информацию для более полного представления о механизме и кинетике процессов, протекающих в смешанных растворителях, которые находят широкое применение, в том числе, и как делигнифицирующие агенты.

Применение вращающегося электрода позволяет значительно увеличить чувствительность вольтамперометрического метода за счет уменьшения толщины диффузионного слоя и увеличения диффузионного потока деполаризатора к электроду. Кривые ток – напряжение при постоянной скорости вращения для неосложненного быстрого переноса заряда похожи на полярограмму. Максимумы, характерные для вольтамперных кривых, снятых на стационарных электродах, исчезают на вращающихся электродах (рис. 1).

Это объясняется тем, что поверхность электрода в форме диска, вращающегося в жидкости, является равнодоступной в диффузионном отношении. Кроме того, уменьшается диффузионный слой, а сила тока на вращающемся электроде быстро стабилизируется, что способствует установлению равновесия между скоростями диффузии и электрохимической реакции. В работах [1, 2] установлено, что значения потенциала полуволны зависят от материала электрода (вследствие адсорбционных процессов и отличия в механизме электроокисления на поверхности электрода) и скорости развертки потенциала.

Целью работы явилось определение коэффициентов диффузии гваякола в водно-этанольной среде для оценки величины сольватации во всем диапазоне концентраций (0 ... 90 % об.) смешанного растворителя.

Вольтамперометрические кривые снимали в трехэлектродной ячейке анализатора «Экотест-ВА». Электродом сравнения служил насыщенный хлорсеребряный электрод, вспомогательным – стеклоуглеродная ячейка, рабочим – платиновый дисковый электрод (площадь поверхности 0,95 мм²). В качестве фонового электролита использовали хлорид тетраметиламмония концентраций 0,1 моль/л. Концентрация гваякола во всех измерениях была постоянной и составляла 0,001 моль/л. Исследуемые растворы подкисляли соляной кислотой до pH 2. Для удаления растворенного кислорода раствор продували аргоном, насыщенным парами этанола требуемой концентрации.

Измерения проводили при температуре $(25 \pm 0,1) \text{ }^\circ\text{C}$. Для получения воспроизводимых результатов поверхность рабочего платинового электрода подвергали специальной обработке: выдерживали в концентрированной HNO_3 , промывали бидистиллятом и этанолом, полировали на фильтровальной бумаге, после чего опять промывали бидистиллятом.

Необходимо соблюдение следующих условий [3]: ламинарность и отсутствие естественной конвекции, так как все уравнения для вращающегося дискового электрода справедливы только для ламинарного потока жидкости, который должен поддерживаться при числе Рейнольдса $\text{Re} \approx 10 \div 10^4$:

$$\text{Re} = r^2 \omega v_k^{-1}, \quad (1)$$

где r – радиус вращающегося дискового электрода, включая изолирующую трубку, м;

ω – угловая скорость вращения, рад/с;

v_k – кинематическая вязкость, $\text{м}^2/\text{с}$.

На основании уравнения (1) был выбран диапазон скоростей вращения электрода $65 \dots 212$ рад/с, который удовлетворяет условиям ламинарности потока жидкости и находится в диапазоне $\text{Re} \approx 600 \div 5300$ ($r = 0,005$ м).

В случае, когда ток лимитирован исключительно скоростью массопереноса к электроду, применимо уравнение:

$$I_{\text{пред}} = 0,62nAFc_0D^{2/3}v_k^{-1/6}\omega^{1/2}, \quad (2)$$

где $I_{\text{пред}}$ – предельный ток, мкА;

n – число электронов, участвующих в электрохимической реакции;

A – площадь вращающегося дискового электрода, м^2 ;

F – постоянная Фарадея, Кл/моль;

c_0 – концентрация субстрата в объеме раствора, моль/ м^3 ;

D – коэффициент диффузии, $\text{м}^2/\text{с}$.

Из уравнения (2) следует, что измерения на вращающемся дисковом электроде могут дать информацию о числе электронов, участвующих в электрохимической реакции на электроде, коэффициентах диффузии, концентрации растворенного вещества и кинематической вязкости раствора, если известны остальные параметры [3].

Для определения коэффициентов диффузии использовали уравнение (2): $I_{\text{пред}}$ находили непосредственно из вольтамперной кривой для каждой скорости вращения электрода; кинематическую вязкость раствора принимали равной вязкости смешанного растворителя по литературным данным [4] (табл. 1).

Предельный ток в сильной степени зависит от скорости вращения электрода [3]. Согласно уравнению (2), должна наблюдаться линейная зависимость предельного тока от скорости вращения электрода и соответственно

Таблица 1

Значения предельного тока и кинематической вязкости водно-этанольных растворов гваякола

Концентрация этанола, % об.	Значения $I_{пред}$, мкА, при скорости вращения электрода, рад/с					$\nu_k \cdot 10^6$, M^2/c
	65	94	128	167	212	
0	5,64	5,90	6,50	7,00	7,28	0,896
10	4,89	5,25	5,86	6,32	6,68	1,235
20	3,94	4,38	4,82	5,41	5,76	1,724
30	3,54	3,89	4,23	4,69	5,06	2,097
40	3,68	3,97	4,42	4,84	5,32	2,360
50	3,16	3,35	3,57	3,84	4,11	2,509
60	2,68	2,87	3,11	3,32	3,49	2,539
70	3,00	3,29	3,58	3,92	4,29	2,440
80	3,58	3,95	4,42	4,89	5,32	2,201
90	4,67	5,21	5,81	6,36	7,15	1,808

полученные значения коэффициентов диффузии не должны зависеть от скорости вращения электрода.

Однако полученные экспериментальные значения коэффициентов диффузии для гваякола заметно снижаются с увеличением скорости вращения электрода в диапазоне до 167 рад/с (рис. 2). Из приведенных зависимостей видно, что коэффициенты диффузии следует определять при скорости вращения электрода более 167 рад/с, так как в этой области они практически не зависят от скорости.

По полученным данным построены графики, отражающие влияние концентрации этанола в растворе при электрохимическом окислении на вращающемся платиновом электроде при разных скоростях вращения электрода на коэффициенты диффузии гваякола (рис. 3).

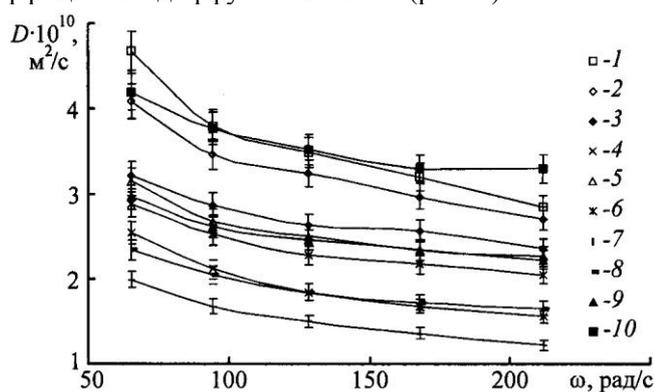
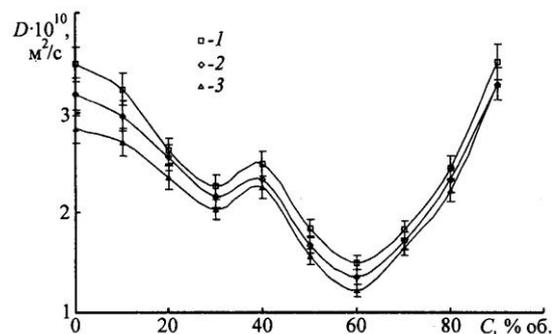


Рис. 2. Зависимость коэффициента диффузии гваякола D от скорости вращения дискового электрода ω при разной концентрации этанола, % об.: 1 – 0; 2 – 10; 3 – 20; 4 – 30; 5 – 40; 6 – 50; 7 – 60; 8 – 70; 9 – 80; 10 – 90

Рис. 3. Зависимость коэффициента диффузии гваякола (10^{-3} моль/л) от содержания в растворе этилового спирта C при разной скорости вращения рабочего электрода, рад/с:
1 – 128, 2 – 167, 3 – 212



Как видно из рис. 3, на кривой зависимости коэффициента диффузии от состава смешанного растворителя в области концентрации этилового спирта 40 % об. наблюдается максимум, а в области 30 и 60 % об. – минимумы. Вероятно, это можно объяснить перестройкой сольватной оболочки, которая происходит при переходе к более концентрированным спиртовым растворам.

По уравнению Стокса – Эйнштейна [5] были рассчитаны теоретические значения коэффициентов диффузии $D_{\text{теор}}$ гваякола в исследуемых растворах по следующей формуле:

$$D_{\text{теор}} = \frac{kT}{6\pi r\eta}, \quad (3)$$

где k – постоянная Больцмана, Дж/К;

T – температура, К;

r – радиус молекулы (принимали, что молекула представляет жестко-упругую сферу), м;

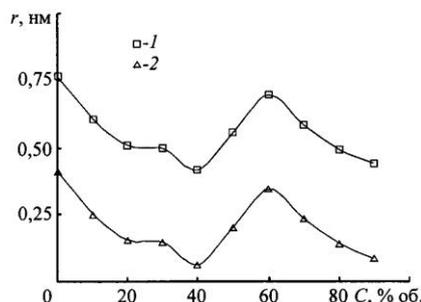
η – динамическая вязкость раствора, кг/(м·с).

Таблица 2

Значения коэффициентов диффузии гваякола, рассчитанных по уравнениям предельного тока (2) и Стокса–Эйнштейна (3)

Концентрация этанола, % об.	Значения $D_{\text{эсп}} \cdot 10^{10}$, м ² /с, при скорости вращения электрода, рад/с			$D_{\text{теор}} \cdot 10^{10}$, м ² /с
	128	167	212	
0	3,492	3,195	2,839	6,938
10	3,240	2,970	2,705	5,097
20	2,627	2,557	2,354	3,693
30	2,268	2,167	2,035	3,071
40	2,495	2,340	2,260	2,771
50	1,839	1,679	1,558	2,657
60	1,410	1,354	1,223	2,686
70	1,834	1,720	1,650	2,870
80	2,452	2,335	2,221	3,280
90	3,518	3,298	3,294	4,137

Рис. 4. Зависимость радиуса r сольватированной молекулы гваякола от концентрации этилового спирта (коэффициент диффузии определяли при $\omega = 167$ рад/с): 1 – экспериментальное значение радиуса сольватированной частицы; 2 – величина сольватной оболочки



Результаты экспериментов представлены в табл. 2; здесь же приведены численные значения коэффициентов $D_{\text{эксп}}$, вычисленные по уравнению (2). Видно, что $D_{\text{теор}}$ превышают значения $D_{\text{эксп}}$ для всех скоростей вращения дискового электрода. По нашему мнению, разница между этими значениями вызвана образованием сольватной оболочки. Как видно из рис. 4, в водном растворе молекулы гваякола сильно сольватированы, по мере увеличения объемной доли этилового спирта в водном растворе степень сольватации ослабевает и при достижении критического значения (около 40 % об.) становится минимальной. Происходящая перестройка сольватной оболочки приводит к увеличению радиуса сольватированных частиц и при 60 % об. достигает максимума, затем радиус сольватированных частиц снова уменьшается. Дальнейшее увеличение подвижности молекул гваякола в этаноле концентрацией 90 % об., по-видимому, можно объяснить влиянием на диффузию кислотно-основных свойств системы, которые изменяются с повышением доли более основного растворителя.

Выводы

С помощью метода вольтамперометрии с линейной разверткой потенциалов оценена степень сольватации гваякола в смешанном растворителе вода – этанол. Показано, что минимальная степень сольватации наблюдается при концентрации этанола 40 % об., максимальная – при концентрации этанола 0 и 60 % об.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванченко, Н.Л. Анодное окисление гваякола, гидрохинона и ванилина в водно-этанольных средах [Текст] / Н.Л. Иванченко, К.Г. Боголицын, А.Н. Шкаев, Е.Ф. Потапова // Современная наука и образование в решении проблем экономики Европейского Севера: матер. междунар. научно-техн. конф., посвященной 75-летию АЛТИ–АГТУ. – Архангельск, 2004. – Т. 1. – С. 215–217
2. Иванченко, Н.Л. Вольтамперометрия модельных соединений структурного звена лигнина в водно-этанольной среде [Текст] / Н.Л. Иванченко, К.Г. Боголицын, А.Н. Шкаев, Е.Ф. Потапова // Физикохимия лигнина: матер. междунар. конф. – Архангельск, 2005. – С. 194–197.

3. Органическая электрохимия [Текст]: в 2 кн.: Кн. 1 / Под ред. М. Байзера и Х. Лунда; пер. с англ. под ред. В.А. Петросяна и Л.Г. Феоктистова. – М.: Химия, 1988. – 470 с.
4. Справочник химика. Т. 1. [Текст]. – М.; Л., 1965. – 1008 с.
5. *Стромберг, А.Г.* Физическая химия [Текст]: учеб. для хим. специальностей вузов / А.Г. Стромберг, Д.П. Семченко. – М.: Высш. шк., 2003. – 527 с.
6. *Фиалков, Ю.Я.* Физическая химия неводных растворов [Текст] / Ю.Я. Фиалков, А.Н. Житомирский, Ю.А. Тарасенко. – Л.: Химия, 1973. – 376 с.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 5.06.06

N.L. Ivanchenko, K.G. Bogolitsyn, A.N. Shkaev, E.F. Potapova
**Studying Guaiacol Solvation in Water-ethanol Media by
Using Voltammetry Method**

It is determined that a minimal guaiacol solvation degree is observed at the ethanol concentration of 40% and a maximal one is observed at the concentration of 0 and 60%.

УДК 676.022.6

К.Г. Боголицын, Т.Э. Скребец, А.Ю. Кожевников, Е.Е. Лебединцева

Скребец Татьяна Эдуардовна родилась в 1955 г., окончила в 1978 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат химических наук, доцент кафедры теоретической и прикладной химии Архангельского государственного технического университета. Имеет более 80 научных работ в области химии древесины и ее компонентов.



НАТРОННАЯ ВАРКА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ С ОРГАНИЧЕСКИМ РАСТВОРИТЕЛЕМ

Показано, что введение этанола в варочный раствор при натронной варке целлюлозы позволяет снизить температуру процесса, а следовательно, сохранить углеводную составляющую и получить полуфабрикат средней жесткости нормального выхода.

Ключевые слова: делигнификация, органосольвентная и натронная варка древесины.

Современные тенденции развития химико-лесного комплекса направлены на разработку и реализацию экологически безопасных технологий комплексной переработки древесины с целью получить качественные волокнистые полуфабрикаты, бумагу, картон и ценные побочные продукты.

Органосольвентные способы производства целлюлозы, основанные на использовании органических растворителей, признаны наиболее перспективными с экологической точки зрения и позволяют отказаться от применения серосодержащих варочных растворов, уменьшить продолжительность процесса, значительно снизить водопотребление; дают возможность создать замкнутый цикл благодаря несложной схеме регенерации органических растворителей из отработанных щелоков. В результате таких варок можно получить целлюлозу, не уступающую по прочности сульфатной [1, 5].

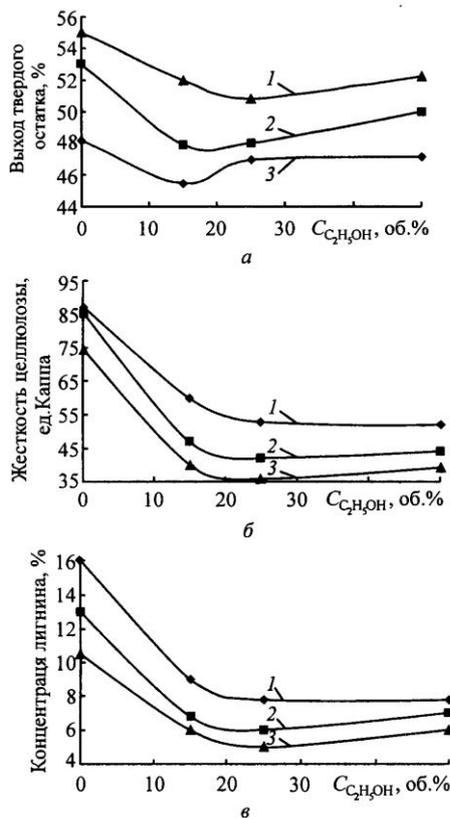
В качестве среды при проведении таких процессов используют различные протолитические и апротонные органические растворители, а также их смеси с водой, в качестве окислителя – молекулярный кислород, озон и т.д. Варку с органическими растворителями можно рассматривать как вполне жизнеспособный метод, который в будущем может стать основным при производстве целлюлозы благодаря относительно низким затратам на строительство новых заводов, отсутствию загрязнения окружающей среды и возможности выделения лигнина, пригодного для получения ценных продуктов [2].

Введение в состав растворителя алифатических спиртов, в частности этанола, увеличивает растворимость лигнина, интенсифицирует окислительные процессы, происходящие с ним, способствует диффузии реагентов на стадии пропитки [4]. Как правило, процесс делигнификации со смешанным водно-этанольным растворителем ведут в присутствии минеральных кислот. Щелочная делигнификация с органическими растворителями менее изучена.

Перед нами стояла задача – оценить возможность модификации процесса натронной делигнификации путем введения в систему этанола.

Для выбора оптимальных технологических параметров были проведены варки при конечной температуре $T = 160, 165, 170$ °С, начальной концентрации гидроксида натрия $C_{\text{NaOH}} = 3 \dots 6$ % (в ед. NaOH) и содержании этанола в варочном щелоке $C_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = 0 \dots 50$ об. %. Навеску еловой щепы (40 г. абс. сухой древесины) обрабатывали водными и водно-этанольными растворами NaOH. Гидро модуль варки 5. Варку осуществляли в стальных автоклавах вместимостью 400 мл, вращающихся в глицериновом термостате, по следующему температурному графику: подъем температуры до 120 °С – 1 ч, стоянка при 120 °С – 0,5 ч, подъем до конечной температуры – 0,5 ч. Варку при конечной температуре проводили в течение 5 ч. После варки автоклавы охлаждали, древесный остаток промывали водой до нейтральной реакции, сушили до воздушно-сухого состояния и определяли выход, степень делигнификации (жесткость) и содержание остаточного лигнина. Отработанный щелок сливали и анализировали на содержание лигнина и активной щелочи.

Полученные результаты были обработаны и представлены в виде графиков (рис. 1 – 3) зависимости выхода, жесткости целлюлозы, содержания лигнина в твердом остатке от температуры, концентрации щелочи, содержания этанола и продолжительности варки.



Как показал анализ графиков, варка водным раствором щелочи в этих условиях дает очень жесткую целлюлозу (74 ...

87 ед. Каппа) относительно невысокого выхода (48 ... 57%). Введение в варочный раствор этанола уже в количестве 15 % значительно ускоряет процесс, так как за ту же продолжительность варки (5, 6 и 7 ч) получена целлюлоза жесткостью 37 ... 63 ед. Каппа при выходе 45 ... 48%. Однако такое соотношение жесткости и выхода целлюлозы не является оптимальным.

Дальнейшее увеличение содержания этанола в смеси до 25 об. % обеспечивает повышение выхода при наименьшей жесткости (степень делигнификации наибольшая): 51,9; 42,5; 35,7 ед. Каппа соответственно при продолжительности варки 5, 6 и 7 ч (рис. 1, а). При этом содержании этано-

Рис. 1. Зависимость выхода твердого остатка (а), жесткости целлюлозы (б) и содержания лигнина в древесном остатке (в) от концентрации этанола при разной продолжительности варки ($C_{NaOH} = 6\%$, $T = 160^\circ C$): 1 – 5 ч, 2 – 6, 3 – 7 ч

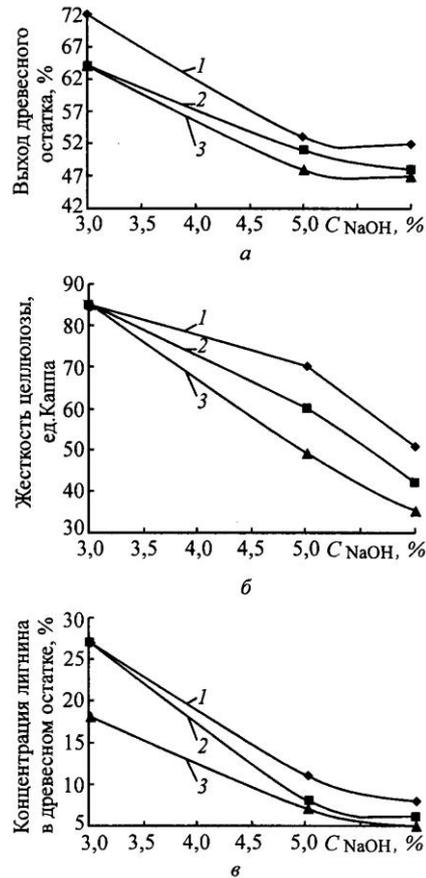


Рис. 2. Зависимость выхода целлюлозы (а), степени ее делигнификации (б) и содержания лигнина в древесном остатке (в) от концентрации щелочи при разной продолжительности варки ($T = 160^\circ C$, $C_{C_2H_5OH} = 25$ об. %): 1 – 5 ч, 2 – 6, 3 – 7 ч

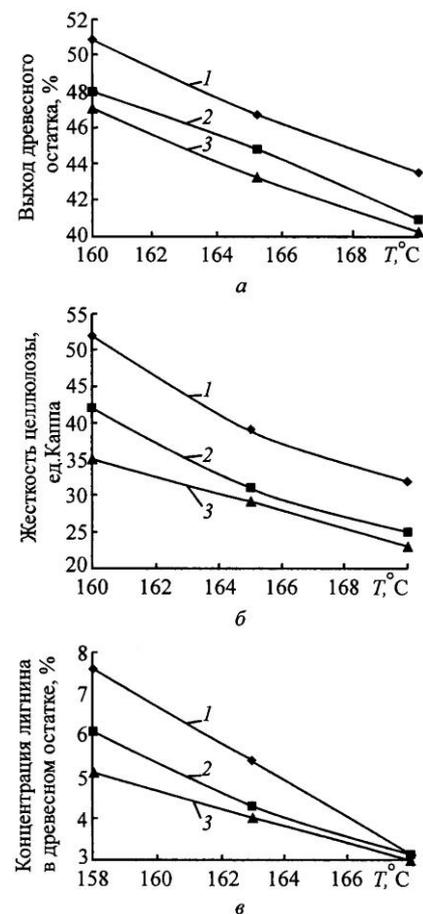
ла доля лигнина в твердом остатке минимальна и составляет 7,6; 6,2 и 5,2 % соответственно для 5, 6 и 7 ч варки (рис. 1, в). При дальнейшем увеличении содержания этанола до 50 об. % доля лигнина в твердом остатке несколько возрастает при 6 и 7 ч варки, величина числа Каппа и выход остаются примерно на том же уровне. Поскольку полученная целлюлоза имеет более темный цвет, было высказано предположение, что лигнин, интенсивно растворяющийся в варочной среде, содержащей 50 об. % этанола, на заключительной стадии варки осаждается на волокно и не удаляется при промывке водой.

Таким образом, содержание в варочном растворе 25 об. % этанола представляется необходимым и достаточным для достижения оптимального соотношения выхода и качества целлюлозы. При концентрации щелочи 6 % (рис. 2, а–в) были получены образцы жесткостью 51,9; 42,5; 35,7 ед. Каппа при выходе целлюлозы 50,7 ... 47,1 %. Снижение начальной концентрации щелочи до обычной в начале натронной или сульфатной варок (расход – 23,3 % в ед. Na_2O) не дало положительных результатов. За 5 ч варки при этих условиях древесина не проваривалась и не разбивалась на волокна струей воды.

На рис. 3, а–в показана связь между выходом, жесткостью, содержанием лигнина в целлюлозе и температурой варки при разной продолжительности процесса. Подъем температуры до 170 °С позволяет получить целлюлозу жесткостью 28 ... 34 ед. Каппа в зависимости от продолжительности варки. Выход составляет менее 42,5 % и снижается при увеличении продолжительности варки до 7 ч (рис. 3, а). Доля лигнина в целлюлозе остается практически постоянной (рис. 3, в). Варка на почти не ведет к снижению при увеличении времени до 7 ч, а содержание лигноза равномерно последние 3 ч варки.

Рис. 3. Зависимость выхода целлюлозы (а), степени ее делигнификации (б) и содержания лигнина в древесном остатке (в) от температуры при разной продолжительности варки ($C_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}}=25\text{об. \%}$, $C_{\text{NaOH}}=6\%$):

1 – 5 ч, 2 – 6, 3 – 7 ч



лигнина в целлюлозически постоянной 160 °С, наоборот, жению выхода мени варки от 6 лигнина в целлюлозе уменьшается в

Продол-	Выход	Степень	Доля лигнина	Концентрация	Содержание
---------	-------	---------	--------------	--------------	------------

жительность процесса, ч	продукта, %	делигнификации, ед. Каппа	в твердом остатке, %	активной щелочи, г Na ₂ O/л	лигнина в щелоке, г/л
5	50,7±2,3	51,9±0,6	7,6±0,4	23,0±2,1	5,2±0,03
6	47,8±2,2	42,5±0,8	6,2±0,2	21,4±2,2	5,5±0,02
7	47,1±3,0	35,7±2,4	5,2±0,02	20,8±1,7	5,6±0,02

В результате анализа экспериментальных данных были предложены оптимальные параметры процесса варки в водно-этанольном растворе щелочи: конечная температура варки $T = 160$ °С, $C_{\text{NaOH}} = 6$ %, $C_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = 25$ об. %. Характеристики твердого остатка и отработанного щелока варок, проведенных в оптимальных условиях, представлены в таблице.

Так как определение содержания лигнина в волокнистом полуфабрикate – процесс сложный и длительный, по экспериментальным данным была построена зависимость этого показателя (%) от жесткости целлюлозы (ед. Каппа). По уравнению прямой с коэффициентом корреляции 0,98 был получен коэффициент пересчета, равный 0,14 (для сульфатной и сульфитной целлюлозы коэффициент составляет соответственно 0,15 и 0,17) [3].

Выводы

Введение этанола в варочный раствор при натронной варке с оптимальными условиями (конечная температура варки 160 °С, $C_{\text{NaOH}} = 6$ %, $C_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = 25$ об. %) позволяет снизить температуру варки, а следовательно, сохранить углеводную составляющую и получить полуфабрикат средней жесткости нормального выхода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боголицын, К.Г. Экологически безопасные технологии химической переработки древесины [Текст] / К.Г. Боголицын, Т.Э. Скребец // The 5th international forum «Aims for future of engineering science»: Proceeding, May 2-8, 2004. – Paris, France, 2004. – P. 475–478.
2. Буров, А.В. Органосольвентный процесс делигнификации [Текст] / А.В. Буров, А.В. Бейгельман, Т.Л. Луканина // Бум. пром-сть. – 1989. – № 2. – С. 15–16.
3. Оболенская, А.В. Практические работы по химии древесины и целлюлозы [Текст] / А.В. Оболенская [и др.]. – М.: Лесн. пром-сть, 1965. – 441 с.
4. Скребец, Т.Э. Изменение свойств диоксанлигнина после щелочной обработки в присутствии этанола [Текст] / Т.Э. Скребец, К.Г. Боголицын, Д.Г. Чухчин, С.А. Вербицкая // Лесн. журн. – 2004. – № 3. – С. 106–110. – (Изв. высш. учеб. заведений).
5. Dahlmann, G. Solvent pulping – the no-odor approach to chemical pulping [Text] / G. Dahlmann, M.C. Schroeter // Междунар. симпозиум «PapFor-92»: тез. докл. – 1992. – С. 297–315.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 7.06.06

K.G. Bogolitsyn, T.E. Skrebets, A.Yu. Kozhevnikov, E.E. Lebedintseva
Alkaline Pulping with Organic Dissolvent

It is shown that introduction of ethanol into the cooking liquor in alkaline pulping allows to decrease cooking temperature and consequently to preserve carbohydrate constituent and produce a semi-finished product of average hardness and normal yield.



УДК 630*339.137.2 (100)

А.П. Чистякова

Чистякова Анастасия Петровна родилась в 1977 г., окончила в 2000 г. С.-Петербургскую государственную лесотехническую академию, ассистент кафедры маркетинга и основ менеджмента СПбЛТА. Имеет 3 печатные работы в области минимизации транзакционных издержек в лесопромышленном комплексе.



МИНИМИЗАЦИЯ ТРАНСАКЦИОННЫХ ИЗДЕРЖЕК КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА

Рассмотрены положение ЛПК России и возможные пути решения существующих проблем на основе снижения транзакционных издержек и создания развитой контрактной системы.

Ключевые слова: ЛПК, лесной рынок, транзакционные издержки, контрактная система, системный анализ.

Лесная отрасль России – единственная из сырьевых отраслей, которая за последнее десятилетие не дала прироста, ее эффективность по сравнению с 1990 г. значительно снизилась.

Россия обладает колоссальным потенциалом для развития лесного комплекса. Расчетная лесосека приближается к 550 млн м³, однако, по официальным данным, используется чуть более 160 млн м³ и, по оценке председателя Комитета Государственной думы по природным ресурсам и природопользованию А.С. Белякова [1], еще примерно 20 % в теневой экономике (от официальной лесозаготовки в 2002 г.).

В настоящее время браконьерство достигло масштабов, вполне сопоставимых с деятельностью крупных лесозаготовительных компаний. Маловероятно, что это происходит без ведома властей на местах, слишком заметен ущерб.

Однако ситуация с годами только усугубляется, тем более что со сбытом краденого пока не возникает больших проблем: контрабанда древесины, даже по самым скромным оценкам, составляет около 30 % сверх объемов легального российского экспорта необработанных лесоматериалов. По отдельным свидетельствам, в сопредельных с Россией районах Китая возник целый комплекс лесоперерабатывающих предприятий, ориентированных на контрабандное сырье как основной источник производства.

В денежном выражении потенциал ЛПК оценивается в 100 ... 140 млрд долл. в год, в то время как от экспорта лесопродукции Россия получает всего 4 ... 5 млрд долл.

На долю природоэксплуатирующего сектора, в том числе ЛПК, приходится 25 ... 30 % ВВП. В то же время его доля в доходах бюджета РФ не превышает 15 %. Остальная часть присваивается различными агентами технологической и транзакционной цепочек, по которым распределяется продукция этого сектора. Чем длиннее цепочка, тем больше вероятность ее использования для покрытия нерациональных затрат входящих в нее организаций и создания условий для «успешного» развития теневой экономики. Это замечание в первую очередь относится к длине транзакционных цепочек с характерными для них денежными и неденежными составляющими затрат. Транзакционные цепочки ЛПК, вследствие специфики инфраструктурных факторов и недостатков законодательства, оказываются более длинными, чем это обусловлено спецификой технологических процессов, в результате чего поставщик и потребитель часто не могут самостоятельно выйти на рынок.

Кроме того, каждый из субъектов транзакционной цепочки заинтересован в присвоении максимальной части прибыли, что с точки зрения доходов бюджета допустимо, если все субъекты находятся в правовой сфере государства. Наконец, в сложившейся современной экономической ситуации крайне высоки коммерческие риски (неплатежи потребителей, необязательность поставщиков и посредников, срыв поставок и т. д.), что определяется в первую очередь отсутствием развитой системы контрактации на лесном рынке.

В результате перечисленных факторов в ЛПК чрезвычайно высоки транзакционные издержки. Так, например, известно, что некоторые деревообрабатывающие предприятия закупают сырье на внешних рынках, хотя на внутреннем рынке цены на аналогичную продукцию ниже. Поскольку предприятия предпочитают переплачивать за сырье, то разницу цен на этих рынках можно считать величиной несколько меньшей, чем практически сложившиеся транзакционные издержки.

Контрактная система купли – продажи лесобумажной продукции формируется на лесном рынке, который может быть охарактеризован как система экономических, правовых и социальных взаимоотношений между контрагентами при производстве, распределении, обмене и потреблении лесных товаров. Согласно этому определению лесной рынок представляет собой сложную систему денежных и неденежных взаимоотношений и соответствующих им затрат, которые несут контрагенты.

Важнейшей проблемой является изучение и разработка научных основ контрактации лесного рынка на основе его системного анализа как многофакторной, целостной системы, обладающей исключительно сложной структурой. Это связано с тем, что контрактные отношения включают в себя множество закономерностей и взаимосвязей, которые необходимо рассматривать как единый организм, т. е. развитую целостную систему с присущи-

ми ей внутрисистемными взаимодействиями и связями. Поэтому основной задачей системного анализа контрактных отношений становится выявление и исследование основных системообразующих факторов, их внутрисистемной иерархии и механизма реализации (взаимодействия элементов системы). В силу целостности системы любое нарушение, например характерный для настоящего времени правовой беспредел (кризис законности), в каждом из ее элементов ведет к кризису всей системы в целом.

При исследовании контрактации как системы, образованной широким спектром разноплановых элементов, являющихся предметом изучения самостоятельных научных дисциплин (экономика, право, социология, политология и т. д.) и обладающих различными взаимосвязями, эту систему, в методическом плане, целесообразно выделить как качественно однородные элементы – подсистемы. К сожалению, очень часто системы не реализуют полностью тех функций, для выполнения которых они создавались. В связи с этим особое значение приобретает точная формулировка и определение относительных приоритетов и целей, выдвигаемых при их создании. Наиболее перспективным представляется метод анализа ключевых факторов, который во многих случаях применения системного анализа сложных систем дает возможность успешно решить проблему повышения эффективности их функционирования.

Одной из самых важных задач является определение количественной меры, позволяющей объективно определить, достигается ли экономический или какой-либо иной положительный эффект на самом деле. В противном случае такая оценка невозможна либо будет носить крайне субъективный характер.

Как основной ключевой экономической показатель эффективности контрактации в лесопромышленном комплексе рассматривается снижение транзакционных издержек, которые по своей сущности позволяют оценить все совокупные издержки (СТИ), как денежные (ДТИ), так и неденежные (НТИ):

$$\text{СТИ} = \text{ДТИ} + \text{НТИ}. \quad (1)$$

Системный подход, основанный на анализе СТИ, позволяет вводить количественную меру для каждого из элементов системы, что представляется наиболее целесообразным путем исследования логики осуществления транзакций и объективной оценки их экономической целесообразности при контрактации на лесном рынке. Выбирая оптимальные типы, масштабы и последовательности транзакций, обеспечивают снижение совокупных издержек контрактной системы в целом. Достижение минимума издержек служит критерием оптимального построения системы контрактации.

Многие основные положения теории транзакционных издержек разработаны О.И. Уильямсоном [4]. Основная классификация контрактов, названная им простой, исходит из допущения, что товар или услуга производятся с использованием любой из двух альтернативных технологий: первая – общего, вторая – специального назначения. Последняя требует большего объема инвестиций в транзакционно-специфические активы длительного

пользования и более эффективна при наличии устойчивого спроса на производимую на ее основе продукцию.

Обозначив через k степень транзакционной специфичности активов, можно сказать, что для транзакций, исполнение которых требует технологий общего назначения, $k = 0$. Если же для реализации транзакций применяется технология специального назначения, то $k > 0$. В данном случае используемые активы специализированы относительно конкретных потребностей участников сделки. Следовательно, если транзакции такого типа преждевременно прекращаются, то неизбежны и потери в экономической ценности этих активов. Подобным транзакциям соответствует ситуация двусторонней монополии.

Хотя классическая рыночная контрактация, которая начинается точной формулировкой соглашения и заканчивается его четким выполнением, удовлетворяет условиям транзакций типа $k = 0$, не поддерживаемый специальными механизмами рыночный способ управления транзакциями вызывает опасения всякий раз, когда применение значительных транзакционно-специфических активов связано с риском.

Во втором случае стороны заинтересованы в создании гарантий конкурентных отношений для защиты своих инвестиций. Обозначим степень таких гарантий через s . При $s = 0$ контракт заключается без предоставления каких-либо гарантий; при их наличии $s > 0$.

Транзакции, эффективно поддерживаемые активами общего назначения ($k = 0$), не нуждаются в защитных структурах управления. Дискретная рыночная контрактация удовлетворяет требованиям подобных транзакций. Конкуренция является здесь главной особенностью «внутреннего мира» контракта.

Транзакции, предполагающие значительные инвестиции транзакционно-специфического типа ($k > 0$), эффективны на условиях двусторонней торговли. Если транзакции не поддерживаются гарантиями ($s = 0$), то цена безубыточности очень велика. Подобные транзакции подвержены контрактной нестабильности. Транзакции, предусматривающие предоставление гарантий ($s > 0$), защищены от рисков экспроприации связанных с ними инвестиций.

Так как цена безубыточности и тип управления механизма сделкой тесно связаны между собой, участники контракта не должны рассчитывать на то, что будут нести небольшие расходы на осуществление сделки, не предоставляя никаких гарантий. Другими словами, важно изучать контрактный процесс в его целостности. Причем усилия и способ реализации контракта зависят от характеристик инвестиций и соответствующих структур управления, в рамках которых осуществляется транзакция.

О.И. Уильямсон [4] выделил транзакционные издержки *ex ante* и *ex post*, возникающие до и после заключения сделки. Исходя из этого С. Малахов [2, 3] предложил осуществлять классификацию транзакционных издержек в соответствии с этапами заключения сделки.

Транзакционные издержки ЛПК

Издержки ex ante	Издержки ex post
<p>Издержки поиска информации включают затраты на поиск информации о потенциальном партнере, о ситуации на лесном рынке, а также потери, связанные с неполнотой и несовершенством приобретенной информации</p> <p>Издержки ведения переговоров включают затраты на ведение переговоров об условиях и форме сделки по поставке продукции ЛПК</p> <p>Издержки измерения касаются затрат, необходимых для измерения качества товаров ЛПК и услуг, по поводу которых совершается сделка</p> <p>Издержки заключения контракта отражают затраты на юридическое или нелегальное оформление сделки</p>	<p>Издержки мониторинга и предупреждения оппортунизма касаются затрат на контроль за соблюдением условий сделки на лесном рынке и предотвращение контрагентами уклонения от выполнения этих условий</p> <p>Издержки спецификации и защиты прав собственности включают расходы на содержание судов, арбитража, затраты, необходимые для восстановления нарушенных в ходе выполнения контракта прав</p> <p>Издержки защиты от третьих лиц включают затраты на защиту от претензий третьих лиц (государство, организованная преступность и т. д.) на часть полезного эффекта, полученного в результате сделки на лесном рынке</p>

Выделяя в качестве этапов заключения сделки поиск партнера, согласование интересов, оформление сделки, контроль за ее выполнением, классификацию транзакционных издержек ЛПК можно представить в виде таблицы.

Определение границ функционирования рыночных отношений через транзакционные издержки позволяет более четко определить зону или сферу действия контрактной системы между контрагентами в процессе распределения, обмена и потребления лесных товаров и услуг как внутри государства, так и за его пределами. При этом, поскольку транзакционные издержки при распределении и обмене никогда не бывают нулевыми, то сфера распределения оказывает через рыночный механизм непосредственное влияние на сферу производства, что полностью замыкает круг действия рыночных отношений между контрагентами.

Таким образом, границами действия контрактной системы купли – продажи лесных товаров и услуг в условиях рыночных отношений следует считать момент, когда выгода от контрактной сделки сравняется с транзакционными издержками и один из контрагентов понесет определенный убыток.

Основными правилами осуществления коммерческих сделок купли – продажи лесных товаров в ЛПК, соблюдение которых приведет к существенному снижению транзакционных издержек, являются правила:

– неукоснительного соблюдения правовых нормативных актов, определяющих порядок подготовки и юридического оформления рыночных отношений в ЛПК;

– активного и эффективного сбора, анализа и использования информации для изучения потенциальных партнеров;

– экономической выгоды от предотвращения излишних издержек над прямой экономией затрат, непосредственно связанных с осуществлением контрактации на лесном рынке.

Эффективное выполнение этих правил возможно только при создании в России оптовых рынков леса и развитой контрактной системы, поскольку в сложившихся в настоящее время условиях хозяйствования только цивилизованный, а не теневой рынок определяет стабильное развитие экономики лесного комплекса отдельных регионов и России в целом. Такой рынок можно создать только при совместных усилиях всех участников этого рынка (лесозаготовители, деревообрабатывающие предприятия, целлюлозно-бумажные комбинаты и т. д.) и государственных органов управления и регулирования.

Приведенные правила осуществления трансакций в ЛПК позволяют предъявить некоторые общие требования к лесным биржам, действительно способным эффективно функционировать в современных экономических условиях.

В частности, из первого правила вытекает необходимость эффективного регулирования деятельности лесных бирж и контроль за ней со стороны государства. Законодательное требование о продаже продукции ЛПК только через лесные биржи поставило бы вне закона все сделки, осуществляемые другими способами и при соответствующих административных или уголовных санкциях, привело бы к неукоснительному соблюдению правовых актов как со стороны продавцов, так и покупателей лесопродукции.

Правило активного и эффективного сбора, анализа и использования информации для изучения потенциальных партнеров по сделкам купли – продажи в ЛПК может быть осуществлено путем создания электронных бирж лесопродукции, что при условии прозрачности сделок для всех участников лесного рынка, очевидно, способствовало бы и реализации первого правила снижения трансакционных издержек.

Реализация третьего правила при эффективном функционировании лесных бирж возможна за счет снижения следующих трансакционных издержек: поиска информации, ведения переговоров, спецификации и защиты прав собственности, защиты от третьих лиц.

В России государство как собственник лесных ресурсов должно активнее участвовать не только в организации их эффективного использования и воспроизводства, но и в решении проблем институциональной экономики лесного сектора, включая и рассмотренные в данной статье.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Беляков, А.С.* Ориентиры для лесного комплекса [Текст] / А.С. Беляков // Экономика России – XXI век. – 2003. – № 11.
2. *Малахов, С.* Трансакционные издержки в российской экономике [Текст] / С. Малахов // Вопросы экономики. – 1997. – № 7. – С. 77–86.
3. *Малахов, С.* Трансакционные издержки и макроэкономическое равновесие [Текст] / С. Малахов // Там же. – 1997. – № 11. – С. 78–96.
4. *Уильямсон, О.И.* Экономические институты капитализма: Фирмы, рынки «отнашенческая» контракция [Текст] / О.И. Уильямсон. – СПб.: Лениздат. CEV Press, 1996. – 702 с.

С.-Петербургская государственная
лесотехническая академия

Поступила 22.10.04

A.P. Chistyakova

**Minimization of Transaction Costs as Factor of Increasing
Efficiency of Forest Complex**

The situation in forest-industrial complex of Russia is considered as well as possible ways of solving the current problems by reducing transaction costs and creation of the developed contract system.

УДК 630*651.7:34

И.Е. Шадаева

Шадаева Ирина Евгеньевна родилась в 1973 г., окончила в 1995 г. С.-Петербургский университет экономики и финансов, депутат Законодательного собрания Ленинградской области, член комиссии по природопользованию и экологической безопасности.



ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗДЕЛЕНИЯ ФУНКЦИЙ ЛЕСХОЗОВ*

Рассмотрены возможные варианты разделения лесохозяйственных функций с частичной их передачей лесопользователю. Произведена оценка эффективности разделения с позиций государства, лесхоза, лесопользователя.

Ключевые слова: лесхоз, лесопользователь, управление лесами, арендатор, разделение функций лесхозов, трансформация лесных отношений.

Реформа по разделению функций в лесном хозяйстве требует всесторонней оценки эффективности ее проведения. Сложившаяся практика выполнения лесохозяйственных работ характеризуется соединением в одном объекте (государственном лесхозе) производственных функций с функциями управления и контроля, что приводит к нарушениям лесоводственных требований, лесного законодательства, различным злоупотреблениям. Низкий уровень бюджетного финансирования лесохозяйственных работ усиливает негативные стороны ведения лесного хозяйства.

Предварительные экономические результаты от разделения функций подсчитаны по лесхозам Агентства лесного хозяйства по С.-Петербургу и Ленинградской области (далее – Агентство лесного хозяйства). Исходя из существующих форм отчетности лесхозов и выполняемых ими работ, все затраты были разделены по функциям.

Под управлением лесами понимается особый вид непроизводственной деятельности по выполнению комплекса работ и мероприятий в целях эффективного использования, воспроизводства, охраны и защиты лесного фонда в интересах государства (собственника)**. Результатом управленческой деятельности является услуга, оказываемая собственнику лесного фонда. С функциями управления лесами связаны затраты: на оплату труда руководителей, специалистов, служащих и лесников в соответствии с типовой структурой штатов лесхозов по управлению лесами; начисления на заработную плату; часть расходов на содержание аппарата управления и общепро-

* В порядке постановки вопроса.

** Петров, В.Н. Экономико-правовые отношения в управлении лесами и лесохозяйственном производстве [Текст] / В.Н. Петров [и др.]. – СПб.: СПбГЛТА, 2003. – 200 с.

изводственных; капитальные затраты; покрытие невозмещенных затрат социальной сферы, расходы по прочим видам деятельности.

С функциями лесохозяйственного производства связаны: оплата труда специалистов и служащих в части, соответствующей целям лесохозяйственного производства; начисления на заработную плату; общепроизводственные расходы на лесозащитные работы, обеспечение биологического разнообразия, гидролесомелиоративные работы и мероприятия, содержание лесопитомников, мероприятия по профилактике и подготовке к тушению лесных пожаров, тушение лесных пожаров, переработку лесных ресурсов, лесохозяйственные, лесовосстановительные, прочие виды работ и мероприятий.

Для обеспечения достоверности и сопоставимости результатов производили корректировку фактических затрат.

Расходы на содержание лесохозяйственного аппарата и общепроизводственные расходы распределяли «котловым» методом, пропорционально фондам оплаты труда. Расходы на содержание лесохозяйственного аппарата суммировали с общепроизводственными расходами и делили на фонд оплаты труда лесохозяйственного аппарата, в результате определяли коэффициент увеличения расходов, который учитывали при определении фонда оплаты труда по функции управления лесами.

К функции управления лесами добавлены затраты на содержание областного Агентства лесного хозяйства в размере годовых затрат согласно смете на 2005 г. (вариант 1 – существующий).

Затраты, передаваемые арендатору, увеличены на сумму амортизационных отчислений (вариант 2 – аренда с ведением лесного хозяйства).

Таблица 1

Распределение затрат лесного хозяйства по функциям

Лесхоз	Затраты, тыс. р.			
	Всего	Управление	Лесохозяйственное производство	
			оставляемое в лесхозах	передаваемое арендатору
Бокситогорский	22149,7	9839,0	2423,1	9887,6
Вознесенский	12352,2	6654,4	888,8	4809,0
Винницкий	13635,3	6401,5	1563,0	5670,8
Волосовский	51313,0	10231,3	24798,9	16282,8
Волховский	21864,8	8749,4	2910,8	10204,6
Вырицкий	11248,9	5412,0	969,2	4867,7
Гатчинский	21756,6	9182,0	1968,3	10606,3
Гатчинский ССЛЦ	3749,1	–	3749,1	–
Ефимовский	20936,2	7711,2	4384,9	8840,1
Кингисеппский	41688,3	10065,9	4011,8	27610,6
Киришский	17126,6	7299,8	2087,8	7739,0
Кировский	18047,5	8561,6	1469,0	8016,9
Лисинский л/т	42295,5	8206,1	19286,4	14803,0
Лодейнопольский	31207,3	10280,1	4341,7	16585,5
Ломоносовский	21393,1	7975,8	2051,9	11365,4

Лужский	27126,8	12648,3	2788,8	11689,7
Любанский	22020,4	7611,9	1725,6	12682,9
Оятский	16092,5	6003,3	1617,4	8471,8
Пашский	17142,7	6878,2	1729,7	8534,8
Подборовский	24913,4	10627,9	1696,6	12588,9
Подпорожский	29117,0	12093,8	3161,3	13861,9
Приозерский	24038,9	10171,0	3084,0	10783,9
Роцинский	64684,3	25279,8	6614,8	32789,7
Северо-Западный	84272,9	29665,0	12663,8	41944,5
Сосновский	18253,4	6812,0	2196,4	9245,0
Сланцевский	15267,2	5227,3	1436,5	8603,4
Тихвинский	53155,3	20655,1	4770,1	27730,1
Шугозерский	14419,7	5405,8	2917,6	6096,3
Итого:				
тыс. р.	761269,0	275649,5	123307,3	362312,2
%	100	36,2	16,2	47,6
Содержание Агентства	14534,1	14534,1	–	–
Скорректированные затраты	+353388,1	–	+17272,5	+18115,6
Всего затрат:				
тыс. р.	811191,2	290183,6	140579,8	380427,8
%	100	35,8	17,3	46,9

Затраты на лесохозяйственное производство увеличены на сумму фонда оплаты труда руководителя хозяйственного лесхоза (вариант 3 – два лесхоза: управленческий и хозяйственный).

Затраты на ведение лесного хозяйства по 28 лесхозам Агентства лесного хозяйства в 2004 г. составили около 760 млн р. Работы, связанные с функцией управления лесами, занимают 36, с ведением лесного хозяйства – 64 % (табл. 1, 2004 г.).

Экономическую эффективность вариантов организации лесного хозяйства с разделением функций рассматривали с позиций: собственника

Таблица 2

**Показатели эффективности по вариантам
разделения функций лесного хозяйства**

Показатели	Варианты			
	1 – существующий	2 – лесхоз + арендатор	3 – два лесхоза	4 – два лесхоза + арендатор
Реализовано древесины, тыс. м ³	1421	1421	1421	1421
Стоимость РП, млн р.:				
всего	658,0	658,0	658,0	658,0
НДС	52,4	80,7	52,4	80,7
без НДС	605,6	577,3	605,7	577,3
в т. ч. на 1 м ³ , р.	–	406,2	–	406,2
Затраты:				
всего, млн р.	763,5	521,0	811,2	380,4

на 1м ³ , р.	–	366,6	–	267,7
Арендная плата:				
всего, млн р.	–	42,6	–	42,6
на 1м ³ , р.	–	30,0	–	30,0
Затраты с арендной платой:				
всего, млн р.	–	563,6	–	423,1
на 1м ³ , р.	–	396,6	–	297,7
Прибыль:				
всего, млн р.	–	13,7	–	154,2
на 1м ³ , р.	–	9,6	–	108,5
Поступления в бюджет, млн р.:	72,3	126,6	72,3	160,3
НДС	52,4	80,7	52,4	80,7
арендная плата	–	42,6	–	42,6
налог на прибыль	19,9	3,3	19,9	37,0
Потребность в бюджетных средствах, млн р.	157,9	290,2	205,6	430,8
Дефицит бюджетных средств:				
млн р.	–85,4	–163,6	–133,3	–270,5
увеличение, %	100,00	191,6	156,0	316,7
Рентабельность продукции, %	–	24,0	–	36,4

леса (государства); лесопользователя (арендатора); лесхоза. Критериями ее оценки явились:

для государства – снижение дефицита бюджетных средств;

для лесопользователя – уровень рентабельности круглых лесоматериалов.

В табл. 2 представлены расчеты показателей эффективности по рассмотренным трем вариантам, а также по четвертому, предусматривающему создание лесхозов двух видов (управленческие и хозяйственные) с частичной передачей лесохозяйственных функций лесопользователю (рубки промежуточного пользования с лесовосстановлением).

В 2004 г. лесхозами Агентства лесного хозяйства реализовано древесины от рубок промежуточного пользования на сумму 658 млн р. В бюджеты разных уровней перечислено 72,3 млн р. Из них же получено на финансирование лесохозяйственного производства и управление лесами 85,4 млн р., или 11,3 % к общей сумме затрат.

Все рассмотренные варианты по разделению функций в лесном хозяйстве, как показали расчеты, оказались неэффективны, так как увеличивают дефицит бюджетных средств.

Для лесопользователя несколько выигрышным является четвертый вариант, который обеспечивает высокий уровень рентабельности продукции (до 36,4 %), но при этом наблюдается самый высокий дефицит бюджетных средств.

Выводы

Предварительные расчеты по предполагаемой трансформации лесных отношений, выполненные на примере Ленинградской области, позволяют сделать заключение об экономической нецелесообразности выбранного пути по реформированию лесхозов в направлении разделения их функций. Правильность этого вывода подтверждают следующие аргументы.

1. Разделение функций лесхозов на производственные, контрольные и управления лесами для государственного бюджета сопряжено со значительными (в среднем в два раза) дополнительными расходами.

2. Дополнительные бюджетные расходы не окупятся дополнительными налоговыми поступлениями и платежами от лесопользователей, так как при лесопользовании с ведением лесовосстановительных работ резко снижается уровень рентабельности лесозаготовок, а число лесопользователей уменьшается.

3. Дополнительные бюджетные расходы не приведут и к более эффективному выполнению работ и мероприятий лесного хозяйства лесхозами (при лесопользовании без лесовосстановления), так как экономическая организация лесного хозяйства не предусматривает соизмерения затрат и полученных результатов.

4. Передача работ и мероприятий лесного хозяйства лесопользователям не вызовет у них интереса, так как большинство работ носит ярко выраженный затратный характер, не говоря уже о том, что пострадает качество работ.

Для комплексного и всестороннего обоснования разделения функции в лесном хозяйстве, наряду с экономическим компонентом, необходимо рассмотреть последствия социальные и экологические.

Выводы, сделанные на примере Агентства лесного хозяйства по Ленинградской области и С.-Петербургу, могут быть распространены и на другие регионы.

Законодательное собрание
Ленинградской области

Поступила 14.11.05

I.E. Shadaeva

Assessment of Functions Separation in Forestry Enterprises

Possible variants of separation of forest management functions with partial transfer of them to forest user. The efficiency assessment of such separation is carried out from the standpoint of the state, forestry enterprise and forest user.





КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 630*811

***А.М. Антонов, Н.А. Бабич, Д.Ю. Коновалов,
В.И. Мелехов, А.Л. Мосеев***

Антонов Александр Михайлович родился в 1981 г., окончил в 2004 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры лесных культур и ландшафтного строительства. Имеет 3 печатные работы в области качества древесины и лесовосстановления.



Бабич Николай Алексеевич родился в 1948 г., окончил в 1971 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесных культур и ландшафтного строительства Архангельского государственного технического университета. Имеет более 140 работ в области лесовосстановления таежной зоны.



Коновалов Денис Юрьевич родился в 1982 г., окончил в 2004 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры древесиноведения и тепловой обработки древесины. Область научных интересов – качество древесины искусственных насаждений сосны.



ДИГИТАЛЬНЫЙ МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ СТРОЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

Разработан цифровой метод изучения строения древесины, позволяющий повысить качество измерений элементов на макро- и микроуровне с достоверностью 96 %.

Ключевые слова: керн, элементы макроструктуры, цифровой метод, ранняя зона, поздняя зона.

Древесина имеет сложное строение и характеризуется основными элементами макро- и микроструктуры – шириной годичных слоев, соотношением заболони и ядра, процентным содержанием поздней древесины и др. В существующей практике структуру древесины изучают с помощью оптических, акустических и электронных приборов на поперечных срезах, кернах, стандартных образцах различных размеров.

Наиболее приемлемы образцы в виде кернов, которые отражают весь цикл жизни дерева, позволяют давать оценку насаждениям в процессе роста, определять качество древесины, не наносят ему урона и являются наиболее информативными по сравнению с другими видами образцов.

Чаще всего керны изучают с помощью микроскопа типа МБС, который представляет собой разновидность стереоскопического микроскопа, дающего прямое и объемное изображение рассматриваемого объекта в проходящем и отраженном свете. Методика работы с прибором достаточно проста, но трудоемка. Перемещение объекта исследования (керна) по предметному столу осуществляют вручную, результаты полученных измерений элементов сложно объединять и сравнивать, приходится вводить их в компьютер и обрабатывать достаточно рутинным способом. На точность измерений по этой методике влияет множество субъективных факторов, среди них неточное определение границы между ранней и поздней зонами древесины. При перемещении керна по предметному столу возможен сбой базовой отметки, вызывающий необходимость повторного измерения.

Для исследования элементов макроструктуры древесины применяют также микроскоп Амслера, шведский полуавтоматический прибор АДДО-Х (модель 2) конструкции проф. Б. Эклунда, измеритель структуры кольца ИСК-2М, телевизионный и компьютерный микродендрометры и др. [2, 3].

Основной недостаток этих систем заключается в том, что результаты измерений выводят из запоминающего устройства только на бумажный носитель. При необходимости использования результатов в дальнейшей работе приходится вновь вводить их в компьютер и обрабатывать традиционным способом. Изображения керна при этом не сохраняются. Наиболее перспективным направлением исследования древесины и ее элементов является цифровой (цифровой) метод, который позволяет работать с цифровым изображением объекта.

Цель наших исследований – разработка новой технологии для изучения элементов макро- и микроструктуры древесины на образцах в виде кернов. Для этого нами разработана система (рис. 1), позволяющая повысить точность измерений, снизить трудоемкость процесса, архивировать результаты, создавать базы данных изображений кернов для дендрохронологии без сохранения натуральных образцов.

Система состоит из опытно-экспериментального устройства для изучения макро- и микростроения древесины и разработанной для нее программы «Измеритель». Она может быть



Рис.1. Система для изучения строения древесины

применена и для проверки качества обработки поверхности древесины, качества швов клеевых соединений и других параметров в технологических процессах деревообработки, прочих смежных областях.

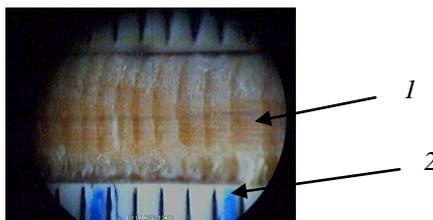
Устройство включает универсальный микроскоп; Web-камеру с программным обеспечением; переходные кольца; персональный компьютер с операционной системой Microsoft Windows со стандартным USB-портом; суппорт для надежной фиксации и перемещения объекта.

Web-камеру подключают к USB-порту компьютера и устанавливают, используя программное обеспечение камеры, которую устанавливают на окуляр микроскопа при помощи переходных колец. Окуляр крепят в тубусе, настраивают яркость и резкость изображения, используя фокусирующие и осветительные узлы микроскопа и функции камеры. На предметном столе микроскопа закрепляют специально разработанный суппорт для фиксации и перемещения образцов.

Работу с полученными изображениями элементов структуры древесины, их сохранение, преобразование и измерение проводят при помощи разработанной и защищенной свидетельством [1] программы «Измеритель», которая является одной из ключевых составляющих системы. Программа позволяет сохранять изображения образцов без потери качества, сопровождая их необходимым количеством поясняющей текстовой и визуальной информации; повышать уровень документирования результатов анализа; проводить по полученному изображению анализ элементов, измерение линейных и площадных параметров; сравнивать в процессе анализа полученное изображение образца с эталоном; демонстрировать его другим наблюдателям.

Принципы и порядок работы при дигитальном методе изучения строения древесины заключаются в следующем: подготовленный керн помещают в суппорте, установленном на предметном столе микроскопа. Суппорт вдоль базовой оси перемещают вручную, при различном увеличении микроскопа величина перемещения образца различна. Например, при 16-кратном увеличении существующую отметку перемещают на 5 мм, каждый участок фиксируют камерой, получая его изображение. После фотографирования и автоматического сохранения всех изображений участков керна запускают программу «Измеритель» и открывают файл на компьютере, где сохраняются изображения участков керна с базовыми отметками шкалы. На рис. 2 видна шкала линейных перемещений суппорта с базовыми отметками, на которую ориентируются при перемещении объекта исследования.

Рис. 2. Участок керна (1) и шкала суппорта с базовыми отметками (2) в цифровой интерпретации



При помощи кнопок «Инструменты» и «Выделение» на панели задач вырезают центральную часть фотографии со шкалой, копируют выделенный фрагмент и вставляют в «канву» с подтверждением действия. Затем открывается изображение со смежным участком керна, операции повторяют, но при этом начало линии отреза нового участка фрагмента должно совпадать с концом отреза предыдущего. Эти операции проводят последовательно до сборки всех фрагментов керна в единое целое (рис. 3). В собранном виде изображение керна сохраняют, маркируют и паспортизируют.



Рис. 3. Общий вид керна (а) и керна, собранный из фрагментов (б)

Измерение элементов макроструктуры проводят при помощи «прицела», который передвигают компьютерной мышью, ставя отметки на границах ранних и поздних зон древесины или элемента. На экране монитора одновременно устанавливаются границы участков керна и отображаются результаты этих измерений (рис. 4). Их сохраняют в Excel (табл. 1).

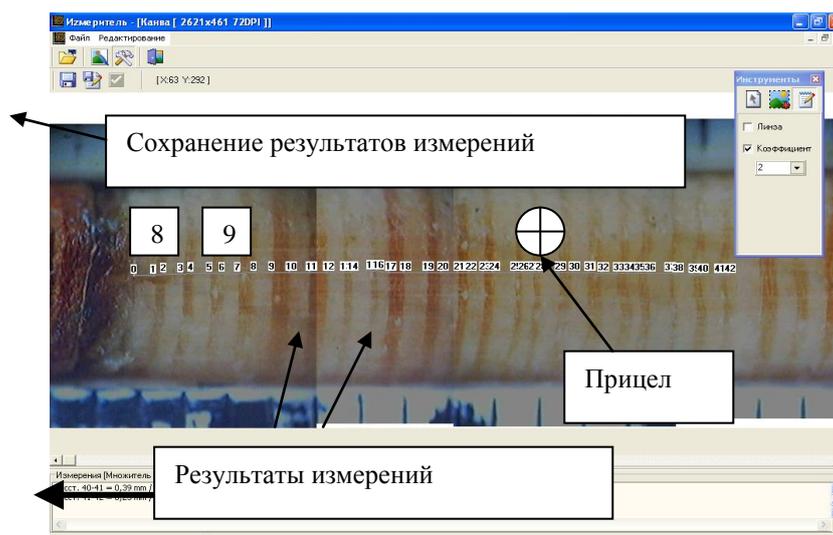


Рис. 4. Проведение измерений в программе «Измеритель»

Таблица 1

Вывод результатов измерений (мм) в Exele

Расстояние	Поздняя зона	Ранняя зона	Ширина годичного слоя
0-1	0,46	–	–
1-2	–	0,21	0,67
2-3	1,06	–	–
3-4	–	0,69	1,75
4-5	0,71	–	–
5-6	–	0,58	1,29
6-7	0	–	–

Нажатием «Ctrl» учитывают наличие изучаемого элемента, но его параметры при выводе в таблицу автоматически приводятся к нулю. Эта процедура необходима, чтобы опускать численные значения участков, которые учитывать не следует, например, в тех местах, где керн сломан или образцы имеют дефекты.

Для сравнительной оценки программы было проведено 33 измерения ранних и поздних зон на стандартных образцах размером 20 × 20 × 30 мм. Параметры этих зон сначала были получены по стандартной методике на микроскопе Амслера, после чего определены дигитальным методом. Результаты наблюдений обработаны статистически и определены отклонения от стандартной методики. Точность дигитального метода составила 1 %, достоверность – 96 %, тогда как по стандартной методике она не превышает 80 ... 85 %. Результаты сравнения приведены в табл. 2.

Таблица 2

Сравнение результатов измерений, полученных различными методами

Порядковый номер опыта	Стандартная методика (микроскоп Амслера)	Дигитальный метод	Отклонение значений, полученных дигитальным методом, от полученных по стандартной методике	
			мм	%
1	1,68	1,727	0,047	4,7
2	0,59	0,594	0,004	0,4
3	1,39	1,385	-0,005	0,5
4	0,58	0,522	-0,058	5,8
5	1,48	1,475	-0,005	0,5
6	0,63	0,648	0,018	1,8
7	1,41	1,403	-0,007	0,7
8	0,40	0,450	0,050	5,0
9	0,61	0,630	0,020	2,0
10	0,98	1,025	0,045	4,5
11	0,59	0,576	-0,014	1,4
12	1,62	1,709	0,089	8,9
13	0,73	0,683	-0,047	4,7
14	0,43	0,522	0,092	9,2
15	1,02	1,007	-0,013	1,3

Окончание табл. 2

Порядковый номер опыта	Стандартная методика (микроскоп Амслера)	Дигитальный метод	Отклонение значений, полученных дигитальным методом, от полученных по стандартной методике	
	мм	мм	мм	%
16	1,87	1,871	0,001	0,1
17	0,68	0,630	-0,050	5,0
18	0,62	0,630	0,010	1,0
19	0,73	0,755	0,025	2,5
20	0,45	0,450	0,000	0,0
21	1,00	1,007	0,007	0,7
22	0,55	0,558	0,008	0,8
23	1,37	1,331	-0,039	3,9
24	0,50	0,486	-0,014	1,4
25	1,11	1,187	0,077	7,7
26	0,53	0,522	-0,008	0,8
27	1,27	1,259	-0,011	1,1
28	0,48	0,414	-0,066	6,6
29	1,32	1,331	0,011	1,1
30	0,46	0,450	-0,010	1,0
31	1,56	1,601	0,041	4,1
32	0,60	0,558	-0,042	4,2
33	1,62	1,655	0,035	3,5

Рабочая версия программы «Измеритель» (v. 2.2.0.3) апробирована при 8-кратном увеличении ($\times 8$) окуляра микроскопа и объектива ($\times 0,6$; $\times 1,0$; $\times 2,0$; $\times 4,0$; $\times 7,0$).

Таким образом, применение дигитального метода позволяет существенно повысить качество измерений элементов строения древесины на макро- и микроуровне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.С. 2007611593 РФ. Измеритель элементов макроструктуры древесины [Текст] / Антонов А.М, Мосеев А.Л; заявитель и правообладатель А.М. Антонов (RU), А.Л. Мосеев (RU). – № 2006614253; заявл. 11.12.2006; опубл. 16.04. 2007, Реестр программ для ЭВМ – 1с.
2. Колесникова, А.А. Исследование свойств древесины по кернам [Текст] / А.А. Колесникова. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2002. – 178 с.
3. Столяров, Д.П. Использование кернов древесины в лесоводственных исследованиях: метод. рекомендации [Текст] / Д.П. Столяров, О.И. Полубояринов. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1988. – 43 с.

Архангельский государственный
технический университет

A.M. Antonov, N.A. Babich, D.Yu. Kononov, V.I. Melekhov, A.L. Moseev
Digital Method of Studying Wood Structure

Digital method of studying wood structure is developed allowing to increase the quality of measuring elements at macro and micro level with reliability equal to 96 %.

УДК 674.048

Р.Н. Галиахметов, Ю.А. Варфоломеев

Галиахметов Раил Нигаматьянович окончил в 1979 г. Башкирский государственный университет, кандидат химических наук, директор Башкирского научно-исследовательского и проектного института стройматериалов. Имеет около 70 научных трудов в области снижения экологической опасности производств химических биологически активных препаратов.



Варфоломеев Юрий Александрович родился в 1953 г., окончил в 1975 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой инженерных конструкций и архитектуры Архангельского государственного технического университета, заслуженный деятель науки РФ. Имеет более 300 научных трудов в области обеспечения долговечности древесины в строительстве экологически безопасными методами.

**ФОРМИРОВАНИЕ СИНЕРГИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА
В АНТИСЕПТИКАХ**

Предложено включать в состав комплексных антисептических препаратов вещества на основе апробированных малотоксичных компонентов, способные изменять электрический потенциал оболочки клеток грибов и вызывать ингибирование протекающих на ней процессов; препятствовать проникновению внутрь клетки веществ, необходимых для обеспечения ее жизнедеятельности; подавлять важные ферментативные реакции жизнедеятельности; содействовать проникновению через мембрану токсикантов.

Ключевые слова: экологически безопасные антисептики, малотоксичные компоненты, явление синергизма, биохимические реакции, ингибирование.

Разработка новых экологически безопасных антисептиков в виде монопрепаратов и определение их санитарно-экологических параметров – длительный и дорогостоящий процесс. Поэтому многие исследования направлены на поиск комплексных рецептур, в состав которых входили бы апробированные малотоксичные компоненты с хорошо известными свойствами. Рецептуры формируются на основе синергического эффекта, применение которого при создании новых антисептиков традиционно основано на эмпирическом подходе.

Цель настоящих исследований – разработать научно обоснованную концепцию формирования синергического эффекта в комплексных антисептических препаратах.

Известно, что скорость биохимических реакций в живой клетке деструктурирующего организма определяется обменными процессами, протекающими на клеточной мембране. Поэтому воздействовать на рост грибов, поражающих древесину, можно, например, за счет включения в рецептуру

веществ, способных изменять электрический потенциал клеточной мембраны и ингибировать протекающие на ней процессы; препятствовать проникновению внутрь клетки веществ, необходимых для обеспечения ее жизнедеятельности; подавлять важные ферментативные реакции жизнедеятельности клетки; содействовать проникновению через мембрану токсикантов [1].

Интенсивность различных биохимических реакций в оболочках живых клеток можно регулировать за счет изменения величины и знака электрического потенциала. Например, потенциал пленки можно регулировать, изменяя pH среды. Определяющее влияние pH на подавление роста грибов подтверждают результаты лабораторных испытаний и опыт эксплуатации антисептиков. Анализ показал, что биологическую активность комплексных препаратов, содержащих достаточно слабые биоциды, можно увеличить, создавая высокие значения pH.

Известно, что для жизнедеятельности клеток необходимы в небольших концентрациях ионы различных металлов (Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} и др.). Например, фермент α -амилаза, лишенный кальция, крайне неустойчив, чрезвычайно легко денатурируется и теряет активность. Благодаря снижению поступления таких ионов в клетку можно ингибировать развитие грибов, поражающих древесину. Для этого используют полиэлектролиты [2].

Другим способом ингибирования роста грибов является связывание жизненно важных ионов металлов в виде хелатных соединений с комплексоном. Для этого можно использовать, например, такие ингибиторы, как 1,10-фенантролин и 8-оксихинолин, которые образуют с металлами устойчивые внутримолекулярные соединения (хелаты).

При проведении гетерофазных процессов для переноса ионов через границу раздела фаз (через мембрану) можно использовать соединения четвертичного аммония, обладающие гидрофильно-гидрофобными свойствами. Учитывая, что клеточная мембрана состоит из белковых молекул, направленных полярной частью наружу, а неполярной внутрь, целесообразно применять соединения четвертичного аммония для переноса токсикантов через мембрану клеток грибов.

Ферментативный катализ играет большую роль в обмене веществ в живых организмах и характеризуется чрезвычайно высокой активностью и специфичностью. Скорость реакций с участием ферментов может увеличиться в 10^{15} раз. В связи с этим необходимо особо выделить важность участия в этих процессах четвертичных соединений в качестве эффекторов ферментов, поскольку они достаточно свободно могут проникать через оболочку клеток. Их использование в рецептурах антисептиков позволит эффективно реализовать явление синергизма и значительно снизить количество токсичных компонентов общего действия.

На основе анализа факторов, которые влияют на развитие грибов, поражающих древесину, была разработана формулировка концепции формирования синергического эффекта в антисептических препаратах с улучшенными экологическими характеристиками: «Обеспечить подавление роста грибов за счет совместного использования малотоксичных соединений,

способных вызвать ингибирование конкретных процессов жизнедеятельности, протекающих в клетке и на ее мембране. При этом каждое из используемых соединений в отдельности (в применяемых концентрациях) не способно подавлять рост грибов».

Изучение соединений, обладающих антисептическими свойствами по отношению к поражающим древесину грибам, показало, что по принципу действия на живую клетку их можно условно разделить на четыре типа: анионактивные (содержащие ионы F^- , S^- , SO_3^- , пентахлорфенолят-ион и т.п.); катионактивные (содержащие ионы Zn^{+2} , Hg^{+2} , Cu^{+2} , соединения четвертичного аммония и фосфония и т.п.); катион-анионактивные (содержащие ацетаты аминов, четвертичные соединения на основе органических аминов и карбоновых кислот и т.п.); иононеактивные (большинство органических пестицидов).

Согласно разработанной концепции совместное применение в комплексном антисептике катион- и анионактивных компонентов должно обеспечить значительное усиление его биоактивности. Микологические опыты по методике лаборатории защиты древесины ЦНИИМОДа (г. Архангельск), показали, что выбранные нами соединения способны самостоятельно лишь частично подавлять рост грибов, а некоторые даже и благоприятствовать их росту, однако в комплексных рецептурах они проявляют существенную ингибирующую активность.

Разработанная нами концепция формирования синергического эффекта прошла апробацию не только при создании различных модификаций антисептика ЭОК [3] и ряда других бесхлорфенольных препаратов на основе химических соединений с известными свойствами, которые серийно выпускаются отечественной промышленностью, но и при синтезе новых биоактивных соединений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Галиахметов, Р.Н.* Роль поверхностно-активных веществ в ингибировании гликолиза в клетках грибов, поражающих древесину [Текст] / Р.Н. Галиахметов, Ю.А. Варфоломеев // Башкирский химический журнал. – 2002. – Т. 9, № 3. – С. 67–69.

2. *Галиахметов, Р.Н.* Теоретические и практические аспекты применения полиэлектролитов в средствах химической защиты древесины от биопоражения [Текст] / Р.Н. Галиахметов, Ю.А. Варфоломеев, Г.М. Тарасова, Е.Ю. Варфоломеева // Башкирский химический журнал. – 2003. – № 2. – С. 52–53.

3. Пат. 2045393 РФ, МКИ⁶ В 2 К 3/52. Средство для защиты древесины / Варфоломеев Ю.А., Чашина Л.М., Р.Н. Галиахметов и др. – № 4921785/05; заявл. 19.02.91; опублик. 05.04.95, Бюлл. № 28. – 3 с.

Башкирский научно-исследовательский
и проектный институт строительных материалов

Архангельский государственный
технический университет

R.N. Galiakhmetov, Yu.A. Varfolomeev

Synergy Effect Formation in Antiseptics

It is suggested to include into the composition of complex antiseptic chemicals the substances based on approved low-toxicity components able to change the electric potential of fungi cell coat and cause inhibition of processes run in the cell, to hinder penetration of substances necessary for ensuring its vital functions inside the cell, to suppress the important fermentative reactions of vital activity, to promote penetration of toxicants through membrane.

УДК 674.093.26

Г.А. Шепель, В.Ф. Надеин, Н.Б. Баланцева

Шепель Георгий Александрович родился в 1935 г., окончил в 1958 г. Ленинградское высшее инженерное морское училище, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой электротехники и энергосистем Архангельского государственного технического университета, академик Российской академии электротехнических наук. Имеет более 150 печатных трудов в области электротехнологии и электрификации.



Надеин Валерий Феодосиевич родился в 1964 г., окончил в 1986 г. Архангельский лесотехнический институт, старший преподаватель кафедры электротехники и энергосистем Архангельского государственного технического университета. Имеет около 10 научных работ в области использования электротермических технологий в народном хозяйстве.



Баланцева Наталья Борисовна родилась в 1959 г., окончила в 1983 г. Архангельский лесотехнический институт, старший преподаватель кафедры электротехники и энергетических систем Архангельского государственного технического университета. Имеет 2 печатные работы в области сушки древесины.

**О КОЭФФИЦИЕНТЕ ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ**

Приведен сравнительный анализ результатов теоретических исследований коэффициента температуропроводности в зависимости от влажности и температуры ели и сосны с имеющимися справочными данными.

Ключевые слова: коэффициенты температуро- и теплопроводности, теплоемкости, температура, плотность, влажность древесины, критерий Фурье.

Тепловой поток внутри твердого тела при его нагреве пропорционален градиенту температуры в направлении потока и коэффициенту теплопроводности:

$$q = -\lambda(dt/dx), \quad (1)$$

где q – тепловой поток, кДж/(кг·м);

λ – коэффициент теплопроводности, кДж/(кг·°С);

dt/dx – градиент температуры в направлении x потока, °С/м.

Режим теплового потока может быть стационарным и нестационарным. В общем случае режимы сушки древесины относятся к нестационарным и характеризуются переменным в пространстве и времени температурным полем. При расчете режимов сушки пиломатериалов представляет интерес процесс распределения температурного поля в поперечном сечении по

толщине доски, а также определение продолжительности нагревания и кондиционирования высушиваемого материала.

Цель статьи – теоретически исследовать зависимость коэффициента температуропроводности древесины от ее влажности и плотности, а также от температуры.

В практике подобных расчетов [1, 2] принимают ряд допущений: одинаковая начальная температура по всему объему высушиваемого материала, постоянная температура среды над поверхностью материала и т. д. Поставленную задачу при этих допущениях можно считать одномерной. Распределение температуры по толщине материала, описывается уравнением Фурье:

$$dt/d\tau = a(d^2t/dx^2), \quad (2)$$

где τ – продолжительность нагрева, с;

a – коэффициент температуропроводности, $\text{м}^2/\text{с}$;

t – температура, $^{\circ}\text{C}$;

x – координата в направлении теплового потока, м.

Требуемую продолжительность нагрева пиломатериалов определяют с помощью критерия Фурье:

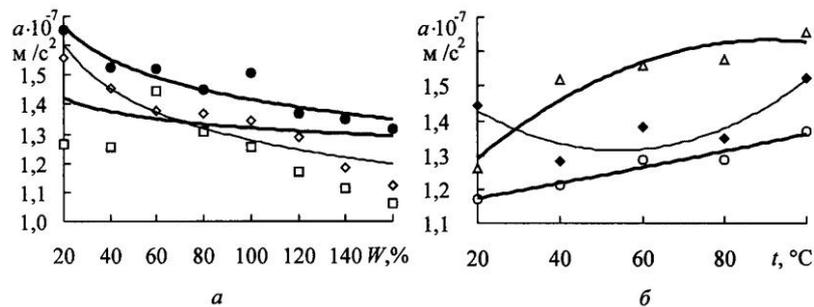
$$\tau = \frac{FoR^2}{a}, \quad (3)$$

где Fo – критерий Фурье;

R – половина толщины доски (радиус тела), м.

Из этой формулы следует, что продолжительность нагрева тела до определенной температуры зависит от коэффициента a , который является физическим параметром вещества – мерой теплоинерционных свойств. Определению, в том числе и экспериментально, этого показателя для древесины посвятили свои исследования многие отечественные ученые [1 – 3]. Полученные ими данные были обработаны и в виде графических зависимостей помещены в специальной литературе.

Принято считать, что коэффициент температуропроводности мало зависит от плотности древесины и при повышенной влажности в процессе нагрева в области положительных температур для расчета режимов сушки



Зависимость коэффициента температуропроводности ели от влажности W (а) и температуры T (б) (температура: \square – 20 $^{\circ}\text{C}$; \diamond – 60; \bullet – 100 $^{\circ}\text{C}$; влажность: Δ – 20%; \blacklozenge – 60; \circ – 120%)

древесины его принимают равным $(4 \dots 5) \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{ч}$ (в принятой международной системе единиц $a = (1, 11 \dots 1,38) \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$) [2].

С целью уточнения значений коэффициента температуропроводности в зависимости от влажности, плотности и температуры древесины нами проведены теоретические исследования. При этом были использованы экспериментальные данные И.В. Кречетова, А.В. Лыкова и П.С. Серговского по зависимостям коэффициентов теплопроводности и теплоемкости древесины от температуры, влажности и плотности. Полученные нами данные были обработаны в виде таблиц и графиков.

В качестве примера, иллюстрирующего результаты расчетов, приведены графики, отражающие связь между a , влажностью W и температурой t (см. рисунок).

Таким образом, проведенные теоретические исследования зависимости коэффициента температуропроводности древесины от ее влажности и плотности (породы), а также от температуры показали, что формулу (3) можно использовать на практике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кречетов, И.В.* Сушка древесины [Текст] / И.В. Кречетов. – 3-е изд., перераб. – М.: Лесн. пром-сть, 1980. – 432 с.
2. *Лыков, А.В.* Теория сушки [Текст] / А.В. Лыков. – М., 1968. – 472 с.
3. *Серговский, П.С.* Гидротермическая обработка и консервирование древесины [Текст] / П.С. Серговский, А.И. Рассев. – М.: Лесн. пром-сть, 1987. – 360 с.

Архангельский государственный
технический университет

G.A. Shepel, V.F. Nadein, N.B. Balantseva

On Coefficient of Wood Thermal Diffusivity

The comparative analysis of theoretical research results on thermal diffusivity coefficient depending on spruce and pine moisture and temperature with available reference data is provided.

УДК 621.182.94

В.К. Любов

Любов Виктор Константинович родился в 1954 г., окончил в 1976 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры промышленной теплоэнергетики. Архангельского государственного технического университета. Имеет более 150 публикаций в области совершенствования энергохозяйства промышленных предприятий.



УМЕНЬШЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Рассмотрены основные проблемы, снижающие эффективность работы газоочистных установок; приведены рекомендации по повышению степени очистки дымовых газов различными золоулавливающими установками.

Ключевые слова: газоочистная установка, золоуловитель, лесопромышленный комплекс, древесные отходы, котлоагрегат, эмиссия оксидов азота, коэффициент полезного действия, степень очистки дымовых газов, вредные вещества, концентрация, топливо.

В настоящее время с предприятиями энергетики связаны наибольшие выбросы вредных веществ в атмосферу, что приводит к возникновению экологических проблем локального, континентального и глобального масштабов. В соответствии с законами об охране окружающей среды многие страны значительно снизили выбросы вредных веществ в атмосферу. Однако валовые выбросы в атмосферу оксидов серы (SO_2) и азота (NO_x), твердых частиц достаточно велики [1, 8, 13]. Разработка методов снижения выбросов данных веществ является актуальнейшей задачей.

В суммарное загрязнение атмосферного воздуха Архангельской области основной вклад вносят предприятия лесопромышленного комплекса (ЛПК) – более 37 % и электроэнергетики – более 32 %. Структура выбросов: SO_2 – 40,6 %, твердые частицы – 25,7 %, CO – 17,0 %, NO_x – 9,4 % [2].

Малая энергетика потребляет свыше 1/4 топлива и в ее обслуживании занято больше людей, чем в станционной, поэтому здесь заложен мощный резерв экономии топлива, трудовых резервов и охраны окружающей среды. Проведение энергоаудита и режимно-наладочных работ позволяет выявить основные недостатки в работе котлов и в ряде случаев обеспечивает повышение КПД на 10 ... 20 % [6–8].

Анализ валовых выбросов вредных веществ объектами малой энергетики области показал, что на долю твердых частиц приходится 42,5 %, далее следуют SO_2 (34,6 %) и CO (21,6 %). Это объясняется низкой степенью очистки (5 ... 83 %) продуктов сгорания в применяемых золоуловителях, а также отсутствием газоочистных установок (ГОУ) на многих котлах, работающих на каменном угле и биотопливе. Поскольку показатели работы большинства действующих ГОУ не отвечают современному уровню разви-

тия техники и требованиям закона РФ об охране атмосферного воздуха важной задачей развития ЛПК и топливно-энергетического комплекса (ТЭК) является поэтапная модернизация и во многих случаях замена устаревшего оборудования на современное. Внедрение высокоэффективных золоуловителей, особенно, на котлах, сжигающих биотопливо, – важный шаг в реализации концепции экологически чистой теплоэлектростанции ТЭС (котельной) [8, 13].

В настоящее время большинство пылеугольных энергоблоков оснащены электрофильтрами, широкое применение которых обусловлено их универсальностью, высокой степенью очистки газов (98 ... 99 %) при сравнительно низких энергозатратах, а также способностью обеспечить очистку больших объемов газов с концентрацией частиц до 50 г/м^3 и выше. К сожалению, на объектах Архангельской области электрофильтры нашли ограниченное применение и используются только для очистки дымовых газов содорегенерационных котлов.

Анализ факторов, влияющих на эффективность очистки газов в электрофильтрах, приведен в [1, 5, 12]. Результаты испытаний котлоагрегатов ПК-10 ТЭЦ «Явожно-2» и ОР-215 ТЭЦ «А3 «Пулавы» показали, что модернизация котлов на низкоэмиссионную вихревую технологию (ВИР-технология) сжигания позволила снизить выбросы оксидов азота и серы, повысить КПД брутто котлоагрегатов на 1 ... 2 %, электрофильтров – на 0,7 ... 1,5 % [5]. Эффект повышения степени очистки газов в электрофильтрах без их модернизации связан с увеличением удельной площади поверхности летучей золы за счет меньшей степени оплавленности частиц золы, большей полифракционности и тонкости ее гранулометрического состава. Это объясняется особенностями аэродинамики топочной камеры с ВИР-технологией, обеспечивающей снижение максимальных температур в топке на 150 ... 200 °С. Повышение адсорбционной способности частиц золы за счет увеличения удельной площади ее поверхности позволило воспринимать больший электрический заряд, кроме того, снижение температуры уходящих газов усилило адсорбцию поверхностью частиц компонент с низким удельным сопротивлением (пары H_2O и SO_x) и обеспечило уменьшение удельного электрического сопротивления золы. Данные факторы увеличили скорость дрейфа частиц к осадительным электродам и степень очистки продуктов сгорания [5]. Снижение температуры уходящих газов и организация эффективного сгорания топлива при сверхмалых избытках воздуха позволили снизить скорость газов в активной зоне электрофильтров, что также оказало влияние на повышение их КПД [5, 12].

Перевод котлов на ВИР-технологию сжигания позволил также повысить долю улавливания мелких фракций золы. Так, содержание частиц диаметром $d_{\text{ч}} < 50 \text{ мкм}$ в золе, отобранной из-под электрофильтров модернизированного котла, увеличилось на 18,6 % [5]. Наиболее вредными для органов дыхания человека являются мелкие фракции ($d_{\text{ч}} \leq 10 \text{ мкм}$). В них преимущественно отмечены радионуклиды и повышенное содержание свинца,

поэтому низкотемпературная вихревая (НТВ-) и ВИР-технологии сжигания позволяют уменьшить вредное воздействие летучей золы на окружающую среду.

Результаты анализов летучей золы котлов с НТВ-технологией на содержание бенз(а)пирена показали, что оно ниже, чем у золы котлоагрегатов с прямоточным пылеугольным факелом, а также намного ниже, чем ПДК для почвы и фоновые концентрации в почве [13]. Исследование удельной активности образцов летучей золы котлов с НТВ-технологией сжигания дробленых углей, показало, что содержание естественных радионуклидов близко к среднему в земной коре, в 4–5 раз ниже существующих нормативов для строительных материалов и в 20–25 раз ниже допустимых для минеральных удобрений [13]. Полученные результаты позволили рекомендовать золу НТВ-котлов, работающих на дробленых углях, к использованию в сельском хозяйстве, а также в дорожном, промышленном и гражданском строительстве [13].

Рукавные фильтры позволяют обеспечить более устойчивую и эффективную очистку газов (до 99,9 %) по сравнению с электрофильтрами при одинаковых параметрах улавливаемой твердой фазы, однако они дороже и занимают, как правило, больше места. Основной причиной, сдерживающей их распространение, является также высокое гидравлическое сопротивление (до 1,5 кПа) и невысокая температуростойкость тканей фильтров [1, 12]. Рукавные фильтры были установлены в ОАО «Савинский цементный завод», однако в результате пожара они были выведены из строя, поэтому отсутствует возможность оценки эффективности их работы на предприятиях нашего региона. Опыт внедрения рукавных фильтров за рубежом показал, что они позволяют снизить концентрацию частиц золы в уходящих газах котельных установок до 35 ... 50 мг/м³, что соответствует показателям экологически безопасных ТЭС [1].

Большой комплекс работ по снижению выбросов вредных веществ в окружающую среду был выполнен в ОАО СЦБК. Наиболее крупным, из реализованных проектов, является перевод с модернизацией мазутного котлоагрегата КМ-75-40 ст. № 5 на сжигание кородревесных отходов в предтопке с «кипящим слоем» конструкции ООО «ИНЭКО». Для мокрой очистки продуктов сгорания от твердых частиц в газовом тракте перед дымососом были установлены два кассетных эмульгатора (проектная степень очистки газов 99 %). Опыт эксплуатации модернизированного котлоагрегата КМ-75-40 ст. № 5, оснащенного предтопком с кипящим слоем, показал, что котел стабильно работает при паропроизводительности до 65 т/ч, при повышении нагрузки появляется каплеунос из эмульгаторов. Данное явление вызывает налипание частиц золы на лопатки рабочего колеса дымососа. Нарастание вибрации снижает экономичность работы, вызывает незапланированные остановки котлоагрегата на чистку, сверхплановый перерасход мазута и дополнительные затраты на ремонт. Степень очистки дымовых газов, достигнутая в эмульгаторах, составила 93 ... 96 %.

Для устранения явления каплеуноса из эмульгаторов при нагрузках котлоагрегата более 65 т/ч и улучшения условий работы газового тракта и дымососа ООО «ИНЭКО» был разработан проект модернизации ГОУ, в котором был предусмотрен монтаж дополнительного двухкорпусного батарейного циклона (БЦУ 200/176) с разделительной перегородкой. Циклон был смонтирован в газовом тракте котлоагрегата параллельно с существующими эмульгаторами. Анализ результатов, полученных в ходе испытаний реконструированной золоулавливающей установки котлоагрегата ст. № 5, позволил сделать следующие выводы.

1. Комбинированная ГОУ, состоящая из эмульгаторов и параллельно включенной батарейной циклонной установки, повысила КПД нетто котла за счет уменьшения доли горячего воздуха, направляемого в газовый тракт за ГОУ, и увеличения температуры горячего воздуха, подаваемого для организации топочного процесса; повысила надежность работы дымососа за счет снижения вероятности налипания золых частиц на его рабочие органы; снизила температуру серноокислотной точки росы и уменьшила последствия низкотемпературной серноокислотной коррозии.

2. Установка циклона облегчила условия работы эмульгаторов и обеспечила повышение степени очистки газов в них. Суммарная степень очистки продуктов сгорания в комбинированной ГОУ составила 89 ... 92 %, что в значительной степени определяется эффективностью работы эмульгаторов, которые в настоящее время имеют КПД ниже проектного. Следует предполагать, что пуск в эксплуатацию системы короподготовки повысит полноту выгорания горючих компонентов топлива и позволит обеспечить дальнейший рост эффективности работы котла и его ГОУ.

3. В батарейную циклонную установку с потоком дымовых газов поступают преимущественно мелкие твердые фракции ($d_{\text{ч}} < 250$ мкм), имеющие повышенное содержание горючих веществ и низкую кажущуюся плотность, что в комплексе с небольшой начальной концентрацией твердых частиц усложняет условия работы БЦУ 200/176 и снижает степень очистки газов в ней до 50 ... 53 %. Включение в работу батарейной циклонной установки необходимо производить только при повышенных нагрузках котлоагрегата, при этом следует ограничивать степень открытия клапанов на газоходах к БЦУ до указателя положения $У_{\text{лев/прав}} = 60/60$ %. При регулировании степени открытия данных клапанов к числу определяющих параметров следует относить сопротивление корпусов БЦУ и температуру газов перед дымососом.

4. Для обеспечения нормальных условий эксплуатации ГОУ необходим периодический контроль за уплотнением ее элементов, установка штатных систем контроля за сопротивлением корпусов БЦУ, оптимизация распределения газа по циклонным элементам.

Другим крупным проектом, реализованным в ОАО СЦБК, является модернизация ГОУ угольного котлоагрегата ЦКТИ-40-34 ст. № 2 для повышения его энергоэкологоэкономических показателей. В ходе модернизации был установлен батарейный золоуловитель БЦ-512-(12 × 6), разработанный

ОАО НПО ЦКТИ. Смонтированная ГОУ оборудована 72 циклонными элементами, каждый из которых оснащен 4 тангенциально расположенными входными устройствами, обеспечивающими закрутку запыленного потока дымовых газов. Циклонные элементы скомпонованы в четыре секции (по 18 элементов в каждой), каждая секция оборудована индивидуальным бункером для сбора и вывода уловленной золы. Продукты сгорания после конвективной шахты котла по двум газоходам подводятся к золоуловителю, после которого поступают к дымососу двухстороннего всасывания и далее, по газоходу, направляются в дымовую трубу.

Испытания золоулавливающей установки при работе котлоагрегата ст. № 2 на длиннопламенных углях Хакассии показали, что установленный батарейный золоуловитель имеет «аэродинамическую плотность», соответствующую требованию норм [10] и обеспечивает степень очистки продуктов сгорания в диапазоне 89,3 ... 92,5 %. Повышение полноты выгорания горючих компонентов в летучей золе до $C_{\text{ун}}^f \leq 6,5$ % позволит повысить степень очистки газов до 93 ... 94 %. Для обеспечения нормальных условий эксплуатации ГОУ необходимы периодический контроль за уплотнением ее элементов и приведение в рабочее состояние системы КИПиА котла.

Объекты малой энергетики Архангельской области в основном оборудованы котлами со слоевыми топками для сжигания каменных углей, а также топками скоростного горения и с наклонными колосниковыми решетками для сжигания древесных отходов. Кроме того, широко используются котлы малой мощности, работающие на мазуте [6–8].

Топки с наклонной колосниковой решеткой установлены на многих предприятиях ЛПК и позволяют сжигать топливную смесь, состоящую из опилок, щепы и стружки. Для повышения энергоэкологоэкономических показателей работы котлоагрегаты с данными топками часто оборудуют дымососами – золоуловителями [6, 12]. Исследования показывают, что удлинение вала дымососа для установки улитки-концентратора и дополнительной крыльчатки приводит к увеличению параметров вибрации и уменьшению его межремонтной компании. Кроме этого, применение золоуловителей данного типа вызывает необходимость перехода на менее эффективный метод регулирования производительности дымососа, так как взамен осевого направляющего аппарата устанавливается язычковая заслонка на входе газов в улитку-концентратор. Работа данных золоуловителей характеризуется также повышенным абразивным износом выносного циклона и газохода, подводящего газовый поток с высокой концентрацией твердой фазы к циклону, при номинальной и близких к ней нагрузках котлоагрегата.

На многих котлах малой энергетики и утилизационно-энергетических котлоагрегатах предприятий лесопромышленного комплекса золоулавливающие установки отсутствуют. Выброс частиц золы с дымовыми газами неблагоприятно сказывается на состоянии окружающей среды и здоровье людей, наносит вред готовой продукции предприятий, складываемой на открытом воздухе, и может явиться причиной пожара. Для устранения данных негативных явлений и с учетом тесной компоновки основного

и вспомогательного оборудования котельной была разработана объединенная (на три котла) ГОУ, расположенная за пределами котельной перед дымовой трубой. Данная ГОУ состоит из пяти коаксиальных циклонных элементов, расположенных по ходу газов, каждый из которых имеет по четыре «обратных» связи для повышения степени очистки, а также оснащена жалюзийным сепаратором для исключения вторичного уноса из сборного бункера [9]. Испытания ГОУ на двух котлах КЕ-10-14, сжигающих древесные отходы, показали, что ее КПД составляет 79,6 ... 86,6 % при расходе дымовых газов 10,6 ... 11,8 $\text{м}^3/\text{с}$ (проектный $\geq 13,9 \text{ м}^3/\text{с}$), сопротивление – 0,60 ... 0,72 кПа.

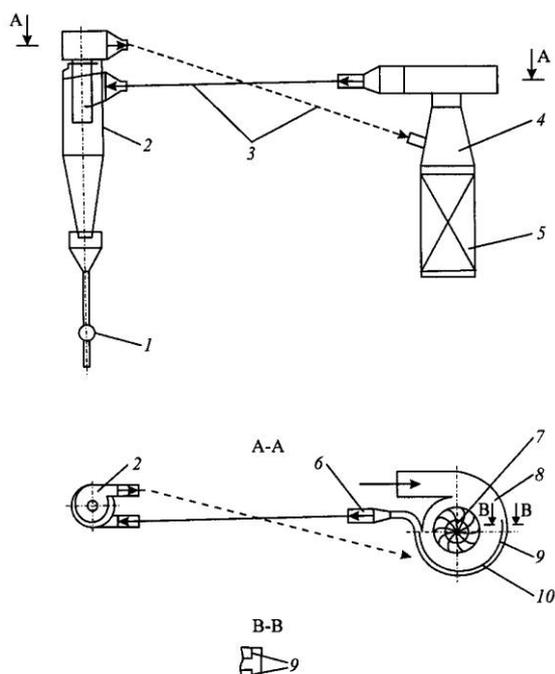
Как видно из результатов исследования, материал, уловленный в ГОУ, является полифракционным ($n = 1,67$) и крупнодисперсным ($b = 0,2 \times 10^{-4}$), при этом два первых по ходу газов циклона улавливают преимущественно крупную фракцию с $d_{\text{ч}} \geq 0,4$ мм, доля которой около 52 %. Содержание горючих веществ в данной фракции составляет 85 ... 92 %. Реконструкция бункера золы с организацией раздельного сбора и вывода крупной, уловленной в двух первых циклонах ГОУ, и мелкой фракций позволит получать углеродный сорбент с насыпной плотностью 100...170 $\text{кг}/\text{м}^3$ и удельной поверхностью 350 ... 500 $\text{м}^2/\text{г}$. Производительность установки по углеродному сорбенту составит 80 $\text{кг}/\text{сут}$ (при работе двух котлов на средних нагрузках), максимальная – до 260 $\text{кг}/\text{сут}$. Данный сорбент имеет более низкие качественные показатели, чем активированные угли промышленного производства, но значительно дешевле. Мелкую фракцию ($d_{\text{ч}} < 0,4$ мм) повышенной зольности следует использовать в сельском хозяйстве, т. к. она богата элементами, необходимыми для повышения плодородия почвы [8].

Данное направление по переводу котлов, сжигающих древесные отходы, в энерготехнологический режим работы является перспективным, так как он, наряду с уменьшением выбросов твердых частиц в атмосферу, позволяет получать углеродный сорбент для очистки сточных вод и уходящих газов, а также мелкофракционную золу для повышения плодородия почвы.

При проведении промышленных испытаний данной золоулавливающей установки и других ГОУ запыленность дымовых газов определяли при изокINETических условиях с использованием метода внутренней фильтрации газов через аллонжи и фильтровальные патроны с объемной набивкой из стекловолокна, для регулирования расхода отбираемого газа использовали ПУ-4Э [11]. Расчет концентрации твердой фазы в дымовых газах проводили в соответствии с [11, 12]. При исследовании гранулометрического состава твердой фазы использовали ситовой метод [2, 3], реализуемый с помощью анализаторов «029» и воздушно-струйного ВС 1С-15-01. Обработку полученных результатов выполняли по методике [4].

На утилизационно-энергетических котлах с предтопками скоростного горения для очистки продуктов сгорания часто устанавливают золоуловители различных модификаций. Результаты испытаний показали, что многие из них находятся в неудовлетворительном состоянии, поэтому степень очистки дымовых газов на обследованных объектах при сжигании

Улиточный золоуловитель:
 1 – клапан-мигалка, 2 – выносной циклон, 3 – связующие газоходы, 4 – выхлопной патрубок, 5 – воздухоподогреватель, 6 – пылеотводящий патрубок, 7 – радиальный направляющий аппарат, 8 – улитка-концентратор, 9 – спиральный козырек



древесных отходов, в которых доминировали опилки ($W_t = 47 \dots 49 \%$), составляла $5 \dots 42 \%$. ОАО НПО ЦКТИ и фирма «Лесэнерго» разработали усовершенствованную модель улиточного золоуловителя (см. рисунок). На котлах КЕ-10-14МТ (ЗАО «Лесозавод 25») фирма «Лесэнерго» смонтировала золоуловители с выносными циклонами ЦН-24, которые имеют небольшую металлоемкость, габариты и умеренное аэродинамическое сопротивление.

Комплексными исследованиями установлено, что смонтированные золоуловители имеют КПД = $77,5 \dots 81,0 \%$ (при приемлемых режимных параметрах). Это позволяет снизить выбросы твердых частиц в окружающую среду до 142 мг/нм^3 . Данные золоуловители обеспечивают возврат уноса ($C^r = 89 \dots 96 \%$) на дожигание в топочную камеру, стабилизируя уровень эмиссии NO_x до значений $\leq 80 \text{ мг/МДж}$ за счет эффекта ступенчатого сжигания и дополнительного разложения NO_x на поверхности коксовых частиц, циркулирующих в вихревых потоках, даже при повышении производительности котлов на 30% выше номинальной [4].

Исследования показали, что очищенные продукты сгорания из ЦН-24 должны возвращаться в газоход до воздухоподогревателя (экономайзера). Учитывая, что степень очистки газов в выносном циклоне больше, чем в улитке-концентраторе, необходимо конструктивными методами обеспечить повышение ее сепарационной способности. Это даст возможность повысить КПД золоуловителя до $82 \dots 84 \%$ и обеспечит концентрацию твердой фазы в удаляемых газах до 120 мг/нм^3 . Выполненный комплекс работ позволил повысить технико-экономические и экологические показатели

работы котлов малой и стационарной энергетики даже при сжигании непроектных видов топлива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абрамов, А.И.* Повышение экологической безопасности тепловых электростанций: учеб. пособие для вузов [Текст] / А.И. Абрамов [и др.]; под ред. А.С. Седлова. – М.: Изд-во МЭИ, 2001. – 378 с.
2. *Любов, В.К.* Испытания твердых топлив: метод. указания [Текст] / В.К. Любов, Ю.К. Опякин. – Архангельск: РИО АЛТИ, 1988. – 24 с.
3. *Любов, В.К.* Определение гранулометрического состава производственной пыли методом ситового воздушно-струйного сортирования: метод. указания [Текст] / В.К. Любов. – Архангельск: РИО АГТУ, 1996. – 13 с.
4. *Любов, В.К.* Программно-методический комплекс для обработки результатов испытаний теплоэнергетического оборудования и расчета вредных выбросов [Текст] / В.К. Любов, В.А. Дьячков // Тр. 2-й Рос. нац. конф. по теплообмену. В 8 т. Т. 3. Свободная конвекция. Теплообмен при хим. превращениях. – М.: Изд-во МЭИ, 1998. – С. 225–228.
5. *Любов, В.К.* Влияние схемы организации топочного процесса на степень очистки газов в электрофильтрах [Текст] / В.К. Любов [и др.] // Повышение эффективности энергетических систем и оборудования: сб. науч. тр. АГТУ. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 1999. – С. 100–105.
6. *Любов, В.К.* Резервы энергосбережения в малой энергетике [Текст] / В.К. Любов, В.А. Дьячков // Проблемы экономии топливно-энергетических ресурсов на промпредприятиях и ТЭС: межвузов. сб. науч. тр./ СПб ГТУ РП. – СПб., 2002. – С. 138–147.
7. *Любов, В.К.* Анализ схем сжигания отходов переработки древесной биомассы [Текст] / В.К. Любов, В.А. Дьячков, Р.А. Ефимов // Тр. 3-ей Рос. нац. конф. по теплообмену. Т. 1. Пленарные и общие проблемные доклады. – М.: Изд-во МЭИ, 2002. – С. 228–231.
8. *Любов, В.К.* Совершенствование топливно-энергетического комплекса путем повышения эффективности сжигания топлив и вовлечения в энергетический баланс отходов переработки биомассы и местного топлива [Текст]: дисс. ... докт. техн. наук: 05.14.04 / В.К. Любов. – Архангельск, 2004. – 204 с.
9. *Любов, В.К.* Совершенствование энергохозяйств предприятий лесопромышленного комплекса [Текст] / В.К. Любов // Лесн. журн. – 2006. – № 4. – С. 135–142. – (Изв. высших учеб. заведений).
10. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов [Текст]. – М.: ПИО ОБТ, 1996.
11. Сборник методик по определению концентраций загрязняющих веществ в промышленных выбросах [Текст]. – Л.: Гидрометеоздат, 1987.
12. Справочник по пыле- и золоулавливанию [Текст]. Под общ. ред. А.А. Русанова. – М.: Энергия, 1975. – 296 с.
13. *Шестаков, С.М.* Низкотемпературная вихревая технология сжигания дробленого топлива в котлах как метод защиты окружающей среды [Текст]: дисс. ... докт. техн. наук: 05.14.16 / С.М. Шестаков. – СПб., 1999. – 39 с.

Архангельский государственный
технический университет

V.K. Lyubov

Reducing Environmental Pollution

The main problems reducing the operation efficiency of gas-cleaning installations are analyzed; recommendations on increasing degree of treatment efficiency for smoke fumes by various ash-collecting devices are provided.



КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 630*(049.3)

Л.Ф. Ипатов

«ТАЙГА»*

Под таким названием издал интересную и очень полезную книгу профессор АГТУ, д-р с.-х. наук Н.А. Бабич. Оформлена она прекрасно, напечатана на мелованной бумаге, содержит более 200 отличных цветных фотографий, отчасти оригинальных и даже уникальных (таких, например, как растение росянка круглолистная поедает комара). Вся книга проникнута искренней любовью и уважением к северотаежному лесу, многочисленным представителям его растительного и животного мира. В аннотации сказано: «Основная философская нить книги – утверждение моральных принципов бережного отношения к каждому растению, даже если оно и ядовито, к каждому зверю, даже если он и опасен, к каждой птице, даже если она и хищник».

При наличии на прилавках магазинов скучной и плохо оформленной научно-популярной литературы о природе (многие почему-то считают, что в этот жанр можно поместить все, что угодно), «Тайга» выглядит выигрышно и предпочтительно. В ней много интересной информации, краткой и по-научному грамотной, много полезных советов и рецептов по приготовлению лекарственных препаратов и блюд из даров леса. К отдельным тематическим разделам удачно подобраны эпиграфы из стихов известных северных поэтов. Без преувеличения можно сказать, что эта книга – ликбез для тех, кто не получил специального лесохозяйственного образования и кому нечасто приходится бывать в лесу. Но ее заинтересованно читают и лесоводы, и охотники, и рыбаки – все, для кого тайга стала почти родным домом. Такую книгу хочется читать и перечитывать. Рассматривая фотоснимки, невольно переносишься в лес и получаешь огромное удовольствие от виртуального общения с уникальной северной природой. Научно-популярное издание о тайге особенно понравится студентам-лесохозяйственникам, чья

*Бабич, Н.А. Тайга [Текст]: книга-фотоальбом с комментариями автора / Н.А. Бабич. – Архангельск, 2006. – 156 с.: цв. ил.

профессия окутана дымкой романтики экспедиций, шумом леса, утренними туманами рыбалки, зимними вечерами в охотничьих избушках.

Конечно, можно дискутировать о достоинствах книги-фотоальбома. Мне как бывшему лесоустроителю кажется, что тайга немного приукрашена, поскольку это не только красоты, но и многочисленные проблемы. Так и напрашивается в заголовок какое-то дополнительное слово, отражающее, что основное содержание книги – в том прекрасном, что получает от тайги человек. Понятно, что автор не стремился охватить все таежные проблемы. Он поместил в книгу все лучшее, чем располагал. Не сомневаюсь, что второе издание более солидным тиражом будет еще более интересным и содержательным.

Можно поздравить Н.А. Бабича с удачей. Книга действительно очень полезная и нужная, пока о ней слышны только хорошие отзывы. Я тоже к ним присоединяюсь.

Архангельский государственный
технический университет

L.F. Ipatov
Taiga
