

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

МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЙ,
ВЫПОЛНЕННЫХ ПО МЕЖДУНАРОДНЫМ ПРОЕКТАМ

1

2008

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. **А.С. Алексеев**, проф. **Е.Д. Гельфанд**, проф. **А.А. Камусин**, акад. РАСХН **Н.И. Кожухов**, 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. **А.В. Питухин**, проф. **Д.А. Пономарев**, проф. **В.П. Рябчук**, проф. **Э.Н. Сабуров**, проф. **Е.Н. Самошкин**, проф. **В.Г. Санаев**, проф. **А.В. Селиховкин**, проф. **В.В. Сергеевичев**, проф. **В.А. Суслов**, проф. **Ф.Х. Хакимова**, проф. **В.Я. Харитонов**, проф. **А.И. Чернодубов**, проф. **Г.А. Чибисов**, проф. **Ю.А. Ширнин**, 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» № 1

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

Сдан в набор 14.02.2008. Подписан в печать 27.03.2008. Заказ № 68
Форм. бум. 70×108 1/16. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 12,775. Усл. кр.-отт. 12,775.
Уч.-изд. л. 15,51. 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

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

<i>О.В. Кормилицына, В.В. Бондаренко.</i> Оценка водного стресса городских насаждений в зависимости от свойств почв.....	7
<i>О.В. Кормилицына, В.В. Бондаренко.</i> Некоторые аспекты расчета водного баланса урбанизированных территорий	10
<i>И.М. Данилин, Е.М. Медведев.</i> Некоторые результаты международного проекта по исследованию возможностей лазерной, радарной и цифровой аэро съемки лесов.....	15
<i>В.В. Фомин, Д.С. Капралов, А.С. Попов, В.И. Крюк.</i> Автоматизированная оценка состояния деревьев с использованием системы анализа изображений.....	24
<i>Г.В. Комарова.</i> Are You International?.....	30
<i>А.А. Бахтин, С.В. Коптев, С.В. Третьяков, О.Я. Соренсен.</i> Опыт сотрудничества Архангельского государственного технического университета с университетским колледжем в северном Тронделаге в области лесного образования и науки.....	39
<i>С.В. Коптев, С.В. Терещенко, М.В. Данилова.</i> Модель улучшения образовательной системы в лесном секторе на региональном уровне.....	43
<i>С.В. Коптев, С.В. Терещенко, М.В. Данилова.</i> Подготовка преподавателей для лесного сектора Северо-Запада России.....	51

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>Е.С. Мельников, Н.В. Беляева.</i> Динамика текущего прироста в сосновых и еловых древостоях после комплексного ухода за лесом.....	56
<i>С.В. Ильчуков.</i> Горизонтальная структура подроста ели в спелых среднетажных ельниках.....	64
<i>Р.В. Власов.</i> Пространственное размещение поселений кородея-гравера по поверхности специфического кормового субстрата.....	69

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>С.И. Морозов.</i> Влияние твердости материальных тел на их упругопластичные характеристики.....	76
<i>А.М. Боровских.</i> Гусеница с увеличенным сцеплением.....	79
<i>Д.Л. Нерадовский.</i> Обзор зарубежной литературы по определению длины свай.....	84

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

<i>В.Ф. Дунаев.</i> Лесопиление: от геометрии к физике, механике и технологии....	90
<i>А.Р. Бирман, Н.А. Белоногова.</i> Нейтронозащитные свойства древесины.....	100
<i>Г.Ф. Прокофьев, И.И. Иванкин.</i> Применение в гибких автоматизированных лесопильных линиях пильных модулей с аэростатическими направляющими для пил.....	107
<i>В.В. Коровин, Р.В. Щекалев, П. А. Аксенов.</i> Оценка пригодности древесины дуба монгольского в производстве коньячных спиртов.....	112

А.Д. Голяков, А.В. Кнапкис. Сортировка пиловочника перед распиловкой..... 117

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

Т.М. Владимирова, О.М. Соколов, С.И. Третьяков. Сравнительный анализ методов расчета ректификации таллового масла..... 123

С.В. Караваев. Производство эфирных масел из отходов лесопромышленного комплекса Приморского края..... 128

В.М. Ушанова, Л.И. Ченцова. Влияние состава водно-спиртовых растворов и обработки сжиженным CO₂ на эффективность экстракции коры хвойных..... 132

Н.А. Осмоловская, В.Н. Паршикова, Р.А. Степень. Утилизация древесной зелени кедров сибирского с получением нативных продуктов..... 137

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

С.А. Денисов, В.Н. Карасев, М.А. Карасева, В.И. Пчелин. Своевременная и ценная книга..... 143



CONTENTS

INTERNATIONAL COOPERATION

<i>O.V. Kormilitsyna, V.V. Bondarenko.</i> Assessment of Water Stress in Municipal Plantations Depending on Soil Properties.....	7
<i>O.V. Kormilitsyna, V.V. Bondarenko.</i> Some Aspects of Water Balance Estimation in Urbanized Territories.....	10
<i>I.M. Danilin, E.M. Medvedev.</i> Some Results of International Project on Investigation of Possibilities for Laser, Radar and Digital Aerial Survey of Forests.....	15
<i>V.V. Fomin, D.S. Kapralov, A.S. Popov, V.I. Kryuk.</i> Automated Assessment of Trees State Based on Image Analysis System.....	24
<i>G.V. Komarova.</i> Are You International?.....	30
<i>A.A. Bakhtin, S.V. Koptev, S.V. Tretyakov, O.Ja. Sorensen.</i> Experience of Cooperation of Arkhangelsk State Technical University with Nord-Trondelag University College in Forest Education and Research.....	39
<i>S.V. Koptev, S.V. Tereshchenko, M.V. Danilova.</i> Model of Educational System Improvement in Forest Sector at Regional Level.....	43
<i>S.V. Koptev, S.V. Tereshchenko, M.V. Danilova.</i> Teachers' Training for Forest Sector in the North-West of Russia.....	51

FORESTRY

<i>E.S. Melnikov, N.V. Belyaeva.</i> Dynamics of Current Increment in Pine and Spruce Stands after Complex Tending of Forest.....	56
<i>S.V. Ilchukov.</i> Horizontal Structure of Spruce Undergrowth in Mature Middle-taiga Spruce Forests.....	64
<i>R.V. Vlasov.</i> Spatial Attack Pattern of Bark Beetle <i>Pityogenes chalcographus</i> on Specific Food Substrate.....	69

WOODEXPLOITATION

<i>S.I. Morozov.</i> Impact of Bodies Hardness on their Elasto-plastic Indices.....	76
<i>A.M. Borovskikh.</i> Track with Increased Adhesion.....	79
<i>D.L. Neradovsky.</i> Papers Review on Piles Length Determination.....	84

MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOODSCIENCE

<i>V.F. Dunaev.</i> Sawmilling: from Geometry to Physics, Mechanics and Technology.....	90
<i>A.R. Birman, N.A. Belonogova.</i> Neutron-shielding Wood Characteristics.....	100
<i>G.F. Prokofjev, I.I. Ivankin.</i> Use of Sawing Modules with Aerostatic Slides for Saws in Flexible Automated Sawing Lines.....	107
<i>V.V. Korovin, R.V. Shchekalev, P.A. Aksenov.</i> Assessment of Mongolian Oak Suitability in Cognac Alcohol Production.....	112
<i>A.D. Golyakov, A.V. Knapkis.</i> Sawlogs Sorting before Sawing.....	117

CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD

<i>T.M. Vladimirova, O.M. Sokolov, S.I. Tretyakov.</i> Comparative Analysis of Calculation Method for Tall Oil Rectification.....	123
<i>S.V. Karavaev.</i> Production of Volatile Oils from Forest Industry Wastes of Primorye	128
<i>V.M. Ushanova, L.I. Chentsova.</i> Influence of Aqueous-alcoholic Solutions and Treatment by Liquefied Carbon Dioxide on Efficiency of Conifers Bark Extraction	132
<i>N.A. Osmolovskaya, V.N. Parshikova, R.A. Stepen.</i> Utilization of Wood Green of Siberian Pine Resulting in Native Products Production.....	137

CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY

<i>S.A. Denisov, V.N. Karasev, M.A. Karaseva, V.I. Pchelin.</i> Timely and Valuable Book.....	143
---	-----



МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

УДК 631.432.2

О.В. Кормилицына, В.В. Бондаренко

Кормилицына Ольга Васильевна родилась в 1968 г., окончила в 1990 г. Московский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доктор Phd, заведующий кафедрой почвоведения Московского государственного университета леса. Имеет более 35 печатных работ по оценке состояния городских почв и насаждений, оптимизации почвенно-грунтовых условий и конструированию почв.



Бондаренко Василий Валентинович родился в 1975 г., окончил в 1998 г. Московский государственный университет леса, кандидат биологических наук, доцент кафедры почвоведения МГУЛ, заместитель декана лесного факультета. Имеет более 20 печатных работ по оценке антропогенного воздействия на почвы, диагностике состояния растений, изучению водного баланса урбанизированных территорий.

**ОЦЕНКА ВОДНОГО СТРЕССА
ГОРОДСКИХ НАСАЖДЕНИЙ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СВОЙСТВ ПОЧВ***

Рассмотрены причины водного стресса городских насаждений. Изучено состояние городских почв и влияние их водно-физических свойств на состояние растительности. Определены коэффициенты водного стресса по периодам вегетации.

Ключевые слова: водно-физические свойства почв, коэффициент водного стресса.

Состояние городских насаждений в значительной степени зависит от почвенно-грунтовых условий, которые формируются при посадке и дальнейшем росте древесных растений. Иными словами, уже на стадии проектирования работ по благоустройству и озеленению урбанизированных территорий необходимо учитывать водно-физические свойства почв. Важнейшими из них являются: гранулометрический состав, плотность, порозность, актуальная влажность – θ_a , а также почвенно-гидрологические константы: влажность устойчивого завядания – θ_{WP} , наименьшая (полевая) влагоемкость –

* Работа выполнена по международному проекту № 047.014.014 «Гидрометеорологические аспекты проблем почв и растительности в урбанизированных системах». Участники проекта: Российский фонд фундаментальных исследований, Нидерландская организация научных исследований, Московский государственный университет леса, Вагенинген университет (Нидерланды).

θ_{FC} , критическая влажность (при которой происходит разрыв капилляров) – θ_i [1].

Древесные растения начинают испытывать сильный водный стресс от недостатка влаги, если актуальная влажность становится ниже влажности устойчивого завядания, а также при избыточном увлажнении, когда она превышает наименьшую влагоемкость. При актуальной влажности ниже критических значений уменьшается интенсивность транспирации, так как растения начинают испытывать водный стресс [2]. Это приводит к потере их декоративности и снижению продуктивности.

Для исследования взаимосвязей между указанными свойствами почв и водным стрессом насаждений в г. Москве были подобраны участки с древесной и травянистой растительностью (газон). Актуальную объемную влажность измеряли с помощью специального оборудования W.E.T-sensor («Eijkkelkamp», Netherlands) в корнеобитаемой зоне до глубины 1 м.

Верхняя часть почвенного профиля (до глубины 40 ... 60 см) представлена торфо-песчаными горизонтами с содержанием органического вещества 12 ... 15 %, нижняя – это перемешанный горизонт легкосуглинистого или среднесуглинистого гранулометрического состава с большим содержанием пылеватых частиц.

Для верхних горизонтов почвы характерны следующие значения анализируемых показателей: $\theta_{FC} = 0,39$; $\theta_{WP} = 0,11$; $\theta_i = 0,250$; для нижних соответственно 0,37; 0,10 и 0,235 [3]. Средние значения этих показателей, характеризующие корнеобитаемую зону до глубины 1 м, составили 0,38 (38 %); 0,105 (10,5 %) и 0,24 (24 %).

Таблица 1

Изменение актуальной влажности почвы корнеобитаемой зоны по периодам вегетации

Объект	Актуальная влажность почвы, %					
	15.04.04- 15.05.04	16.05.04- 14.06.04	15.06.04- 16.07.04	17.07.04- 16.08.04	17.08.04- 14.09.04	15.09.04- 15.10.04
Ул. Хабаровская, аллея деревьев 1-11	<u>23,8±0,58</u> 19,6±1,04	<u>19,6±1,04</u> 8,5±0,96	<u>18,5±0,96</u> 22,2±1,30	<u>22,2±1,30</u> 18,0±1,16	<u>18,0±1,16</u> 21,0±1,29	<u>21,0±1,29</u> 22,8±1,27
Пр. Сахарова: аллея деревьев 2-4; 6-10	<u>29,3±1,58</u> 24,0±1,57	<u>24,0±1,57</u> 16,4±1,14	<u>16,4±1,14</u> 26,2±1,93	<u>26,2±1,93</u> 22,1±1,24	<u>22,1±1,24</u> 20,9±1,15	<u>20,9±1,15</u> 26,0±1,56
аллея деревьев 1-7 (I-III)	<u>23,3±1,04</u> 14,3±0,82	<u>14,3±0,82</u> 10,4±0,22	<u>10,4±0,22</u> 27,8±0,34	<u>27,8±0,34</u> 20,1±1,08	<u>20,1±1,08</u> 16,4±0,80	<u>16,4±0,80</u> 20,7±1,17
Сокольники (ул. Стромынка): аллея деревьев 1*-10*	<u>37,1±1,38</u> 31,6±1,29	<u>31,6±1,29</u> 22,7±1,18	<u>22,7±1,18</u> 38,9±1,42	<u>38,9±1,42</u> 27,6±1,22	<u>27,6±1,22</u> 24,9±1,19	<u>24,9±1,19</u> 26,2±1,26
группа деревьев 1-4	<u>29,7±1,24</u> 27,0±1,15	<u>27,0±1,15</u> 22,1±1,14	<u>22,1±1,14</u> 28,0±1,26	<u>28,0±1,26</u> 20,5±1,21	<u>20,5±1,21</u> 19,3±1,28	<u>19,3±1,28</u> 23,9±0,44

Таблица 2

Изменение коэффициента водного стресса по периодам вегетации

Объект	Коэффициент водного стресса					
	15.04.04- 15.05.04	16.05.04- 14.06.04	15.06.04- 16.07.04	17.07.04- 16.08.04	17.08.04- 14.09.04	15.09.04- 15.10.04
Ул. Хабаровская, аллея деревьев 1-11	0,99...0,67	0,67...0,59	0,59...0,87	0,87...0,56	0,56...0,78	0,78...0,91
Пр. Сахарова: аллея деревьев 2-4; 6-10	1,00...1,00	1,00...0,44	0,44...1,00	1,00...0,86	0,86...0,77	0,77...1,00
аллея деревьев 1-7 (I-III)	0,97...0,28	0,28...0,00	0,00...1,00	1,00...0,71	0,71...0,44	0,44...0,76
Сокольники (ул. Стромынка): аллея деревьев 1*-10*	1,00...1,00	1,00...0,90	0,90...1,00	1,00...1,00	1,00...1,00	1,00...1,00
группа деревьев 1-4	1,00...1,00	1,00...0,86	0,86...1,00	1,00...0,74	0,74...0,65	0,65...0,99

Коэффициент водного стресса (K_s) можно определить по формуле

$$K_s = \frac{\theta_a - \theta_{WP}}{\theta_t - \theta_{WP}} \quad \text{при } \theta_a < \theta_t; \quad K_s = 1 \quad \text{при } \theta_a > \theta_t.$$

На основании полученных данных прослежена динамика изменения актуальной влажности почвы в течение нескольких периодов 2004 г. на различных участках г. Москвы (табл.1) и определены соответствующие коэффициенты водного стресса (табл. 2). Как видим, на большинстве исследуемых участков деревья испытывали водный стресс ($K_s < 1$) и нуждались в дополнительном поливе, учитывая состояние городских почв и климатические особенности урбанизированных территорий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Почвоведение [Текст]: учеб. для ун-тов. В 2 ч. / под ред. В. А. Ковды, Б. Г. Розанова. – М. : Высш. шк., 1988. – С. 137–140.
2. Allen, R.G. Crop evaporation. Guidelines for computing crop water requirements [Text] / R.G. Allen, L.S. Pereira, D. Raes, M. Smith // Irrigation and Drainage Paper 56, FAO, Rome, Italy. – 1998. – 300 p.
3. Wösten, J.H.M. Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland [Text] / J.H.M. Wösten, G.J. Veerman, W.J.M. Groot de, J. Stolte // de Staringreeks, Vernieuwde uitgave 2001, Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Alterra-rapport 153. – 2001. – P. 18–19; 62–83.

Московский государственный
университет леса

Поступила 01.10.07

O.V. Kormilitsyna, V.V. Bondarenko

Assessment of Water Stress in Municipal Plantations Depending on Soil Properties

The reasons of water stress in municipal plantations are considered. The state of municipal soils and impact of their water-physical properties on vegetation is studied. Water stress factors are calculated according to the vegetation periods.

УДК 631.432.4

*О.В. Кормилицына, В.В. Бондаренко***НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РАСЧЕТА ВОДНОГО БАЛАНСА
УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ***

Изложены основные принципы расчета перехвата осадков растительностью в условиях города. Выявлены особенности влияния этого процесса на водный баланс урбанизированных территорий.

Ключевые слова: водный баланс, перехват осадков растительностью, индекс листовой поверхности.

При изучении водного баланса урбанизированных территорий необходимо учитывать влияние древесной и травянистой растительности на перераспределение осадков и, как следствие, уменьшение поступления влаги в почву и снижение интенсивности эвапотранспирации [6].

По оценкам разных авторов, процент перехвата осадков листовой поверхностью деревьев и травянистой растительностью может достигать 5 ... 30, а в ряде случаев 60 [1, 2, 5]. Таким образом, надо оценивать не все количество осадков, а лишь «эффективные», которые достигли почвенного профиля и могут быть использованы растениями.

Для расчета перехвата необходимо определить: общее количество осадков, площадь участка, площадь проекций крон деревьев на нем, индекс листовой поверхности, проективное покрытие травянистой растительностью и ряд других параметров.

С использованием подходов, предложенных A.R. Aston и D.L. Spittlehouse, T.A. Black [3, 7], получено регрессионное уравнение для оценки перехвата осадков деревьями:

$$I_{trees} = P[1 - (0,0063 LAI_{trees}^2 - 0,1525 LAI_{trees} + 1,3039)], R^2 = 0,97,$$

где I_{trees} – перехват осадков деревьями, мм;

P – общее количество осадков, мм;

LAI_{trees} – индекс листовой поверхности деревьев, ед.

Таблица 1

**Значения показателей, необходимых для расчета
перехвата осадков растительностью**

Показатели	Значения показателей по периодам					
	15.04.04- 15.05.04	16.05.04- 14.06.04	15.06.04- 16.07.04	17.07.04- 16.08.04	17.08.04- 14.09.04	15.09.04- 15.10.04
Ул. Хабаровская, аллея деревьев 1-11						
$S_{area}, м^2$	180,0	180,0	180,0	180,0	180,0	180,0
$\Sigma S_{crown}, м^2$	37,7	37,7	37,7	37,7	37,7	37,7

* Работа выполнена по международному проекту № 047.014.014.

$\Sigma S_{crown}/S_{area}$	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
LAI_{trees} , ед.	1,85	2,70	3,52	4,17	3,21	1,80
LAI_{grass} , ед.	0,54	0,74	0,81	0,82	1,11	0,86
b_{grass} , ед.	0,237	0,309	0,333	0,336	0,426	0,349
Пр. Сахарова						
Аллея деревьев 2-4; 6-10						
S_{area} , м ²	619,0	619,0	619,0	619,0	619,0	619,0
ΣS_{crown} , м ²	347,8	347,8	347,8	347,8	347,8	347,8
$\Sigma S_{crown}/S_{area}$	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
LAI_{trees} , ед.	4,25	5,45	5,94	6,06	5,52	4,24
LAI_{grass} , ед.	1,10	1,19	1,24	1,30	1,25	0,81
b_{grass} , ед.	0,423	0,448	0,462	0,478	0,465	0,333
Аллея деревьев 1-7 (I-III)						
S_{area} , м ²	281,0	281,0	281,0	281,0	281,0	281,0
ΣS_{crown} , м ²	109,7	109,7	109,7	109,7	109,7	109,7
$\Sigma S_{crown}/S_{area}$	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
LAI_{trees} , ед.	3,18	4,04	4,49	4,36	3,88	2,68
LAI_{grass} , ед.	1,17	1,02	1,03	1,14	1,17	0,74
b_{grass} , ед.	0,443	0,400	0,402	0,434	0,443	0,309
Сокольники (ул. Стромынка)						
Аллея деревьев 1*-10*						
S_{area} , м ²	288,0	288,0	288,0	288,0	288,0	288,0
ΣS_{crown} , м ²	82,3	82,3	82,3	82,3	82,3	82,3
$\Sigma S_{crown}/S_{area}$	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
LAI_{trees} , ед.	4,86	5,56	6,05	6,03	5,64	4,68
LAI_{grass} , ед.	1,31	1,16	1,01	1,00	1,15	1,14
b_{grass} , ед.	0,481	0,440	0,396	0,393	0,437	0,434
Группа деревьев 1-4						
S_{area} , м ²	115,0	115,0	115,0	115,0	115,0	115,0
ΣS_{crown} , м ²	59,2	59,2	59,2	59,2	59,2	59,2
$\Sigma S_{crown}/S_{area}$	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
LAI_{trees} , ед.	5,12	6,32	7,11	6,54	5,77	4,20
LAI_{grass} , ед.	4,81	2,22	1,00	2,59	0,55	0,81
b_{grass} , ед.	0,910	0,670	0,393	0,726	0,240	0,333

Эта формула адекватно оценивает перехват осадков деревьями при условии, что их ежедневное количество не превышает 10 ... 12 мм и $LAI > 2,5$. Расчет проводили для каждого дня с осадками, затем полученные данные суммировали по периодам. Дни с количеством осадков более 10 ... 12 мм исключали из расчетов.

Кроме перехвата осадков деревьями, необходимо учесть влияние травянистой растительности. При этом следует рассчитать перехват на участках вне крон деревьев (только травой) и под кронами (комбинация деревьев и травы). Для этого использовали формулу Von Hoyningen-Huene и Braden [4]:

$$I_{grass} = a LAI_{grass} \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{bP}{aLAI_{grass}}} \right),$$

где I_{grass} – перехват осадков травой, мм;

a – эмпирический коэффициент, $a = 0,25$ мм;

b – проективное покрытие травой, ед.;

LAI_{grass} – индекс листовой поверхности травы, ед.

Для расчета перехвата осадков деревьями и травой использовали формулу

$$I_{comb} = \frac{\sum S_{crown}}{S_{area}} I_{trees} + \left(1 - \frac{\sum S_{crown}}{S_{area}} \right) I_{grass},$$

где I_{comb} – перехват осадков деревьями и травой, мм;

$\sum S_{crown}$ – сумма площадей проекций крон, м²;

S_{area} – площадь участка, м².

Необходимые для расчета показатели (табл. 1) определяли на участках с древесной и травянистой растительностью в г. Москве по периодам вегетации 2004 г. Общее количество осадков в эти периоды и значения перехвата осадков растительностью представлены в табл. 2–4.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что перехват осадков растительностью в условиях города может составлять 2 ... 35 % в зависимости от периода вегетации, развития листовой поверхности, состояния

Таблица 2

Общее количество осадков по периодам вегетации

Период	Количество осадков, мм	Период	Количество осадков, мм
15.04.04-15.05.04	33,2	17.07.04-16.08.04	109,0
16.05.04-14.06.04	48,3	17.08.04-14.09.04	68,2
15.06.04-16.07.04	244,0	15.09.04-15.10.04	35,9

Таблица 3

Значения перехвата осадков растительностью

Показатели	Перехват осадков по периодам, мм					
	15.04.04-15.05.04	16.05.04-14.06.04	15.06.04-16.07.04	17.07.04-16.08.04	17.08.04-14.09.04	15.09.04-15.10.04
Ул. Хабаровская аллея деревьев 1-11						
I_{trees}	-	0,63	7,93	5,09	1,73	-
I_{grass}	0,69	1,29	2,22	1,16	1,39	1,53
I_{comb}	0,69	1,92	10,16	6,25	3,12	1,53

Пр. Сахарова						
Аллея деревьев 2-4; 6-10						
I_{trees}	4,28	9,20	51,88	23,74	13,21	4,61
I_{grass}	0,90	1,44	2,13	1,17	0,90	0,62
I_{comb}	5,19	10,64	54,01	24,91	14,11	5,23
Аллея деревьев 1-7 (I-III)						
I_{trees}	1,52	3,94	24,15	10,26	5,13	0,83
I_{grass}	1,36	1,61	2,34	1,38	1,15	0,75
I_{comb}	2,88	5,55	26,49	11,64	6,28	1,58
Сокольники (ул. Стромынка)						
Аллея деревьев 1*-10*						
I_{trees}	2,78	4,89	27,46	12,22	7,04	2,83
I_{grass}	1,85	2,24	2,66	1,36	1,31	1,59
I_{comb}	4,63	7,13	30,12	13,58	8,35	4,42
Группа деревьев 1-4						
I_{trees}	5,38	10,25	58,61	24,03	12,99	4,21
I_{grass}	6,11	3,49	1,78	2,86	0,31	0,67
I_{comb}	11,49	13,75	60,38	26,89	13,30	4,88

Примечание. Когда $LAI_{trees} < 2,5$, осадки перехватываются только травой, $I_{comb} \sim I_{grass}$.

Таблица 4

Доля перехвата осадков растительностью от общего количества осадков

Объект	Процент перехвата осадков по периодам					
	15.04.04-15.05.04	16.05.04-14.06.04	15.06.04-16.07.04	17.07.04-16.08.04	17.08.04-14.09.04	15.09.04-15.10.04
Ул. Хабаровская, аллея деревьев 1-11	2,1	4,0	4,2	5,7	4,6	4,3
Пр. Сахарова: аллея деревьев 2-4; 6-10	15,6	22,0	22,1	22,9	20,7	14,6
аллея деревьев 1-7 (I-III)	8,7	11,5	10,9	10,7	9,2	4,4
Сокольники (ул. Стромынка): аллея деревьев 1*-10*	13,9	14,8	12,3	12,5	12,2	12,3
группа деревьев 1-4	34,6	28,5	24,7	24,7	19,5	13,6

растительности и почв, интенсивности осадков и других климатических параметров. В ряде случаев перехват настолько значителен, что сказывается на других статьях водного баланса. Например, уменьшение содержания влаги в почве приводит к снижению интенсивности транспирации, растения начинают испытывать водный стресс, возрастает конкуренция за воду и питательные элементы между древесной и травянистой растительностью. В этом случае необходимо принимать меры по улучшению водного режима почв урбанизированных территорий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Молчанов, А.А. Гидрологическая роль леса [Текст] / А.А. Молчанов. – М.: АН СССР, 1960. – 487 с.
2. Роде, А.А. Почвоведение [Текст] / А.А. Роде. – М.; Л.: Гослесбумиздат, 1955. – 522 с.
3. Aston, A.R. Rainfall interception by eight small trees [Text] / A.R. Aston // Division of Plant Industry. – Canberra: CSIRO, 1979. – P. 383–395.
4. Feddes, R.A. Soil Physics and Agrohydrology [Text] / R.A. Feddes, J.C. Dam van, J.P.M. Witte // Lecture Notes, Chair Soil Physics, Agrohydrology and Groundwater Management. – Wageningen, The Netherlands: Wageningen University, 2003. – P. 9–11
5. Landsberg, J.J. Physiological ecology of forest production [Text] / J.J. Landsberg. – London: Academic press, 1986. – P. 133–164.
6. McNaughton, K. Predicting effects of vegetation changes on transpiration and evaporation [Text] / K. McNaughton, P.G. Jarvis; ed. T.T. Koslowski. // Water deficits and plant growth. – New York: Academic press, 1983. – Vol. 7. – P. 1–47.
7. Spittlehouse, D.L. A growing season water balance model used to partition water use between trees and understorey [Text] / D.L. Spittlehouse, T.A. Black // Proceedings of the Canadian Hydrology Symposium. Associate Committee on Hydrology. – Ottawa: National Research Council of Canada, 1982. – P. 195–214.

Московский государственный
университет леса

Поступила 01.10.07

O.V. Kormilitsyna, V.V. Bondarenko

Some Aspects of Water Balance Estimation in Urbanized Territories

The main calculation principles of precipitation capture by vegetation in the municipal conditions are stated. Peculiarities of this process influence on the water balance of the urbanized territories are revealed.

УДК 629.78: 630*52:587/588

И.М. Данилин, Е.М. Медведев

Данилин Игорь Михайлович родился в 1957 г., окончил в 1980 г. Сибирский технологический институт, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник Института леса СО РАН, профессор кафедры земельного кадастра Красноярского государственного аграрного университета. Имеет более 150 научных работ по проблемам лесной таксации, лесо- и землеустройства, аэрокосмических методов зондирования лесов, природопользования и охраны окружающей среды.



Медведев Евгений Михайлович родился в 1963 г., окончил в 1986 г. Московский энергетический институт, кандидат технических наук, генеральный директор компании «ГеоЛидар», доцент кафедры прикладной геодезии Московского государственного университета геодезии и картографии, член общественного совета Роскартографии. Имеет 57 печатных работ в области геоинформатики, аэрофототопографии, лазерной локации.



НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ МЕЖДУНАРОДНОГО ПРОЕКТА ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЛАЗЕРНОЙ, РАДАРНОЙ И ЦИФРОВОЙ АЭРОСЪЕМКИ ЛЕСОВ

Обсуждаются возможности использования новейших методов дистанционного зондирования – лазерной, радарной и цифровой аэросъемки для целей инвентаризации и мониторинга лесов, разработанные в рамках международного (российско-канадско-австрийского) научно-исследовательского проекта.

Ключевые слова: лазерная, радарная, цифровая аэросъемка, инвентаризация и мониторинг лесов, международный проект.

Лазерная, радарная и цифровая виды аэросъемки, являющиеся составной частью новейших методов и технологий геоинформатики и цифровой фотограмметрии, все шире используются во многих отраслях, в том числе при решении задач информационного обеспечения инвентаризации и мониторинга лесов, разрабатываются во многих странах и по показателям точности и экономической эффективности превосходят другие, известные на сегодняшний день дистанционные методы изучения и измерения параметров лесной растительности [1–11].

Наши исследования позволили разработать эффективный метод фильтрации и классификации данных лазерного и радарного зондирования при цифровой топографической аэросъемке, основанный на аллометрии параметров лесного полога и автоматизированном дешифрировании изображений («лазерных цифровых портретов») лесных насаждений с использованием подходов математической морфологии, оперирующей понятиями теории множеств и нечетких множеств, теории информации, распознавания

образов и вероятности, а также современных достижений в обработке изображений, цифровой фотограмметрии и трехмерной компьютерной графики [2, 3, 6, 11].

В процессе реализации настоящего научно-исследовательского проекта была выдвинута гипотеза, что информация, получаемая с помощью лазерных сканеров и интерференционных радаров с синтетической апертурой (ИРСА), отражает морфоструктурные и пирологические характеристики лесного покрова, которые, в свою очередь, являются критическими входными данными для разрабатываемых математических моделей строения и роста лесных насаждений, развития и поведения пожаров в них. В процессе исследований установлено, что интенсивность обратного рассеяния в лазерных и радарных изображениях связана с влажностью листвы – другой переменной, которая также имеет большое значение в моделировании лесных пожаров [3, 6, 10].

В связи с этим было предложено интегрировать лазерную трехмерную геометрию, цифровую плановую аэрофотосъемку и радарную информацию интенсивности обратного рассеяния, получаемую ИРСА, с физическими характеристиками лесного полога. С этой целью использовали статистические и логические методы для оценки параметров, имеющих отношение к различным слоям растительности, включая глубину их распространения и плотность. Физические характеристики плотности крон деревьев и древостоев для заданного размера ячейки (кластера) определяли непосредственно по радарным и другим пространственным данным для моделирования распространения лесных пожаров в кронах деревьев. Результаты анализа радарных данных сравнивали с оценками переменных поведения огня в кронах, информацией, полученной с помощью датчиков оптического диапазона (лазерная, цифровая аэро- и спутниковая съемка) и традиционными методами наземных измерений на пробных площадях.

Установлено, что с экономической точки зрения получение радарных данных на обширных пространствах бореальной зоны значительно эффективнее и дешевле по сравнению с другими методами и технологиями дистанционного зондирования лесов, включая лазерное зондирование и цифровую аэросъемку. Сбор радарных данных может осуществляться с самолетных платформ на относительно больших высотах (6000 ... 12000 м), что позволяет покрывать значительные по площади территории за короткий промежуток времени (3600 ... 7200 км²/ч) в любое время суток и при любых погодных условиях.

Из сказанного следует, что хотя радарный метод и уступает лазерной локации и цифровой аэросъемке по разрешающей способности примерно на 25 % в силу большей степени рассеивания радарных импульсов, все же имеет существенные преимущества по сравнению с оптическими системами дистанционного зондирования в тех случаях, когда сбор данных производится при неблагоприятных атмосферных условиях (облачность, задымленность).

Методические и технологические аспекты использования лазерных сканеров, интерференционных радаров с синтетической апертурой и цифровых аэро- и космических снимков высокого и сверхвысокого (субметрового) разрешения являются критичными с точки зрения точной и объективной оценки структуры и биомассы лесов, достоверности оценки потоков углерода, в свете реализации международных договоров и соглашений, подписанных Россией, в том числе и Киотского протокола [2, 3, 10].

Результаты и обсуждение

В рамках настоящего исследовательского проекта дистанционное зондирование лесов выполняли с использованием бортовых лазерных, радарных и цифровых аэросъемочных комплексов на полигонах в Красноярском крае, Ханты-Мансийском и Ямало-Ненецком автономных округах, Якутии, а также в Канаде на общей площади более 3000 км² [1–4, 6]. При техническом взаимодействии с компаниями Optech Inc., ITRES Research Ltd. (Канада) и Microsoft-Vexcel (Австрия) были практически задействованы и протестированы для целей дистанционного лесозоологического мониторинга и лесоинвентаризации такие бортовые системы авиационного лазерного сканирования, как: ALTM–2050/3100; бортовые воздушные интерференционные радары с синтетической апертурой IFSAR и SAR PALSAR; цифровая топографическая аэрофотокамера Vexcel UltraCAM X; спутниковые снимки субметрового разрешения, полученные в системах IKONOS и QuickBird II [7–9].

Работы по проекту включали следующие основные блоки и разделы.

Исследование данных спутниковой съемки:

- Предварительная обработка данных (геометрическая и радиометрическая коррекция).
- Классификация по параметрам лесного покрова с использованием существующих методов обработки данных, основанная на спектральных сигнатурах и текстурных характеристиках изображений.
- Верификация результатов классификации.

Исследование данных лазерного сканирования:

- Применение существующих статистических методов для оптимизации и достоверного разделения «первичных» и «вторичных» лазерных импульсов на основе исходных данных сканирования.
- Расчет параметров трехмерных моделей кроновых структур и древостоев на основе исходных соответственно «первичных» и «вторичных» импульсов.
- Интерполяция исходных данных сканирования.
- Разработка эффективных алгоритмов сегментации и сепарации деревьев и древостоев и их структурных элементов.
- Расчет лесотаксационных показателей по данным лазерного сканирования.
- Верификация результатов математического моделирования на координатных пробных площадях и тестовых участках.

Синергетическое использование различных типов сенсоров:

– Интегрирование результатов классификации лазерного сканирования, радарной и цифровой воздушной и спутниковой съемки.

– Изучение методических и технологических преимуществ и недостатков синергетического использования различных типов сенсоров.

– Лабораторное моделирование и визуализация операционных возможностей перспективных приборов и инструментов дистанционного зондирования для целей лесозоологического мониторинга и лесоинвентаризации на примере систем: ALTM, IFSAR, SAR PALSAR, UltraCAM X.

Контроль качества работы системы:

– Оценка стоимостных показателей разработанного метода в сравнении с существующими методами таксации и мониторинга леса в целях содействия процессу принятия решений органами и структурами управления лесами, лесопользователями и частными компаниями по использованию нового подхода и его дальнейшего совершенствования.

– Оценка возможностей полноценной замены традиционных подходов и способов наземных полевых измерений и мониторинга инновационными методами и технологиями дистанционного зондирования.

– Оценка полученных результатов конечными пользователями.

При оценке конечных результатов исследования установлено, что относительно высокая стоимость гиперспектральных спутниковых снимков IKONOS и QuickBird II (2,500 ... 5,000 долл. за одну сцену, размер 11 × 11 и 16 × 16 км соответственно) на сегодняшний день является существенным ограничивающим фактором для их использования в системе дистанционного мониторинга и инвентаризации леса. Значительно больший интерес с точки зрения перспективного и эффективного использования разрабатываемой методики, на наш взгляд, представляют бортовые системы воздушного лазерного (ALTM-3100) и радарного (SAR PALSAR) сканирования, интегрированные с цифровой многоканальной аэросъемкой сверхвысокого разрешения (Ultra Cam X – 14430 × 9420 активных пикселей на кадр), позволяющие получать трехмерные сцены земной поверхности высокой степени детализации, с геодезической точностью и в 2–3 раза дешевле по сравнению со спутниковыми снимками субметрового разрешения.

В процессе разработки, тестирования и апробации методики съемки и анализа получаемых материалов изучали различные подходы к обработке данных авиационного зондирования. Определены базовые методические и технологические элементы, необходимые при съемке леса лазерными сканерами, радарами и цифровыми аэрофотоаппаратами.

Установлено, что лазерный и радарный методы сканирования, интегрированные с цифровой аэрофотосъемкой, обеспечивают получение облака точек с известными координатами x , y , z . Это облако является основой для построения цифровой модели земной поверхности (ЦМЗП), которая включает точки земли, растительности и точки, отраженные от зданий и сооружений. При обработке данных и классификации (разделении) точек земли и растительности становится возможным построение цифровой модели

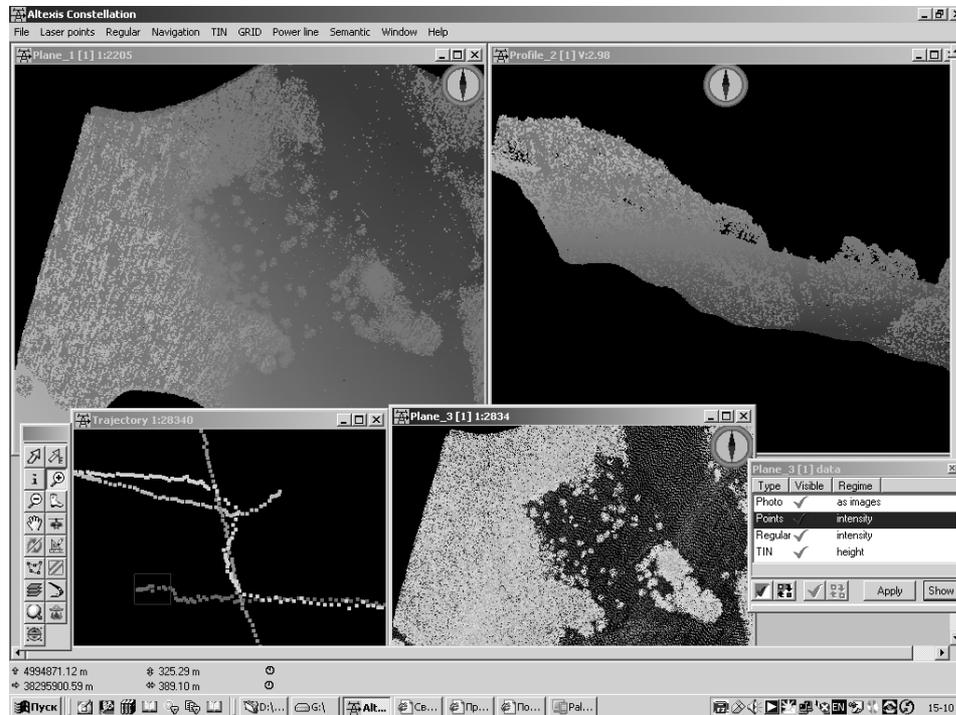


Рис. 1. Трехмерная визуализация лазерно-локационных данных сканирования лесной растительности и GPS-маршрутизация съемки в проекциях Altaxis 2.0

земной поверхности и цифровой модели растительности (ЦМР) в режиме реального времени (непосредственно на борту авиационного носителя или сразу после завершения аэросъемочных работ) с использованием программного комплекса Altaxis [5] (рис. 1, 2).

Сегментом между ЦМР и ЦМЗП является цифровая модель структуры древостоя (ЦМД), которая представляет собой основной базовый элемент лазерной локации, радарного сканирования и цифровой аэрофотосъемки леса. Цифровая модель древостоя служит основой для определения морфометрических параметров деревьев и их совокупностей с использованием статистических методов.

Предлагаемый нами метод обеспечивает построение детализированной цифровой модели структуры древостоя и отдельных частей деревьев (кроны, отдельные ветви, стволы), которые в последующем используются для точной биометрической оценки как отдельных деревьев, так и древостоев в целом (рис. 3).

Исследованиями установлено, что точность определения ЦМЗП, по данным лазерного сканирования, изменяется от 15 см до 1 м в зависимости от рельефа земной поверхности и высоты съемки. Вместе с тем, для построения модели высоты древостоя (ЦМД) – это более чем адекватный



Рис. 2. Интегрированный анализ цифровых аэросъемочных, лазерно-локационных и радарных данных и их представление в ГИС-приложениях

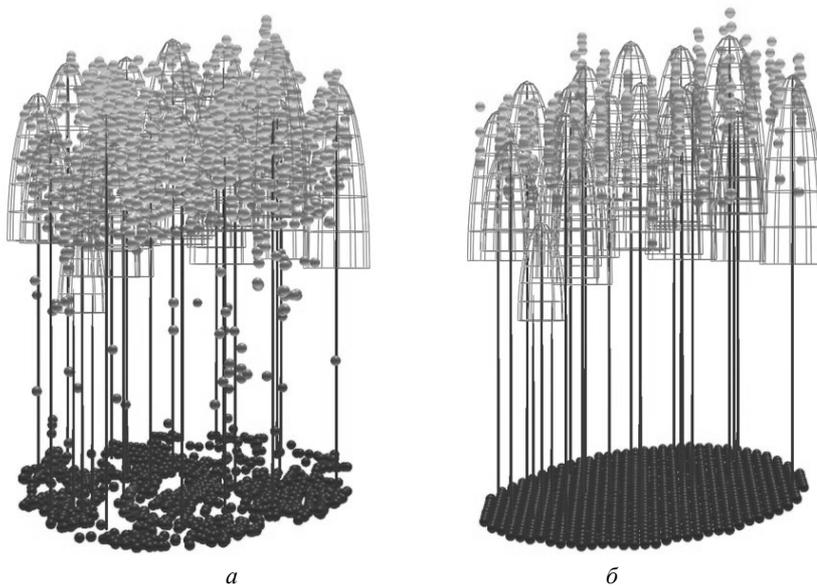


Рис. 3. «Сочлененная» трехмерная реконструкция морфологической структуры лиственного древостоя по данным лазерного (а) и радарного (б) сканирования

показатель. Отдельные деревья в бореальной зоне могут быть измерены с точностью 10 ... 15 см при частоте импульсной локации 30 кГц и выше.

Выявлено, что при определении высоты деревьев главными факторами являются частота сканирования и густота (проницаемость) лесного полога. В бореальной зоне на покрытых лесом территориях в большинстве случаев существуют прогалины в лесном пологе. К примеру, на лазерных трансектах в Красноярском крае и Якутии более 30 % лазерных импульсов первого порядка (first pulse data) отражаются и фиксируются непосредственно от земли без какого-либо взаимодействия с лесным пологом. При увеличении частоты сканирования до 50 ... 100 кГц становится возможным получить детальные морфометрические параметры отдельных деревьев с точностью, сопоставимой с наземными инструментальными измерениями [2, 3].

Полученные результаты показывают высокие корреляции и соответствия между лазерными измерениями и наземной биометрией структурных и весовых компонентов лесных насаждений, выполненной на координатных пробных площадях (высота древостоя – $R^2 = 0,98$; высота основания кроны – $R^2 = 0,87$; сомкнутость полога – $R^2 = 0,85$; фитомасса древостоя и кроновой части – $R^2 = 0,87 \dots 0,98$).

Стандартные ошибки при определении средней высоты, суммы площадей поперечных сечений стволов, объемов стволов и их биомассы по данным авиационного лазерного зондирования оказались равными соответственно 3, 9, 7 ... 10 и 5 ... 10 %. В целом точность лазерно-локационных определений биометрических и таксационных показателей деревьев и дре-

востоев с помощью аллометрических функций была выше, чем при использовании традиционных методов лесоинвентаризации [1, 2].

При лазерной, радарной и цифровой аэро съемке оценка запасов древесины и фитомассы леса в каждом конкретном случае сводится к установлению базовых закономерностей изучаемого объекта и определению соотношений между объемами стволов, фитомассой, высотой и диаметрами стволов и крон, которые, в свою очередь, составляют 87 ... 99 % объясненной изменчивости различных фракций фитомассы (стволы деревьев, скелет крон и хвои) и объемов стволовой древесины [1–4, 6].

Выводы

Реализация настоящего проекта позволила разработать методологию обработки, дешифрирования и эффективного использования трехмерных данных дистанционного зондирования высокого и сверхвысокого разрешения в системе мониторинга лесного покрова, касающихся закономерностей пространственного распределения структурных компонентов и биомассы лесных экосистем, в том числе динамики растительных горючих материалов. Ожидается, что дальнейшее развитие данной методологии позволит создавать достоверные и высокоточные лесные карты и базы данных различного тематического содержания, которые найдут применение во многих сферах использования, включая оперативный мониторинг лесных экосистем, стратегическое и тактическое планирование лесопользования, объективную оценку параметров состояния и динамики лесных насаждений, в том числе их биомассу, моделирование развития и распространения катастрофических лесных пожаров и оценку различных природных рисков.

Результаты практической апробации метода авиационного лазерного и радарного сканирования леса в сочетании с цифровой аэро- и космической съемкой высокого и сверхвысокого разрешения, спутниковой навигацией и геопозиционированием, интегрированных в геоинформационных системах, свидетельствуют о высокой перспективности его использования для целей анализа и моделирования структуры и динамики лесного покрова, статистической лесоинвентаризации и оперативного лесоэкологического мониторинга бореальной зоны, что тесным образом связано с выполнением условий Киотского протокола (подписанного Россией) по точности глобальных и национальных оценок потоков углерода в экосистемах Земли. Метод позволяет проводить дистанционную инвентаризацию и мониторинг лесов в режиме реального времени, с высокой эффективностью, при минимуме наземных работ и значительной экономии времени и финансовых средств.

Авторы надеются, что результаты проекта будут способствовать получению новых знаний и выявлению закономерностей структурно-функциональной организации и биологической продуктивности лесных экосистем бореальной зоны, окажут существенное воздействие на развитие различных областей науки и новых технологий. Полученные результаты послужат основой для разработки принципиально новой методологии и технологии дистанционного зондирования лесного покрова и формирования

геоинформационных систем природно-ресурсного и природоохранного содержания и в перспективе будут иметь высокую потенциальную коммерческую ценность на рынке дистанционного зондирования и геоинформационных услуг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилин, И.М. Лазерное профилирование лесного полога [Текст] / И.М. Данилин, Т. Сведа // Лесоведение. – 2001. – № 6. – С. 64–69.
2. Данилин, И.М. Морфологическая структура, продуктивность и дистанционные методы таксации древостоев Сибири [Текст]: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / И.М. Данилин; Ин-т леса им. В.Н. Сукачева СО РАН. – Красноярск, 2003. – 35 с.
3. Медведев, Е.М. Лазерная локация земли и леса [Текст]: учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. / Е.М. Медведев, И.М. Данилин, С.Р. Мельников. – М.: Геолидар, Геокосмос; Красноярск: ИЛ СО РАН, 2007. – 229 с.
4. Медведев, Е.М. С лазерным сканированием на вечные времена [Текст] / Е.М. Медведев, А.В. Григорьев // Геопрофи. – 2003. – № 1. – С. 5–10.
5. Программный комплекс Altexis [Электронный ресурс]. – 2007. – Режим доступа: <http://www.geokosmos.ru/technologies/airborne/altexis/>.
6. Danilin, I.M. Forest inventory and biomass assessment by the use of airborne laser scanning method (example from Siberia) [Text] / I.M. Danilin, E.M. Medvedev // Int. Arch. Photogram. Rem. Sens. & Spat. Inf. Sci. – 2004. – Vol. 36, N 8/W2. – P. 139–144.
7. ITRES Research Limited [Электронный ресурс]. – 2007. – Режим доступа: <http://www.itres.com>.
8. Microsoft-Vexcel Imaging GmbH [Электронный ресурс]. – 2007. – Режим доступа: <http://www.vexcel.com>.
9. Optech Incorporated [Электронный ресурс]. – 2007. – Режим доступа: <http://www.optech.ca>.
10. Remote Sensing of Forest Environments. Concepts and Case Studies [Text] / Ed. by M.A. Wulder, S.E. Franklin; Kluwer Academic Publ. – 2003. – 519 p.
11. Soille, P. Morphological Image Analysis: Principles and Applications [Text] 2-nd ed. / P. Soille. – Berlin: Springer-Verl. – 2003.

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН
Компания «ГеоЛидар»

Поступила 25.06.07

I.M. Danilin, E.M. Medvedev

Some Results of International Project on Investigation of Possibilities for Laser, Radar and Digital Aerial Survey of Forests

Possibilities of using recent remote sensing methods – laser, radar and digital aerial survey - for forest inventory and monitoring developed within the framework of international (Russian-Canadian-Austrian) scientific-research project are discussed.

УДК 630*228.12 + 681.13

В.В. Фомин, Д.С. Капралов, А.С. Попов, В.И. Крюк

Фомин Валерий Владимирович родился в 1971 г., окончил в 1995 г. Уральскую государственную лесотехническую академию, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры биофизики Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет около 30 научных работ в области дендрэкологии и экофизиологии растений.



Капралов Денис Сергеевич родился в 1981 г., окончил в 2003 г. Уральский государственный университет, аспирант кафедры биофизики Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет 5 научных работ в области дендрэкологии.



Попов Артем Сергеевич родился в 1979 г., окончил в 2003 г. Уральский государственный университет, аспирант кафедры биофизики Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет 6 научных работ в области дендрэкологии.



**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ
ДЕРЕВЬЕВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
СИСТЕМЫ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ***

Разработан автоматизированный метод оценки жизненного состояния дерева по фотографии кроны с использованием системы анализа изображений. Установлена высокая количественная и качественная адекватность оценок, полученных с использованием предлагаемого метода. Показаны его преимущества перед визуальным определением состояния деревьев.

Ключевые слова: состояние деревьев, анализ изображений, автоматизированный метод оценки.

Визуальная оценка состояния древостоев активно используется специалистами лесного хозяйства и экологами при санитарном обследовании лесов и оценке уровня воздействия естественных и антропогенных факторов [1–4]. Критериями при определении категории жизненного состояния слу-

* Работа выполнена благодаря финансовой поддержке ИНТАС (грант 01-0052) и РФФИ (грант 04-04-48466), а также технической поддержке ООО “SIAMS” (Россия) и Smart Imaging Technologies Co (США) – производителей программного обеспечения SIMAGIS Research.

жат степень пожелтения и покраснения хвои или листьев, уровень дефолиации кроны, а также ее форма и протяженность.

Преимущества визуальной оценки перед инструментальными измерениями и комплексной морфофизиологической оценкой состояния древостоев [5] заключаются в скорости проведения работ и их относительной дешевизне. Недостатками данного подхода являются субъективность оценок и трудность определения промежуточных категорий ослабленности деревьев. Современный уровень развития технологий анализа изображений и программно-аппаратной базы позволяет в значительной степени избавиться от этих недостатков.

Цель нашего исследования – разработать автоматизированный метод оценки состояния деревьев по цифровым фотографиям с использованием компьютерной системы анализа изображений. Фотографии верхней части отдельных деревьев с разной степенью повреждения кроны служили эталонами при реализации научно-исследовательского проекта по визуальной оценке состояния лесов Европы SUNUSILVA [2]. В ходе выполнения проекта исследователи выделили четыре градации по степени дефолиации кроны (от 0 до 75 %). Учитывали также форму кроны и тип ветвей первого и более высоких порядков. При изготовлении фотографий должны быть соблюдены следующие условия: крона дерева не пересекается с другими; видна часть кроны от верхушки до нижних зеленых ветвей; фотосъемка производится в солнечную погоду в дневное время суток в июле – августе.

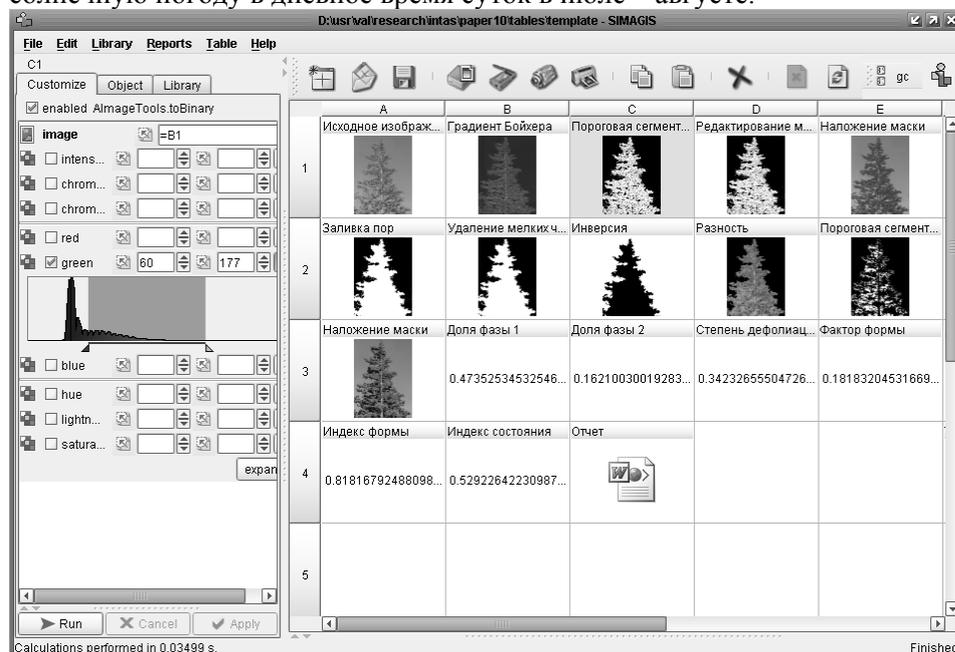


Рис. 1. Цепочка обработки изображения кроны дерева в электронной таблице компьютерной системы анализа изображений

На 32 эталонных фотографиях деревьев видов *Picea abies* Karst., *Abies alba* Mill., *Larix decidua* Mill. и *Pinus sylvestris* L. создан алгоритм обработки и выполнено тестирование автоматизированной методики оценки состояния дерева [2]. Методика реализована на программной платформе SIMAGIS Research (SIAMS (Россия) и Smart Imaging Technologies (США)). Данный программный продукт представляет собой систему анализа изображений, разработанную по технологии электронных таблиц. Ячейки такой таблицы могут обрабатывать изображения, числовые и текстовые данные. При обработке фотографии в цифровом виде строится цепочка взаимосвязанных ячеек, каждый этап анализа доступен для визуального контроля эксперта (рис. 1). Для обработки нового изображения достаточно просто поместить его в начальную ячейку цепочки обработки.

На рис. 2 приведены основные этапы анализа. К исходному изображению (рис. 2, а) применяли функцию «Градиент Бойхера» – расчет перепадов интенсивности. Использование данной функции позволяет отделить крону от окружающего его фона (рис. 2, б).

На следующем этапе производили бинаризацию, т. е. получали черно-белое изображение, с использованием функции «Пороговая сегментация» по значениям зеленой компоненты цветового пространства (рис. 2, в). На рис. 1 в левой части окна интерфейса изображена гистограмма распределения значений данной цветовой компоненты обрабатываемого изображения. Функция «Пороговая сегментация» расположена в ячейке С3. Нижний и верхний пороги бинаризации, которые используют для выделения кроны на изображении, приведенном на рис. 1, равны 60 и 177 единицам. Для каждой конкретной анализируемой фотографии пользователь имеет возможность изменить верхний и нижний пороги данной функции.

Следующие два этапа обработки предназначены для получения бинарного изображения силуэта кроны: «Заливка пор» и «Удаление мелких частиц». При помощи функции «Заливка пор» черные области внутри кроны закрашивают белым цветом. Применение второй функции позволяет удалить белые частицы, размеры которых меньше заданного пользователем размера. В результате применения данных этапов обработки получается бинарное изображение силуэта кроны белого цвета (рис. 2, г).

На рис. 2, д приведен результат вычитания инвертированного изображения силуэта кроны из исходного. Для выделения просветов в кроне на изображении используют функцию «Пороговая сегментация» (рис. 2, г). Значения порогов устанавливают по синей компоненте цветового пространства или по цветовому тону HUE. Если на фотографии кроны не видны участки ствола, пороговую сегментацию, как правило, лучше проводить по синей компоненте. Для ажурной кроны с хорошо освещенными участками ствола лучшие результаты дает использование сегментации по HUE.

Для визуального контроля результатов выделения силуэта кроны и просветов в ней используют функцию «Наложение маски», которую накладывают на исходное изображение силуэта кроны (ячейка Е1) и области просветов в кроне (ячейка А3), представленное на рис. 2, д.

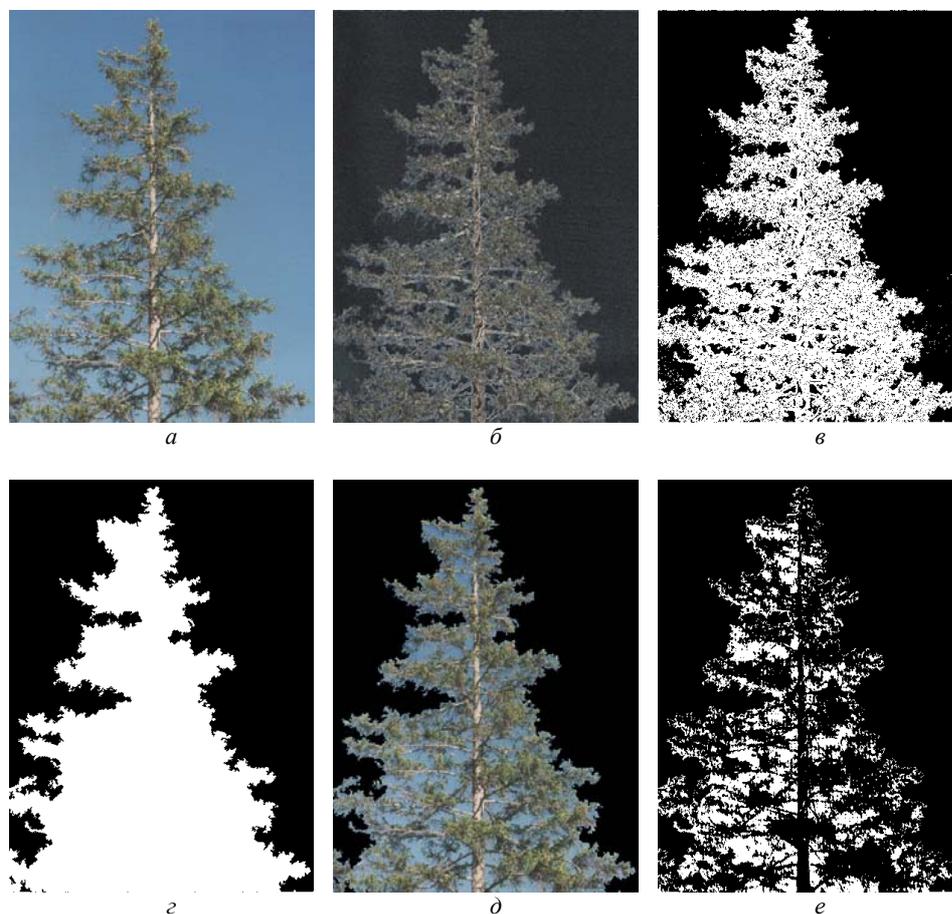


Рис. 2. Основные этапы обработки изображения дерева: *a* – исходное изображение; *б* – выделение области кроны на исходном изображении с использованием градиента Бойхера; *в* – бинарное изображение силуэта кроны дерева, полученное в результате проведения пороговой сегментации изображения 2, *б*; *г* – бинарное изображение области кроны дерева, полученное в результате удаления мелких частиц и заполнения пор (областей внутри кроны) на изображении 2, *в*; *д* – результат вычитания из исходного изображения (2, *a*) инвертированного изображения силуэта кроны (2, *в*); *е* – бинарное изображение просветов в кроне, полученное в результате проведения пороговой сегментации изображения 2, *д*

Отношение площади просветов в кроне (S_g) к площади ее силуэта (S_c) характеризует степень дефолиации (D_d):

$$D_d = \frac{S_g}{S_c}.$$

Силуэт кроны угнетенного дерева обычно более изрезан, чем у дерева хорошего состояния. Степень изрезанности границ объекта характеризует фактор формы (f), определяемый как отношение периметра круга, площадь которого равна площади выделенного объекта, к периметру объекта:

$$f = 2 \frac{\sqrt{\pi S}}{P},$$

где S – площадь круга, равная площади объекта;
 P – периметр объекта.

При увеличении степени изрезанности кроны значение круглого фактора формы снижается. Для того чтобы изменение степени дефолиации и параметра, определяющего форму кроны, носило однонаправленный характер, предлагается использовать параметр, условно названный нами индексом формы (I_f):

$$I_f = 1 - f.$$

В качестве интегрального параметра, характеризующего состояние дерева, предлагается использовать среднее геометрическое от степени дефолиации и индекса формы (I_s):

$$I_s = \sqrt{D_d I_f}.$$

Этот показатель более «чувствителен» к небольшим значениям входящих в него параметров. Он позволяет фиксировать более существенные отличия между значениями индекса состояния для деревьев с промежуточным жизненным состоянием, чем использование среднего арифметического.

Значения всех описанных параметров лежат в пределах от 0 до 1. Время обработки одного изображения с настройкой параметров функций не превышает нескольких секунд.

В таблице приведены результаты визуальной оценки состояния четырех видов деревьев по шестнадцати фотографиям, полученным в ходе выполнения проекта SUNASILVA, и автоматизированной оценки с использованием описанной методики. Данные таблицы свидетельствуют, что разработанный метод позволяет успешно определять категории жизненного состояния деревьев. Расхождения между категориями при автоматизированной оценке оказались ниже, чем при визуальной, следовательно, во втором случае степень угнетения деревьев завышается.

Установлено, что относительная погрешность определения индекса состояния лежит в пределах 0,7 ... 4,9 %. Для некоторых серий изображений разность между индексами для двух промежуточных категорий ослабленности может быть меньше относительной погрешности. Тогда выделение нескольких промежуточных градаций угнетения деревьев нецелесообразно.

Для оценки состояния дерева в рамках описанного подхода возможно использование цвета хвои или листвы. При этом лучше обрабатывать фотографии не всей кроны, а отдельных ветвей или хвои (листвы). В таком случае также вероятен автоматизированный подсчет количества некротов.

Достаточно высокая точность оценки, объективность определения степени угнетения дерева в сочетании с высокой скоростью обработки изображений позволяет утверждать, что разработанный автоматизирован-

Результаты визуальной и автоматизированной оценки состояния деревьев

Вид	Визуальная оценка, %	Автоматизированная оценка, отн. ед.		
		Степень дефолиации	Индекс формы	Индекс состояния
<i>Abies alba</i> Mill.	0	0,15	0,54	0,28
	30	0,17	0,58	0,31
	50	0,37	0,73	0,52
	70	0,44	0,76	0,58
<i>Picea abies</i> Karst.	5	0,09	0,74	0,26
	30	0,18	0,73	0,37
	40	0,25	0,76	0,43
	60	0,40	0,82	0,60
<i>Larix decidua</i> Mill.	0	0,16	0,75	0,34
	25	0,29	0,82	0,49
	50	0,32	0,86	0,52
	75	0,46	0,87	0,64
<i>Pinus sylvestris</i> L.	5	0,18	0,67	0,35
	25	0,23	0,76	0,42
	45	0,30	0,78	0,48
	75	0,53	0,83	0,66

ный метод оценки его жизненного состояния превосходит метод визуальной оценки. Предлагаемая методика может быть использована при проведении экологического мониторинга, лесоустроительных работах и в лесном хозяйстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Власенко, В.Э. Состояние и устойчивость хвойных лесов в условиях аэротехногенного загрязнения на Среднем Урале [Текст] / В.Э. Власенко, С.Л. Меншиков, А.К. Махнев // Экология. – 1995. – № 3. – С. 193–196.
2. Семенюк, Н.В. Опыт изучения хвои сосны для оценки состояния лесных экосистем [Текст] / Н.В. Семенюк, А.А. Рудакова // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Л., 1988. – Т. 9. – С. 142–149.
3. Санитарные нормы и правила в лесах СССР [Текст]. – М.: ВНИИЦлесресурс, 1998. – С. 25.
4. Muller, E. Sunusilva.Tree Crown Photos [Text] / E. Muller, H.R. Stierlin. – Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, 1990. – 129 p.
5. Shavnin, S.A. Application of the Generalized State Index Determination to Ecological Monitoring of Forests in Polluted Areas. Measurement and Modeling in Environmental Pollution [Text] / S.A. Shavnin, V.V. Fomin, N.V. Marina. – Southampton, UK and Boston, USA: Computational Mechanics Publications. 1997 – P. 399–407.

Уральский государственный
лесотехнический университет

Поступила 22.12.05

V.V. Fomin, D.S. Kapralov, A.S. Popov, V.I. Kryuk

**Automated Assessment of Trees State Based on Image
Analysis System**

The automated method of tree life assessment is developed based on the crown picture using the image analysis system. High quantitative and qualitative adequacy of assessments received with the help of the proposed method is set. Its advantages in comparison with visual assessment of trees state are shown.

УДК 37

Г.В. Комарова

Комарова Галина Владимировна родилась в 1947 г., окончила в 1970 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат химических наук, доцент кафедры технологии ЦБП, проректор по международным связям Архангельского государственного технического университета. Имеет более 100 научных трудов в области производства беленой целлюлозы.

**ARE YOU INTERNATIONAL?**

Приведены сведения по академической мобильности студентов и преподавателей в АГТУ за 2000–2007 гг., характеристика и результаты сотрудничества в проектах с зарубежными вузами.

Ключевые слова: Болонская декларация, академическая мобильность, образовательные программы, повышение квалификации.

Для современного вуза это уже не праздный вопрос с тех пор, как в сентябре 2003 г. министр Минобразования РФ В.М. Филиппов в Берлине подписал Болонскую декларацию. Главная цель декларации – создание единой европейской зоны высшего образования к 2010 г. Уже в феврале 2005 г. приказом Министерства образования и науки РФ № 40 был введен «План реализации положений Болонской декларации в системе высшего профессионального образования РФ на 2005–2010 гг.». План включает разработку государственных образовательных стандартов нового поколения, основанных на компетентном подходе и системе зачетных единиц, создание в вузе системы качества образовательной деятельности. Кроме того, реализация положений Болонской декларации предполагает введение так называемого европейского приложения к диплому (Diploma Supplement), расширение академической мобильности студентов и преподавателей вузов.

Интеграция вуза в европейское образовательное пространство возможна через участие в образовательных и научных международных проектах, расширение академической мобильности студентов и преподавателей. Рассмотрим эту проблему на примере АГТУ.

Таблица 1
**Академическая мобильность преподавателей, студентов и аспирантов
(2000 – 2007 гг.)**

Обучающиеся	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Преподаватели	33	44	52	62	56	35	80	69
Аспиранты	7	1	-	5	1	8	4	1
Студенты	12	19	30	38	42	47	74	55
Студенты в Норвегии	25	38	42	45	41	26	32	31

Итого	77	102	124	148	140	116	194	156
-------	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Таблица 2

**Академическая мобильность преподавателей и студентов разных факультетов
(2005 – 2007 гг.)**

Факультет, институт	Преподаватели, чел./дн.			Студенты, аспиранты, чел./мес.		
	2005	2006	2007	2005	2006	2007
ЛХФ	14	62	69	20,0	0	40,0
ФПР	19	15	67	3,4	0	0
МФ	76	77	58	4,0	3,0	10,0
МТД	17	13	6	46,0	40,0	60,0
ХТФ	36	152	29	93,4	93,6	78,7
ПЭ	14	19	0	12,1	0	10,0
СФ	38	190	370	30,9	9,3	70,3
ИЭФБ	77	143	6	15,2	47,3	39,2
ИИТ	0	0	0	0,0	14,7	29,0
ИНиГ	50	9	81	0,0	1,0	2,0
ЮФ +ИПиП	15	21	14	1,5	12,0	15,1
ОПП	47	80	61	6,8	1,8	3,5
Итого	403	781	761	233,3	227,7	357,8

Данные по академической мобильности студентов и сотрудников АГТУ за последние 8 лет приведены в табл. 1, 2.

Как видно из данных, представленных в табл. 1, 2, преподаватели и студенты практически всех факультетов и институтов АГТУ принимают участие в зарубежной академической мобильности. Отмечается положительная тенденция увеличения мобильности, которая в 2005–2007 гг. достигла примерно 1 % в год по отношению к контингенту студентов дневной формы обучения. Дальнейшее развитие академической мобильности преподавателей и студентов до принятого в зарубежных вузах уровня 3 % не реально без финансовой поддержки со стороны Рособразования.

Мобильность преподавателей связана, прежде всего, с реализацией различных международных проектов. В частности, в 2006 г. преподаватели проходили стажировку за рубежом в рамках следующих проектов:

- «Чистое производство» – «Cleaning production» (Университет Оулу, Финляндия) – повышение квалификации преподавателей ХТФ, СФ, ПЭ, ИНиГ, ИЭФБ в области природоохранных технологий (16 чел.);
- «Управление отходами» – «Waste management» (Университетский колледж Нарвика, Норвегия) – ХТФ (4 чел.);
- «Развитие рынка труда» – «Labor market development» (Фолькуниверситет, Упсала, Швеция) – МФ, ФПР, ИЭФБ, ЮФ (9 чел.);
- «Финляндско-российская программа сотрудничества в лесном секторе» – «Finnish-Russian forest sector development programme» (5 чел.).

Кроме повышения квалификации, ряд фондов предлагают гранты для проведения научных исследований. Так, профессор А.В. Баданин в 2007 г. получил грант немецкой службы академических обменов (DAAD) на

научно-исследовательскую работу «Спектральные свойства дифференциальных операторов порядка более 1», которую в течение 4 мес. выполнял в Германии.

Ключевым вопросом мобильности является финансирование расходов на проезд и проживание, поскольку обучение в университетах Германии, Норвегии, Швеции, Финляндии бесплатное. Мобильность студентов АГТУ осуществляется благодаря финансовой поддержке ДААД (Германия), Шведского института, программе «FIRST» (СМО, Финляндия), программе квот, стипендиальным программам «Баренц-плюс», «North-to-North» (Норвегия). Большая часть студентов отправляются в зарубежные университеты на один семестр (Эмден, Рованиemi, Оулу, Кеми-Торнио, Каухава, Финмарк) или на один год (Университет Лулео, Университетский колледж Хедмарк (Норвегия)). С 1996 г. студенты АГТУ имеют возможность пройти конкурсный отбор на обучение в Университетском колледже Нарвика по программе подготовки бакалавров, с 2000 г. – по программе подготовки магистров. Очень популярны среди студентов летние школы, которые проводятся в Университете Буде (Норвегия) и различных университетах Швеции. В 2006 г. стипендии для участия в летних школах получили 6 чел. В течение трех лет 10 студентов ХТФ (специальность «Охрана окружающей среды и рациональное природопользование») проходили производственную практику в Финляндии.

Для баланса мобильности студентов (табл. 3) в соответствии с Болонской декларацией необходимо создание курсов, читаемых на английском языке. По объективным причинам (неоднородность состава групп по языку,

Таблица 3

Обучение студентов из зарубежных вузов в АГТУ (2000 – 2007 гг.)

Страны	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Норвегия	1	2	-	6	1	1	-	-
Швеция	-	3	-	1	-	-	-	-
Финляндия	3	1	-	2	-	2	2	-
Германия	3	-	-	1	1	-	2	1
Итого	7	7	-	10	2	3	4	1

недостаточное знание английского языка как студентами, так и преподавателями) увеличение числа мобильных иностранных студентов в ближайшее время, скорее всего, не произойдет. Для этого требуются системные решения, касающиеся не только вузов, но и школ, в которых должно быть введено обязательное изучение английского языка.

Очень важным, с точки зрения повышения квалификации преподавателей, является общение с зарубежными коллегами. В табл. 4 приведены сведения о «гостевых» профессорах, побывавших в АГТУ в 2006/07 учебном году.

Таблица 4

Визиты зарубежных преподавателей

Факультет	Имя гостя, университет, город, страна	Сроки визита	Темы лекций, семинаров
ИНиГ (в рамках программы сотрудничества между Университетом Ставангера, компанией «Статойл» (Норвегия); общий объем каждого курса – 80 ч)	Али Хамуда, Университет Ставангера, Норвегия	Сентябрь, октябрь, ноябрь 2006 – 2007 гг.	Системы морской подготовки, хранения и транспортировки нефти и газа
	Эрик Скауген, Университет Ставангера, Норвегия	Сентябрь, ноябрь, декабрь 2006 – 2007 гг.	Морское бурение
	Даг Лиллетведт, компания «Ливкилайн», Берген, Норвегия	Февраль, март 2007 г.	Сжижение газа и транспортировка сжиженного газа
	Арнфинн Нергард, Университет Ставангера, Норвегия (дистанционное обучение)	Март, апрель 2007 г.	Подводные эксплуатационные системы
ЮФ,СФ, слушатели Европейского колледжа	Рольф Якобсен, университет Ставангера	Март, апрель 2007 г.	Проектирование шельфовых сооружений
	Судья Джеймс Скотт, Шотландия	Февраль 2007 г.	Источники права. Судебный прецедент, как источник права. Источники контрактного права.
ЛХФ, работники лесного хозяйства Архангельской области	Оле Якоб Соренсен, Уве Могард, Университетский колледж Северного Тронделага, Норвегия	Сентябрь 2006 г. – март 2007 г.	Управление биоразнообразием в лесном хозяйстве. Лесная сертификация

Окончание табл. 4

Факультет	Имя гостя, университет, город, страна	Сроки визита	Темы лекций, семинаров
СФ	Проф. Энгельманн, Университет прикладных наук в Эмдене, Германия	Апрель 2007 г.	Статистические методы

ЮФ	Эдвард Сусловик, Майкл Дизи, Нил Даффит, Раймонд Пелетье (США)	Апрель 2007 г.	Семинар по проблемам банкротства, сравнительного российского и американского права, методике работы в юридической клинике
	Проф. Университета Южного Мэна Фей Лупи, окружной прокурор Стефан Андерсон, судья Дэвид Кеннеди, специалист по семейным конфликтам Сузан Вигин	Май 2007 г.	Домашнее насилие, суд по наркотикам, семейный суд
ОПиП	Магнус Магнуссон, Университет образования, Стокгольм, Швеция	Апрель 2007 г.	Социоллингвистика
	Людвиг Ваас, Институт образовательных технологий, Мюнхен, Германия	Май 2007 г.	Методика преподавания английского языка
СФ	Проф. Бернхард Штайнауер, Германия	Май 2007 г.	Практика дорожного строительства в Германии, строительство туннелей

При финансовой поддержке компании «Статойл» в АГТУ с 2006 г. начато обучение по новой специализации «Разработка и эксплуатация морских и шельфовых месторождений нефти и газа», которое в течение первых двух лет осуществляется преподавателями из Университета Ставангера (Норвегия). Главная идея этого проекта состоит в создании условий в АГТУ для продолжения обучения по новой программе после завершения проекта. Для этого разработаны рабочие программы и учебные пособия по 8 новым дисциплинам, профессора М.Г. Губайдуллин и М.Б. Дорфман прошли месячную стажировку в Университете Ставангера. Оба университета подготовили заявку в Центр по международному сотрудничеству в высшем образовании (SIU) и получили 3 млн норвежских крон для финансирования проекта по созданию совместной магистерской программы «Разработка морских нефтяных и газовых месторождений». Проект рассчитан на три года (2008–2011 гг.) и предусматривает не только разработку учебного плана, повышение квалификации преподавателей, но и оснащение лабораторий АГТУ оборудованием.

Академическая мобильность преподавателей и студентов, хотя и представляет собой часть Болонского процесса, но не является самоцелью,

поскольку приводит к расширению сотрудничества между вузами не только в образовательной, но и в научной сфере путем участия в различных проектах (табл. 5).

Таблица 5

Информация о сотрудничестве с зарубежными вузами

Партнеры	Направление сотрудничества
	Германия
Университет прикладных наук Эмдена Университет прикладных наук Шмалькальдена	Договор о сотрудничестве с 1993 года; стипендиальная программа Эйлера (ПЭ, СФ, ХТФ) Договор о сотрудничестве; стипендиальная программа ДААД (ПЭ, СФ, ХТФ, ИИТ, МФ, ИЭФБ)
	Норвегия
Университет Ставангера	Сотрудничество в рамках соглашения с компанией «Статойл»; в 2006 г. подписан трехсторонний договор «Статойл»–АГТУ–Университет Ставангера на 2007–2009 гг., в соответствии с которым в АГТУ открыта новая специализация «Разработка и эксплуатация морских и шельфовых месторождений нефти и газа»; получено финансирование от SIU на разработку совместной магистерской программы с Университетом Ставангера (2008–2011 гг).
Университетский колледж Нарвика	Договор о сотрудничестве с 1996 г.; программа квот для обучения российских студентов с 1996 г. (70 бакалавров, 33 магистра); проект «Энергоэкономичный деревянный дом для Северо-Запада России»; проект «Создание сети сотрудничества по обращению с отходами в Баренцевом регионе»
Университетский колледж Норд-Тронделаг (г. Стейнкьер)	Договор о сотрудничестве (подписан в декабре 2004 г. без срока); программа квот для российских студентов (с 2001 г. – 21 бакалавр);

Продолжение табл. 5

Партнеры	Направление сотрудничества
Региональный университет Будо	проект «Баренцлес» – создание Регионального центра повышения квалификации работников лесного хозяйства и лесной промышленности; в 2006–2007 гг. проведены курсы повышения квалификации «Управление сохранением биоразнообразия в лесу» для преподавателей и работников лесной отрасли. Трехсторонний договор о сотрудничестве (АГТУ – ПГУ – университет Будо, подписан в июне 2006 г.);

Университетские колледжи Лиллихаммера, Хедмарка и Гьовика Лесное общество Хелгеланд	обучение в Буде аспирантов по программе PHD (в 2006 г. защитился К. Тимошенко, на 3 курсе обучается Е.Ю. Дыбцына); обучение студентов ИЭФБ в летней школе «Партнер» проекта «Erasmus – Mundus»; подготовлена заявка на проведение семинара по международному менеджменту в январе 2008 г. Соглашение о сотрудничестве (октябрь 2004 – октябрь 2009 г.); государственные стипендии по программе квот.
Компания «Гидро»	Договор о научном сотрудничестве (проект «Лиственница»)
Министерство сельского и лесного хозяйства	Договор о сотрудничестве с августа 2005 г. по август 2008 г. (ИНиГ). Финляндия Финляндско-Российская программа развития устойчивого лесного хозяйства и сохранения биоразнообразия на Северо-Западе России (2005–2010 гг.); цель 3-го этапа – повышение организационного потенциала лесного сектора через совершенствование структуры обучения и системы подготовки кадров лесного сектора на региональном уровне.
Университет прикладных наук Сейнайоки, Финская школа малого и среднего предпринимательства	Договор о сотрудничестве (февраль 2005 г. – февраль 2009 г.); академические обмены студентами и преподавателями (ИЭФБ).
Университет прикладных наук Рованиеми	Договор о сотрудничестве (январь 2004 г. – январь 2008 г.); программа «FIRST» – финансирование академической мобильности студентов и преподавателей; проект «Barents specialists network» (2001–2007 гг.); проект «Erasmus-Mundus» (2004–2007 гг.).
Университет прикладных наук Кеми Торнио	Программа «FIRST» – финансирование академической мобильности студентов и преподавателей; проект «Erasmus-Mundus» (2004–2007 гг.).
Университет Оулу Университет прикладных наук Оулу	Договор о сотрудничестве (март 2007–2011 гг.); программа «FIRST»; проект «BERMAP» – «Сотрудничество в сферах бизнеса образования и исследований между вузами и предприятиями Северной Финляндии и Северо-Запада России (2005–2007 гг.)»;

Окончание табл. 5

Партнеры	Направление сотрудничества
	проект создания Северного приграничного университета для реализации совместной магистерской программы «Инженерная защита окружающей среды» (реализация программы – с сентября 2009 г.); проект «Создание сети сотрудничества по обращению с отходами в Баренцевом регионе» (май 2006 г. – январь 2007 г.); подготовлена заявка на проект для МО «Сельское посе-

	ление Соловецкое» «Моделирование устойчивой схемы муниципального управления отходами в Архангельской области».
Лапландский университет	Меморандум о взаимопонимании и интересе к сотрудничеству (с декабря 2002 г.); программа «FIRST»; проект «Barents specialists network»; проект «Erasmus-Mundus» (2004–2007 гг.).
Компания «BIM KEMI» («CELLKEM»), Финляндия	Соглашение о долгосрочном сотрудничестве (с декабря 2001 г.) с кафедрой технологии ЦБП; в 2007 г. принят на обучение 1 иностранный аспирант.
Национальный лесной совет	Швеция Российско-Шведская программа сотрудничества в лесном секторе (2004–2008 гг.); один из разделов программы – совершенствование высшего образования и повышение квалификации преподавателей и работников лесного сектора (2005–2008 гг.).
Университет сельскохозяйственных наук	Проект «Российско-Шведское сотрудничество в лесном секторе, блок 3» (2005–2008 гг.) (ФПР, ЛХФ, ПЭ, ИЭФБ).
Университет Лулео	Договор о сотрудничестве (май 2006–2010 гг.); годовая программа обучения студентов АГТУ (15... 20 чел. в год), начало – 2003 г.; проект «Erasmus-Mundus» (2004–2007 гг.); проект TEMPUS ID_JEP_24231–2003 «BEGIN».
Университет Galve Фолькуниверситет, Упсала	Проект TEMPUS ID_JEP_24231–2003 «BEGIN». Договор о сотрудничестве (ноябрь 2005 г. – ноябрь 2008 г.); соглашение о сотрудничестве в проекте «Развитие рынка труда на благо экономического роста Архангельской области» (сентябрь 2004 г. – декабрь 2006 г.).
Университет Южного Портленда, Архангельский комитет	США Юридическая клиника; обучающие семинары для студентов и преподавателей юридического факультета.

Ярким примером сотрудничества в научной области является проект «Энергоэкономичный деревянный дом для Северо-Запада России». В работе над этим проектом принимали участие не только преподаватели и студенты АГТУ и университетского колледжа Нарвика, но и работники домостроительного предприятия «Hålogaland Element» (Сортанд, Норвегия). Проект финансировался программой «INTERREG IIIA Kolarctic» (ЕС), администрацией региона Норланд, банком г. Хаммерфест, Научным советом Норвегии, фирмой «Leonard Nilsen & AT Consult», Университетским колледжем Нарвика и АГТУ.

В результате был разработан проект деревянного каркасного модульного дома для климатических условий Архангельска, изготовлены модули, из которых в сентябре 2007 г. был смонтирован дом, оснащенный специальными датчиками. Датчики, измеряющие влажность и температуру,

расположены как внутри здания (на стенах помещений, в стеновых панелях), так и на наружных стенах. Следующий этап исследований – изучение влияния климатических условий на эксплуатационные характеристики дома. После завершения научных исследований будут разработаны рекомендации о целесообразности строительства подобных домов на Северо-Западе РФ. Большой вклад в осуществление этого проекта внесли А.Л. Невзоров, Ю.А. Варфоломеев, Д.А. Акишев, А.Ю. Варфоломеев, Эйгель Ролдсет, Стефан Якобсен, Бьорнер Эвьен, Свэн-Эрик Свиин.

Приведенные выше примеры свидетельствуют о том, что АГТУ стремится расширить международное сотрудничество как в образовательной, так и в научной области. Это очень важно с точки зрения повышения качества образовательной деятельности, так как обеспечивается признание не только на российском, но и на международном уровне.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 05.02.08

G.V. Komarova

Are You International?

Data on academic mobility of ASTU teachers and students, characteristic and results of cooperation in the projects with partner universities are provided for the period of 8 years.

УДК 378:341.24

А.А. Бахтин, С.В. Коптев, С.В. Третьяков, О.Я. Соренсен

Бахтин Александр Александрович родился в 1946 г., окончил в 1969 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесной таксации и лесоустройства Архангельского государственного технического университета. Имеет 80 печатных работ в области изучения формирования таежных лесов Севера.



Коптев Сергей Викторович родился в 1962 г., окончил в 1985 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесной таксации и лесоустройства Архангельского государственного технического университета. Имеет более 50 печатных работ, в том числе более 10, посвященных развитию системы профессионального образования и международным проектам, проводимым в Северо-Западном регионе России.



Третьяков Сергей Васильевич родился в 1956 г., окончил в 1978 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой лесной таксации и лесоустройства Архангельского государственного технического университета. Имеет более 40 печатных трудов в области изучения лесных ресурсов и лесопользования, закономерностей роста и продуктивности смешанных лесов Севера.

**ОПЫТ СОТРУДНИЧЕСТВА АРХАНГЕЛЬСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
С УНИВЕРСИТЕТСКИМ КОЛЛЕДЖЕМ
В СЕВЕРНОМ ТРОНДЕЛАГЕ
В ОБЛАСТИ ЛЕСНОГО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ**

В рамках международного сотрудничества в HiNT (Норвегия) обучаются студенты и сотрудники лесохозяйственного факультета АГТУ, а также ведущие специалисты лесного комплекса Архангельской области по вопросам экологии и сертификации, проводятся совместные научные исследования. Реализована образовательная программа по сохранению биологического разнообразия в процессе лесопользования.

Ключевые слова: образовательная программа, лесная сертификация, биоразнообразие, международное сотрудничество.

Подготовка совместных проектов

Договор о сотрудничестве между Архангельским государственным техническим университетом (АГТУ) и университетским колледжем в северном Тронделаге (Høgskolen i Nord-Trøndelag (HiNT)) был подписан в апреле 2001 г. С этого момента ведется целенаправленная работа по его реализации. В ходе подготовки проектов организовывались визиты сотрудников АГТУ и HiNT, на которых обсуждались вопросы совместной работы, встречи с руководителями и специалистами лесного хозяйства и лесной промыш-

ленности, учеными и преподавателями вузов. Вырабатывались подходы к воплощению идей, изыскивались средства, определялся круг первоочередных проблем.

Норвежские партнеры проекта имеют большой опыт в области экологии. В течение 11 лет HiNT проводит учебный курс ландшафтной и лесной экологии, основанный на 30-балльной зачетной системе и представляющий собой программу повышения квалификации профессиональных работников лесного сектора Норвегии. Часть этой программы преподается студентам, изучающим лесное хозяйство и природоохранные дисциплины. Имеются два курса, основанные на 15-балльной зачетной системе: «Управление качеством и контроль состояния окружающей среды» и «Экономика окружающей среды». Они также включены в программу курсов повышения квалификации, при этом используются методы дистанционного обучения с четырьмя трехдневными периодами интенсивных очных занятий в стенах университета в течение года. Использованы результаты сотрудничества HiNT с компанией «Норвежские государственные леса» и Норвежским союзом лесовладельцев, которые имеют большой практический опыт по лесной сертификации и экологическому лесоустройству.

Реализация образовательных проектов по обучению студентов

Первые шесть студентов АГТУ приступили к обучению в Норвегии в августе 2001 г., еще шесть в 2002 г., три в 2003 г. и по одному в 2005 и 2007 гг. Весной 2004 г. пять студентов лесохозяйственного факультета, получившие норвежский диплом (степень бакалавра), продолжили учебу в АГТУ, одна в Норвежском сельскохозяйственном университете. Весной 2005 и 2006 гг. закончили обучение еще восемь студентов и продолжили обучение в АГТУ. В настоящее время в Норвегии учатся два студента лесохозяйственного факультета АГТУ.

Реализация образовательных программ по лесной сертификации и сохранению биологического разнообразия

Весной 2006 г. начала работать образовательная программа «Менеджмент биоразнообразия в лесах и лесная сертификация». В рамках проекта планировалось:

- разработать образовательную программу по лесной экологии, управлению качеством окружающей среды и лесной сертификации;
- как основной объект практической деятельности по охране окружающей среды использовать Карпогорский лесхоз, на территории которого располагается часть малонарушенных лесных массивов междуречья Северной Двины и Пинеги;
- подобрать объекты на территории Архангельского лесхоза для практических занятий;
- ознакомиться с опытом лесопильных предприятий Архангельска по лесной сертификации, охране окружающей среды;

– завершить образовательную программу в 2007 г. в HiNT, Стенкер в Норвегии;

– к проведению теоретических и практических занятий привлечь специалистов Норвежского союза лесовладельцев и компании «Норвежские государственные леса»;

– наряду с профессиональными переводчиками привлечь студентов, закончивших колледж (HiNT).

В проекте с российской стороны в числе обучаемых были представители Архангельского государственного технического университета, Северного научно-исследовательского института лесного хозяйства, Агентства лесного хозяйства по Архангельской области, ФГУ «Карпогорский лесхоз», департамента лесопромышленного комплекса Архангельской области, Всемирного фонда дикой природы, ОАО «Соломбальский ЛДК», ООО «Илим-СеверЛес» и др.

Образовательная программа включала несколько этапов. На первом этапе обучающиеся знакомились с основными положениями охраны окружающей среды, сохранения биологического разнообразия и системами сертификации. На втором этапе участники проекта, наряду с теоретической подготовкой, посещали лесные объекты и лесоперерабатывающие предприятия. На третьем этапе участники выезжали в Карпогорский лесхоз и лесозаготовительные предприятия, сертифицированные по системе Лесного попечительского совета (FSC), для практического ознакомления с особенностями их работы, в частности сохранения биологического разнообразия на малонарушенных лесных территориях. В завершение проекта планируется выезд делегации в Норвегию для ознакомления с опытом лесной сертификации и сохранения биологического разнообразия.

Все участники проекта готовили отчеты, выполненные на конкретных объектах, которые включали следующие аспекты.

1. Экологическое управление на предприятиях лесного комплекса.
2. Экологическая сертификация в лесном хозяйстве и лесопромышленном комплексе.
3. Сохранение биоразнообразия в процессе лесопользования.
4. Экспертный анализ видов растений (возможно, группы видов), которые могут или будут испытывать сложности в доступности подходящих местообитаний на Северо-Западе России (Архангельская область).
5. Лесохозяйственный план с упором на сохранение биоразнообразия.

Большую роль в реализации проектов сыграли российские студенты, которые закончили обучение в Норвегии, изучили разные системы ведения лесного хозяйства в двух странах и приобрели языковые навыки, так как преподавание велось на норвежском языке. Раздаточный материал и все презентации были переведены на русский язык, а затем переданы обучаемым на электронном и бумажном носителях. Обмен информацией между обучавшимися осуществлялся по электронной почте. По результатам обучения участники получают сертификат.

Наряду с получением знаний по управлению процессами сертификации, сохранению биологического разнообразия, накоплен опыт международного сотрудничества в сфере образования и коммуникации. Развитие процессов сертификации в Архангельской области вызывает потребность в расширении знаний о международных требованиях к управлению охраной окружающей среды. Данный проект может быть продолжен.

Реализация научно-исследовательских проектов

В процессе выполнения образовательной программы и визитов как российской, так и норвежской стороны обсуждались приоритетные научные проекты, которые затрагивают актуальные проблемы современного ведения лесного хозяйства и лесопользования. В рамках совместных проектов планируется реализовать такие основные проблемы, как охрана окружающей среды, лесная сертификация, сохранение малонарушенных лесов на территории Архангельской области. Участники встреч обсуждали результаты, полученные российскими и норвежскими коллегами, посещали демонстрационные полигоны [3], закладывали опыты.

В заключение отметим, что реализуемые проекты учитывают накопленный в России и Норвегии опыт по переподготовке специалистов, изучению актуальных проблем современного ведения лесного хозяйства и лесопользования. Расширение международного сотрудничества в сфере образования и науки позволит более грамотно решать возникающие проблемы лесной сертификации, сохранения окружающей среды и биологического разнообразия.

Результаты проделанной работы были опубликованы в Норвегии [4] и доложены на конференциях различного уровня [1, 2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бахтин, А.А.* Сотрудничество между Архангельским государственным техническим университетом (АГТУ) и университетским колледжем в северном Тронделаге (ХиНТ) в области лесного образования и науки [Текст] / А.А. Бахтин, С.В. Коптев, Т. Бьелкосен, О.Я. Соренсен // *Хозяйственное управление государственными лесами. Образовательные программы в лесном секторе Российской Федерации. Международный опыт и новые подходы в условиях реформы лесопользования.* – М.: Алекс, 2005. – С. 139–140.
2. *Бьелкосен, Т.* Совместная образовательная и научная деятельность ХиНТ и АГТУ [Текст] / Т. Бьелкосен, О.Я. Соренсен, А.А. Бахтин, С.В. Коптев // *Современная наука и образование в решении проблем экономики Европейского Севера: материалы Междунар. науч.-техн. конф., посвященной 75-летию АЛТИ–АГТУ.* Т. 1. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2004. – С. 16–17.
3. *Третьяков, С.В.* Опыт сохранения биологического разнообразия при проведении рубок главного пользования в старовозрастных лесах [Текст]: тез. / С.В. Третьяков, Р.В. Сунгуров, Н.А. Точилов // *Материалы Междунар. семинара «Старовозрастные леса в Архангельской области – перспективы сохранения».* – Архангельск: Тревел Клуб, 2003. – С. 33–34.

4. *Bjelkasen, T. Barentsles* [Text] / Т. Bjelkasen, О.Ј. Sorensen, А.А. Bahtin, S.V. Koptev. – Steinkjer, 2004. – 99 p.

Архангельский государственный
технический университет

Университетский колледж
в северном Тронделаге (Норвегия)

Поступила 02.10.2007

A.A. Bakhtin, S.V. Koptev, S.V. Tretyakov, O.Ja. Sorensen

**Experience of Cooperation of Arkhangelsk State Technical University
with Nord-Trondelag University College in Forest Education
and Research**

Students and teaching staff of ASTU forestry faculty, as well as leading experts of forest sector of Arkhangelsk region take training in ecological and forest certification issues at HiNT, Norway; joint scientific research is carried out within the international cooperation. Educational programme on biodiversity conservation in forest management is realized.

УДК 378:341.24

С.В. Коптев, С.В. Терещенко, М.В. Данилова

ПОДГОТОВКА ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ЛЕСНОГО СЕКТОРА СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ

На основе опыта работы в совместных международных проектах и реализации курсов повышения квалификации преподавателей изучены проблемы подготовки специалистов для лесного сектора региона, деятельность и компетенции преподавателя при реализации учебных планов. Определена общая потребность в обучении преподавателей.

Ключевые слова: проблемы обучения, потребность в обучении, навыки и знания, компетенции.

В период реформирования системы высшего образования изменяются традиционные роли преподавателя и студента. Преподаватель от роли распространителя знаний, человека, дающего распоряжения, предписания, переходит к роли инструктора обучения и специалиста в своей области знаний. Он должен знать своих студентов и управлять их обучением, при этом главную ответственность за обучение передает студенту и доверяет его собственной активности [3, 4]. Методы преподавания также становятся более разнообразными. Нет рецепта, подходящего для всех способов работы, педагог же должен владеть разными методами преподавания и гибко использовать их в разных учебных ситуациях.

В современных условиях, когда осуществляется переход в информационное общество, определяющим становится умение оперировать информацией и самостоятельно организовывать познавательную деятельность. Особенно остро эта задача стоит перед преподавателем, который организует такую деятельность обучающихся. Преподаватель должен быть к ней подготовлен [2].

Одной из форм подготовки является создание условий, при которых у будущего специалиста формируются умения и приемы приобретения новых знаний с использованием современных информационных ресурсов и технологий.

В рамках программы TEMPUS Архангельский государственный технический университет в течение трех лет участвовал в проекте «Развитие и улучшение системы профессиональной подготовки преподавателей для лесного сектора в высших учебных заведениях Северо-Запада России». Основными партнерами АГТУ в этом проекте со стороны России были С.-Петербургская лесотехническая академия, Сыктывкарский лесной институт, Петрозаводский государственный университет; со стороны Финляндии – Институт прикладных наук, г. Тампере; от Франции – Высшая национальная сельскохозяйственная школа, г. Тулуза.

Проект начался в 2004 г. с отбора претендентов от каждого учебного заведения, желающих пройти курс обучения. В дальнейшем им отводилась роль преподавателей-тренеров в университетских центрах подготовки преподавателей. Обучение проходило в течение года на английском языке в форме семинаров и индивидуальных заданий на периоды между рабочими встречами.

Участниками проекта была разработана учебная программа для подготовки преподавателей, адаптированная к условиям и требованиям российских учебных заведений высшего и среднего уровня. Дальнейшая работа заключалась в организации в АГТУ и СПбЛТА новых курсов обучения преподавателей основам педагогического мастерства и современным технологиям учебного процесса. Участниками первого «пилотного» курса при АГТУ стали молодые преподаватели лесохозяйственного факультета и отделения лесного хозяйства Архангельского государственного лесотехнического колледжа. Программа курса была рассчитана на год. В реализации курса в качестве преподавателей активно участвовали «ученики» из других учебных заведений, подготовленные в рамках проекта, а также зарубежные коллеги из Финляндии, Франции, Норвегии.

Процесс обучения был построен на максимальном использовании собственного потенциала участников курсов, самостоятельной работы и делового общения, средств дистанционного обучения.

Одной из главных задач проекта является его устойчивость, т. е. возможность продолжения деятельности по повышению квалификации преподавателей после завершения проекта, оплаты труда преподавателей, занятых в разработке и проведении курсов. Немаловажная роль отводится лицензированию деятельности. В данном случае решается вопрос о реализации новой учебной программы «Современные образовательные технологии» при факультете повышения квалификации преподавательского состава АГТУ, что позволит использовать более гибкий подход, индивидуальные возможности обучающихся, современные информационные технологии.

Преподаватель и преподавание в лесном секторе: круг проблем

Одной из главных проблем учебных заведений лесного сектора является комплектование штата преподавателей соответствующего уровня. Слабая мотивация к их эффективной работе обуславливается рядом причин, одной из которых является отсутствие прямой зависимости материального стимулирования от качества предоставляемых услуг. В связи с этим современные методы обучения, реализация которых требует определенных дополнительных усилий, применяются ограниченно [1, 2].

Практические навыки преподавателей зависят от комплектования учебных заведений современным оборудованием и своевременного эффективного повышения квалификации. Оба эти показателя остаются на недостаточном уровне развития. Для поддержания высокого уровня теоретических знаний во многих случаях необходимо уметь работать в сети Интернет и знать иностранный язык. Эти же проблемы ограничивают возможности



преподавателей повышать свою квалификацию в рамках совместных международных проектов. В связи с ограничениями образовательных программ преподаватели не могут использовать лучшие международные опыт и методы обучения.

Основные проблемы обучения в лесном секторе (см. рисунок) обусловлены как внутренними причинами, связанными с особенностями учебных заведений, так и внешними; они могут быть общими и для других образовательных направлений [2].

Кроме проблем общего характера, не зависящих от учебных заведений, в перспективе для специальностей лесного профиля предстоит справиться с проблемами комплектования штата преподавателей, поддержанием их профессионального уровня, привлечением студентов в связи со значительными переменами в практике лесопромышленного и лесного хозяйства.

Деятельность преподавателя определяется учебной программой. При ее разработке в рамках проекта TEMPUS были отмечены основные виды деятельности преподавателя (см. таблицу).

Кроме обучения студентов, преподаватели должны участвовать в процессе переподготовки и повышения квалификации работников предприятий лесного сектора. Исследования, проведенные в рамках совместной Финско-Российской программы устойчивого развития, показали следующие общие потребности в обучении преподавателей, вовлеченных в преподавание на краткосрочных курсах.

Деятельность и компетенция преподавателя

Деятельность преподавателя	Персональная компетенция	Специфические знания
Разработка учебных программ и индивидуальных рабочих планов	Способность донести до студентов особенности дисциплины	Государственные образовательные стандарты (ГОС)
Разработка материалов для лекций и практических занятий, демонстрационных материалов	Высокий уровень мастерства по преподаваемой дисциплине	Педагогика и психология
Перенос теоретических знаний на практику	Высокий уровень подачи материала на лекциях и практических занятиях	Особенности технологических процессов
Презентация лекций	Высокая культура речи	Устройство и работа современного оборудования
Организация проведения и контроля практических занятий	Способность вести консалтинговую деятельность	Профессиональные знания
Подготовка методической литературы	Способность использовать современное офисное оборудование при подготовке демонстрационных материалов	
Информационная поддержка образовательного процесса	Выбор методов обучения, адаптированных к аудитории	
Проверка знаний студентов с использованием наиболее эффективных методов	Конкретное определение педагогических задач на каждом занятии	
Организация и проведение производственных практик	Использование современных систем мониторинга качества обучения (системы тестов)	
Самообразование		

Методы и технологии современного образовательного процесса:

- разработка новых дисциплин и учебных программ;
- использование демонстрационного оборудования;
- подготовка методической литературы и демонстрационных материалов;

- английский язык (профессиональная терминология);

- особенности обучения взрослых;

- методы обучения.

Подготовка в профессиональной области:

- системы и стандарты лесной сертификации;

- современные компьютерные технологии (ГИС, GPS, системы мониторинга);

- законодательная база;

- логистика лесозаготовительного процесса;

- европейский рынок древесины и его особенности;

- современное лесозаготовительное оборудование (устройство, обслуживание, работа);

- современные методы таксации лесосечного фонда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Koptev, S.V.* История, состояние и перспективы развития лесного образования в Архангельской области [Текст] / С.В. Коптев, Е.Ю. Дыбцына, А.М. Соренсен. – Архангельск, 2001. – 100 с.
2. *Koptev, S.V.* Проблемы подготовки лесных специалистов. Мнения, факты [Текст] / С.В. Коптев, А.А. Бахтин, И.М. Маркку. – Архангельск, 2002. – 56 с.
3. *Lepola, L.* Как организовать учебный курс. Выбираем методы обучения [Text] / L. Lepola [et al.]. – Тампере: Изд. политехн. ун-та прикладных наук, 2006. – 61 с.
4. *Lepola, L.* Как организовать учебный курс. Шаг за шагом. [Text] / L. Lepola [et al.]. – С.-Петербург: Изд. политехн. ун-та, 2006. – 238 с.

Архангельский государственный
технический университет

С.-Петербургская
лесотехническая академия

Петрозаводский государственный
университет

Поступила 12.03.07

S.V. Koptev, S.V. Tereshchenko, M.V. Danilova

Teachers' Training for Forest Sector in the North-West of Russia

The problems of training specialists for the forest sector of the region are studied based on the experience of working in joint international projects and running teachers' retraining courses. Common need for teachers' training is defined.





УДК 630*24 + 630*237.4

Е.С. Мельников, Н.В. Беляева

Мельников Евгений Сергеевич родился в 1950 г., окончил в 1976 г. Ленинградскую государственную лесотехническую академию, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой лесоводства С.-Петербургской государственной лесотехнической академии. Имеет более 40 научных работ по теоретическим и практическим аспектам комплексного ухода за лесом.



Беляева Наталия Валерьевна родилась в 1970 г., окончила в 1992 г. С.-Петербургскую государственную лесотехническую академию, кандидат сельскохозяйственных наук, ассистент кафедры лесоводства СПбЛТА. Имеет 13 научных работ по вопросам применения комплексного ухода в сосновых и еловых лесах южной тайги.



ДИНАМИКА ТЕКУЩЕГО ПРИРОСТА В СОСНОВЫХ И ЕЛОВЫХ ДРЕВОСТОЯХ ПОСЛЕ КОМПЛЕКСНОГО УХОДА ЗА ЛЕСОМ

Проанализирована динамика текущего прироста сосняков и ельников, пройденных комплексным уходом за лесом. Отмечена возможность ускорения восстановительных процессов с помощью регулярного комплексного ухода за лесом.

Ключевые слова: комплексный уход за лесом, рубки ухода за лесом, сосновые и еловые древостой, среднепериодический текущий прирост, устойчивость древостоев.

Древостой – основной компонент фитоценоза – регулирует и стабилизирует биокруговорот элементов питания в лесном биогеоценозе. Появление свободных ресурсов, вызванное рубками ухода или комплексным уходом за лесом, вызывает ответную реакцию, направленную на скорейшее связывание этих ресурсов и вовлечение их в систему биокруговорота. По характеру восстановительной реакции можно достаточно объективно судить о скорости адаптации и степени устойчивости древостоя к внешнему воздействию. Познать действие механизмов, контролирующей устойчивость и продуктивность лесных фитоценозов, позволяет изучение формирования и динамики текущего прироста удобренного древостоя.

Исследования проводятся на стационарных опытных объектах рубок ухода и комплексного ухода за лесом, заложенных в средневозрастных сосновых и еловых насаждениях преимущественно кисличных, черничных и брусничных типов леса на территории ГОЛС «Сиверский лес». Продолжи-

тельность наблюдений – 30 лет. За этот период на опытных объектах проводили 1-3 приема рубки и 1–3 раза вносили азотные удобрения в дозе 150 кг/га по д.в. с интервалом в 5 или 10 лет. Удобрения применяли весной, в начале вегетационного сезона, как правило, сразу после рубки ухода; повторно – и без предварительного разреживания древостоев.

**Динамика таксационных показателей сосновых и еловых древостоев
после рубок ухода и комплексного ухода за лесом**

№ ПП	Вариант опыта	Год таксации	Рубка по запасу, %	Запас, м ³ /га	Среднепериодический текущий прирост		Отпад, м ³ /га в год	Общая производительность	
					м ³ /га в год	% от запаса		м ³ /га	% к контролю
Ельник черничный									
10-1	Контроль	1974	-	<u>223</u> 184	-	-	-	<u>223</u> 184	-
		1978	-	<u>280</u> 227	<u>12,2</u> 9,0	<u>4,4</u> 4,0	<u>0,8</u> 0,4	<u>284</u> 229	-
		1983	-	<u>322</u> 250	<u>11,4</u> 7,4	<u>3,5</u> 3,0	<u>3,0</u> 2,8	<u>341</u> 266	-
		1988	-	<u>370</u> 279	<u>14,2</u> 9,8	<u>3,8</u> 3,5	<u>4,6</u> 4,0	<u>412</u> 315	-
		1993	-	<u>401</u> 288	<u>12,6</u> 7,8	<u>3,1</u> 2,8	<u>6,4</u> 6,0	<u>475</u> 354	-
		1998	-	<u>423</u> 292	<u>10,8</u> 6,4	<u>2,6</u> 2,2	<u>6,4</u> 5,6	<u>529</u> 386	-
		2003	-	<u>445</u> 296	<u>10,6</u> 6,8	<u>2,4</u> 2,2	<u>6,2</u> 6,0	<u>582</u> 420	-
10-2	Двукратная рубка (1974, 1983 гг.)	1974	25	167	-	-	-	219	98
		1978	-	202	8,6	4,3	1,6	262	92
		1983	22	198	12,6	6,4	1,6	325	95
		1988	-	240	10,2	4,2	1,8	376	91
		1993	-	277	9,2	3,3	1,8	422	89
10-3	То же + трехкратное удобрение (1974, 1979, 1986 гг.)	Распад древостоя (ветровал)							
		1974	30	144	-	-	-	214	96
		1978	-	193	10,4	5,4	0,6	266	94
		1983	23	198	13,8	7,0	1,4	355	104
		1988	-	256	11,8	4,6	0,2	394	96
		1993	-	296	9,2	3,1	1,2	440	93
		1998	-	318	9,4	2,9	5,0	487	92
2003	-	340	9,2	2,7	4,8	533	92		

Продолжение таблицы

№ ПП	Вариант опыта	Год таксации	Рубка по запасу, %	Запас, м ³ /га	Среднепериодический текущий прирост		Отпад, м ³ /га в год	Общая производительность	
					м ³ /га в год	% от запаса		м ³ /га	% к контролю
Ельник кисличный									
11-1	Контроль	1973	-	<u>404</u> 374	-	-	-	<u>404</u> 374	-
		1977	-	<u>464</u> 422	<u>15,8</u> 12,6	<u>3,4</u> 3,0	<u>3,8</u> 3,8	<u>483</u> 441	-
		1983	-	<u>522</u> 466	<u>17,8</u> 15,0	<u>3,4</u> 3,2	<u>6,2</u> 6,2	<u>572</u> 516	-
		1987	-	<u>623</u> 556	<u>25,6</u> 23,4	<u>4,1</u> 4,2	<u>5,4</u> 5,4	<u>700</u> 633	-
		1993	13	<u>582</u> 496	<u>7,8</u> 4,0	<u>1,3</u> 0,8	<u>4,0</u> 4,0	<u>739</u> 653	-
		1997	-	<u>576</u> 475	<u>6,0</u> 2,0	<u>1,0</u> 0,4	<u>7,2</u> 6,2	<u>769</u> 663	-
		2004	-	<u>563</u> 477	<u>5,0</u> 4,2	<u>0,9</u> 0,9	<u>6,6</u> 5,3	<u>804</u> 692	-
11-2	Трехкратная рубка (1973, 1983, 1993 гг.)	1973	22	<u>283</u> 259	-	-	-	<u>355</u> 322	<u>88</u> 86
		1977	-	<u>329</u> 286	<u>9,6</u> 5,8	<u>2,9</u> 2,0	<u>0,4</u> 0,4	<u>403</u> 351	<u>83</u> 80
		1983	5	<u>352</u> 299	<u>11,8</u> 9,8	<u>3,4</u> 3,3	<u>3,6</u> 3,6	<u>462</u> 400	<u>81</u> 78
		1987	-	<u>464</u> 378	<u>23,6</u> 17,0	<u>5,1</u> 4,5	<u>1,2</u> 1,2	<u>580</u> 485	<u>83</u> 77
		1993	17	<u>466</u> 376	<u>17,6</u> 16,8	<u>3,8</u> 4,8	-	<u>668</u> 569	<u>90</u> 87
		1997	-	<u>500</u> 386	<u>10,2</u> 5,4	<u>2,0</u> 1,5	<u>3,4</u> 3,4	<u>719</u> 596	<u>93</u> 90
		2004	-	<u>550</u> 413	<u>10,3</u> 7,0	<u>1,9</u> 1,9	<u>4,4</u> 4,4	<u>791</u> 645	<u>98</u> 93
11-3	То же + двукратное удобре- нение (1973, 1983 гг.)	1973	24	<u>297</u> 287	-	-	-	<u>393</u> 346	<u>97</u> 93
		1977	-	<u>360</u> 344	<u>13,4</u> 12,0	<u>3,7</u> 3,5	<u>0,8</u> 0,6	<u>460</u> 406	<u>95</u> 92

Продолжение таблицы

№ ПП	Вариант опыта	Год таксации	Рубка по запасу, %	Запас, м ³ /га	Среднепериодический текущий прирост		Отпад, м ³ /га в год	Общая производительность	
					м ³ /га в год	% от запаса		м ³ /га	% к контролю
11-3	То же + двукратное удобре- ние (1973, 1983 гг.)	1983	8	<u>379</u>	<u>15,0</u>	<u>4,0</u>	<u>3,2</u>	<u>535</u>	<u>94</u>
				357	13,8	3,9	3,2	475	92
		1987	-	<u>513</u>	<u>27,2</u>	<u>5,3</u>	<u>0,4</u>	<u>671</u>	<u>96</u>
				483	25,2	5,2	-	601	95
		1993	16	<u>476</u>	<u>15,5</u>	<u>3,3</u>	-	<u>749</u>	<u>101</u>
435	13,4			3,1	-	668	102		
1997	-	<u>516</u>	<u>12,4</u>	<u>2,4</u>	<u>4,4</u>	<u>811</u>	<u>105</u>		
		459	9,2	2,0	4,4	714	108		
2004	-	<u>550</u>	<u>11,0</u>	<u>2,0</u>	<u>6,1</u>	<u>888</u>	<u>110</u>		
		483	9,6	2,0	6,1	781	113		
Сосняк черничный влажный									
5-1	Контроль	1971	-	190	-	-	-	204	-
		1976	-	233	10,0	4,3	1,4	254	-
		1981	-	276	11,6	4,2	3,0	312	-
		1986	-	289	7,6	2,6	5,0	350	-
		1991	-	308	6,6	2,1	2,8	383	-
		1996	-	332	7,4	2,2	2,6	420	-
		2002	-	373	7,7	2,1	0,8	466	-
5-2	Двукратная рубка (1971, 1981 гг.)	1971	43	119	-	-	-	208	102
		1976	-	154	7,6	4,9	0,6	246	97
		1981	15	169	9,2	5,4	0,2	292	94
		1986	-	213	9,2	4,3	0,4	338	97
		1991	-	256	8,8	3,4	0,2	382	100
		1996	-	286	6,4	2,2	0,4	414	99
		2002	-	311	8,8	2,8	3,7	461	99
5-3	То же + двук- ратное удоб- рение (1972, 1982 гг.)	1971	34	133	-	-	-	201	99
		1976	-	192	12,4	6,5	0,6	263	104
		1981	14	216	12,2	5,6	0,2	324	104
		1986	-	250	6,8	2,7	-	358	102
		1991	-	297	9,4	3,2	-	405	106
		1996	-	343	9,4	2,7	0,2	452	108
		2002	-	407	10,6	2,6	-	516	111

Продолжение таблицы

№ ПП	Вариант опыта	Год таксации	Рубка по запасу, %	Запас, м ³ /га	Среднепериодический текущий прирост		Отпад, м ³ /га в год	Общая производительность	
					м ³ /га в год	% от запаса		м ³ /га	% к контролю
12-1	Контроль	1973	-	168	-	-	-	188	-
		1978	-	220	13,0	5,9	2,6	253	-
		1982	-	241	7,5	3,1	2,3	283	-
		1987	-	285	11,6	4,1	2,8	341	-
		1993	-	316	9,8	3,1	3,6	390	-
		1999	-	345	6,7	1,9	1,8	430	-
		2005	-	379	8,0	2,1	2,3	478	-
12-2	Рубка (1973 г.)	1973	30	135	-	-	-	191	102
		1978	-	176	9,2	5,2	1,0	237	94
		1982	-	207	8,0	3,9	0,3	269	95
		1987	-	246	8,0	3,3	0,2	309	91
		1993	-	303	12,8	4,2	1,4	373	96
		1999	-	343	8,7	2,5	2,0	429	100
		2005	-	358	4,7	1,3	3,2	457	96
12-3	То же +двукратное удобре- нение (1974, 1977 гг.)	1973	31	104	-	-	-	152	81
		1978	-	150	10,2	6,8	1,0	203	80
		1982	-	183	9,2	5,0	1,0	240	85
		1987	-	221	8,8	4,0	1,2	284	83
		1993	-	266	10,8	4,1	1,8	338	87
		1999	-	310	8,0	2,6	0,8	386	90
		2005	-	359	9,8	2,7	1,7	445	93
Сосняк брусничный									
6-3	Контроль	1971	-	176	-	-	-	191	-
		1976	-	225	12,2	5,4	2,4	252	-
		1981	-	237	5,4	2,3	3,0	279	-
		1986	-	256	7,8	3,0	4,0	318	-
		1991	-	284	10,0	3,5	4,4	368	-
		1996	-	300	8,4	2,8	4,8	408	-
		2002	-	319	5,0	1,6	1,2	433	-
6-2	Двукратная рубка (1971, 1981 гг.)	1971	36	108	-	-	-	188	98
		1976	-	146	7,8	5,3	0,2	227	90
		1981	6	171	7,8	4,6	0,4	266	95
		1986	-	195	4,8	2,5	-	290	91
		1991	-	241	10,2	4,2	1,0	341	93
		1996	-	288	10,0	3,4	0,6	391	96
		2005	-	338	7,0	1,7	1,4	448	103

Окончание таблицы

№ ПП	Вариант опыта	Год таксации	Рубка по запасу, %	Запас, м ³ /га	Среднепериодический текущий прирост		Отпад, м ³ /га в год	Общая производительность	
					м ³ /га в год	% от запаса		м ³ /га	% к контролю
6-6	То же + двухкратное удобрение (1972, 1982 гг.)	1971	27	131	-	-	-	202	106
		1976	-	186	13,0	7,0	2,0	267	106
		1981	10	203	9,0	4,4	1,2	312	112
		1986	-	243	9,6	4,0	1,6	360	113
		1991	-	270	6,0	2,2	0,6	390	106
		1996	-	294	6,0	2,0	1,2	420	97
		2005	-	396	11,3	5,2	-	512	118
6-9	Рубка (1971 г.)	1971	49	114	-	-	-	252	132
		1976	-	154	8,4	5,5	0,4	294	117
		1981	-	212	12,0	5,7	0,4	354	127
		1986	-	230	4,4	1,9	0,8	376	118
		1991	-	271	8,6	3,2	0,4	419	114
		1996	-	332	13,4	4,0	1,2	486	119
		2002	-	377	9,0	2,4	-	531	123
6-5	То же + трехкратное удобрение (1972, 1977, 1982 гг.)	1971	32	126	-	-	-	198	104
		1976	-	191	14,0	7,3	1,0	268	106
		1981	-	246	11,8	4,8	0,8	327	117
		1986	-	283	8,2	2,9	0,8	368	116
		1991	-	319	9,6	3,0	2,4	416	113
		1996	-	332	4,4	1,4	1,8	438	107
		2002	-	390	14,2	3,6	2,6	509	118

Примечание. В числителе показатели всего древостоя, в знаменателе – еловой части.

В соответствии с программой исследований на опытных объектах детально анализировали динамику текущего прироста древостоев. В этих целях на пробных площадях с периодичностью 5 лет проводили таксацию методом сплошных перечетов [2, 4]. Текущий прирост рассчитывали в соответствии с ГОСТ 18264–72. Результаты исследований представлены в таблице.

Как видим, рубки ухода и в ельниках, и в сосняках вызывают изменение экологического режима. Во-первых, в древостое уменьшается число деревьев, изменяется соотношение кроновой, подземной и стволовой фитомассы древостоя в пользу первых двух и перераспределение прироста между деревьями разных ранговых групп. Во-вторых, вследствие снижения конкуренции со стороны древостоя разрастается живой напочвенный покров. В-третьих, резервируется часть высвободившихся почвенных ресурсов в ризосфере.

Эти изменения отражаются на продуктивности разреженного древостоя. Независимо от интенсивности рубки и типа леса снижается текущий прирост (см. таблицу). Одновременно развивается напочвенная растительность [1], активизируя систему малого биокруговорота, компенсирующую снижение продуктивности древостоя. Часть ресурсов резервируется почвенным микробоценозом [3]. Таким путем предотвращается потеря свободных ресурсов в фитоценозе и реализуется ресурсосберегающая функция лесной экосистемы. Со временем сохраненные ресурсы постепенно вовлекаются в продукционный процесс с последующим (в течение 10 ... 20 лет) восстановлением текущего прироста разреженных сосновых и еловых древостоев до уровня контроля.

Удобрения, внесенные в разреженные сосняки и ельники, ускоряют восстановительные процессы, стимулируя биологическую активность почвы и повышая интенсивность биокруговорота. В результате почвенные ресурсы не резервируются, а высвобождаются и вовлекаются в биокруговорот. Фитоценоз активно использует свободные ресурсы. Энергетический поток усиливается, и дополнительные ресурсы реализуются, в первую очередь, через повышение текущего прироста древостоя.

Восстановление текущего прироста до уровня контроля в сосняках и ельниках происходит в течение 5 лет при проведении комплексного ухода в период с благоприятными погодными условиями (ПП 10-3, 5-3, 6-5, 6-6). Если уход начат в худших условиях (засуха, выпадение обильных, затяжных дождей), период восстановления текущего прироста растягивается до 15 лет (ПП 11-3, 12-3).

Кроме того, комплексный уход, приуроченный к периоду с благоприятными погодными условиями, способствует интенсивному, но относительно кратковременному повышению прироста. Если уход начат в худших условиях, особенно в сухой период, эффект проявляется в меньшей мере, но более длительное время – до 10 лет [1, 3].

Все это свидетельствует о влиянии погодных условий на интенсивность круговорота азота, скорость его потребления древостоем и, следовательно, эффективность комплексного ухода [1]. Именно поэтому в практических целях при неблагоприятных погодных условиях внесение удобрений рекомендуется отложить до следующего года [1, 3].

Следует также отметить, что и в сосняках (ПП 5, 12), и в ельниках (ПП 10, 11) на протяжении всего периода наблюдений текущий прирост в варианте с комплексным уходом в 1,5-2,0 раза (в высокопродуктивных сосновых древостоях ПП 6-5, 6-6 даже в 3-4 раза) выше, чем в контроле и в варианте с рубками ухода.

Комплексный уход за лесом, по крайней мере в первое десятилетие, ослабляет напряженность внутривидовых отношений в древостое, что способствует увеличению прироста по диаметру. Он заметно повышается в первый, но чаще во второй вегетационный сезон после комплексного ухода, максимум отмечается на 3-5-й годы в зависимости от ранга дерева. Деревьям низших рангов свойственна замедленная реакция на уход по сравнению

с более крупной елью или сосной. Повторное внесение удобрения в большей степени стимулирует рост крупных и средних деревьев. Таким образом, доля крупных деревьев в формировании текущего прироста возрастает, мелких – уменьшается. После повторного приема комплексного ухода описанная динамика прироста повторяется, но с запаздыванием на 1-3 года в зависимости от ранга деревьев. Детальный анализ динамики радиального прироста деревьев разных рангов позволил установить, что комплексный уход явно стимулирует прирост, увеличивая число положительно отреагировавших деревьев. В первый же вегетационный сезон таких деревьев оказывается на 10 ... 20 % больше, чем в аналогичном варианте без удобрения. В целом реакции сосняков и ельников на комплексный уход по отношению к радиальному приросту сходны [3].

Основными причинами различий в интенсивности и характере восстановления текущего прироста сосновых и еловых древостоев являются, прежде всего, биолого-экологические свойства этих древесных пород.

1. Для сосняков характерна *r*-стратегия формирования и развития ценоза. Именно поэтому сосна как древесная порода конкурентной стратегии стремится как можно быстрее освоить доступные дополнительные ресурсы, в то время как для ельников более свойственна толерантная (*k*-стратегия), что позволяет ей пользоваться дополнительными ресурсами на протяжении более длительного времени.

2. Сосняки произрастают на относительно менее плодородных и малобуферных почвах, быстрее теряющих дополнительный азот, чем ельники, формирующиеся на более плодородных почвах.

3. Для сосняков характерно худшее, чем для ельников, развитие нижних ярусов и относительно небогатый видовой состав растительности. В результате дополнительные ресурсы медленно вовлекаются в систему малого биокруговорота, так как значительно увеличивается время связывания и возврата элементов питания в почву с опадом. В ельниках обеспечивается более успешное закрепление дополнительных ресурсов в разных компонентах фитоценоза и вовлечение их в продукционный процесс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Беляева, Н.В.* Закономерности функционирования сосновых и еловых фитоценозов южной тайги на объектах комплексного ухода за лесом [Текст]: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук / Н.В. Беляева. – СПб.: СПбГЛТА, 2006. – 20 с.
2. *Давыдов, А.В.* Рубки ухода за лесом [Текст] / А.В. Давыдов. – М.: Лесн. пром-сть, 1971. – 184 с.
3. *Мельников, Е.С.* Лесоводственные основы теории и практики комплексного ухода за лесом [Текст]: автореф. дис. ...д-ра с.-х. наук / Е.С. Мельников. – СПб., 1999. – 35 с.
4. *Сеннов, С.Н.* Рубки ухода за лесом [Текст] / С.Н. Сеннов. – М.: Лесн. пром-сть, 1977. – 160 с.

С.-Петербургская государственная
лесотехническая академия
Поступила 19.05.06

E.S. Melnikov, N.V. Belyaeva

**Dynamics of Current Increment in Pine and Spruce Stands after
Complex Tending of Forest**

Dynamics of the current increment of pine and spruce stands after complex tending is analyzed. Possibility of speeding up regeneration processes by regular complex tending of forests is shown.

УДК 630*182.51:630*231.1:582.475.2(470.13)

С.В. Ильчуков

Ильчуков Сергей Васильевич родился в 1958 г., окончил в 1980 г. Сыктывкарский государственный университет, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела лесобиологических проблем Севера Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Имеет 35 печатных работ в области лесовосстановления, пространственной и экологической структур насаждений.



ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ПОДРОСТА ЕЛИ В СПЕЛЫХ СРЕДНЕТАЕЖНЫХ ЕЛЬНИКАХ

Рассмотрены распределение и характер размещения подроста ели в спелых ельниках разных типов леса средней подзоны тайги Республики Коми.

Ключевые слова: спелый ельник, подрост ели, горизонтальная структура.

Подрост хвойных пород, развивающийся под пологом спелого леса, однороден в морфологическом и фитоценотическом отношении и представляет собой наиболее развитую часть естественного возобновительного фонда [9]. А.И. Швиденко [11] считает подростом молодое несомкнувшееся поколение древесных растений высотой не более 1,5 м. В лесоводственной практике принято считать самосевом древесные растения высотой до 0,25 м, подростом – диаметром до 6,0 см [5, 7]. В наших исследованиях к подросту отнесены хвойные древесные растения высотой 0,2 ... 5,0 м.

В процессе формирования смешанных производных насаждений важное значение имеет тип размещения хвойного подроста в материнском древостое [3]. Однако в научных работах редко встречаются конкретные данные о степени его сгруппированности в разных типах леса. Лесоводы обычно оперируют категориями «редкое», «равномерное» или «плотное» размещение подроста, что явно недостаточно для проведения сравнительного анализа. Еще Д.М. Кравчинский [1] и М.Е. Ткаченко [10] отмечали, что до 90 % подроста ели в спелых ельниках поселяется на колодах, пнях и почвенных микроповышениях, что резко увеличивает сгруппированность его расположения. По мнению Л.А. Пегова [6], это связано с лучшими аэрацией, режимом влажности и минеральным питанием за счет разложения органических веществ в этих местах, поэтому выживаемость всходов ели здесь выше.

Еловому подросту для нормального развития необходимо до 30 % световой энергии от освещенности открытого места, поэтому благонадежный подрост растет почти исключительно в «окнах» полога елового древостоя, и, как правило, его нет в приствольных кругах взрослой ели [2]. И.С. Мелехов [4] связывает это явление не только с ухудшением светового режима, но и с перехватом развитыми корневыми системами крупных елей воды в верхнем горизонте почвы, что приводит к гибели еловых всходов и самосева.

Горизонтальную структуру елового подроста в разных типах спелых ельников исследовали на четырех пробных площадях (ПП) размером 20×100 м ($S = 0,2$ га) (Республика Коми, Железнодорожный лесхоз, Кыловское лесничество). Для проведения корректного сравнительного анализа подбирали древостои с близкими таксационными характеристиками (табл. 1) и примерно одинаковым количеством подроста ели (табл. 2).

Т а б л и ц а 1

Таксационная характеристика еловых древостоев

№ ПП	Тип ельника	Состав, возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Число деревьев, шт./га	Запас, м ³ /га	Класс бонитета	Полнота
1	Черничный свежий	9Е ₁₂₀	17,5	18,3	950	215	IV	0,77
		1Б ₁₀₀	18,0	20,4	60	17		
2	Черничный влажный	10Е ₁₂₀	18,2	19,2	850	220	IV	0,74
3	Долгомошно-сфагновый	10Е ₁₃₀	16,3	15,8	1120	176	V	0,72
4	Приручейный	9Е ₁₄₀	18,8	20,4	730	220	IV	0,70
		1Б ₉₀	17,7	22,3	60	20		

Т а б л и ц а 2

Распределение подроста ели по высоте в спелых ельниках (в числителе – шт./га; в знаменателе – шт./учетная площадка)

№ ПП	Высота подроста ели, м			Всего
	0,2 ... 0,4	0,5 ... 1,4	1,5 ... 5,0	
1	<u>1660</u>	<u>2470</u>	<u>2030</u>	<u>6160</u>
	0,7	1,0	0,8	2,5
2	<u>1680</u>	<u>3750</u>	<u>2750</u>	<u>8180</u>
	0,7	1,5	1,1	3,3
3	<u>1030</u>	<u>2720</u>	<u>2500</u>	<u>6250</u>
	0,5	1,1	1,0	2,6
4	<u>1390</u>	<u>2930</u>	<u>2180</u>	<u>6610</u>
	0,6	1,2	0,9	2,7

5

На каждой ПП закладывали по 125 учетных площадок размером 2×2 м, равномерно расположенных через каждые 4 м на размеченных пяти длинных ходовых линиях. На каждой учетной площадке замеряли высоту всех елочек и категорию их жизненного состояния (благонадежный, сомнительный, усыхающий и сухой). В ходе камеральной обработки подсчитывали число учетных площадок без подроста, с одним, двумя, тремя и большим числом живых елочек и вычисляли индекс рассеяния (I) по формуле, предложенной Р.А. Фишером с соавторами [8]:

$$I = \frac{\left(\sum_{x=0}^m x^2 n_x - \frac{N^2}{n} \right) n}{(n-1)N},$$

где $x = 0, 1, 2, \dots, m$ шт. подроста ели на учетной площадке;

n_x – число учетных площадок с $0, 1, 2, \dots, m$ шт. подроста ели;

n – общее число учетных площадок на пробной площади;

N – количество подроста ели на пробной площади.

При $I < 1$ тип размещения растений регулярный; при $I \approx 1$ – рассеянный; при $I > 1$ – групповой.

Индекс рассеяния определяли как для всего подроста на пробной площади, так и по категориям высот: мелкий – 0,2 ... 0,4; средний – 0,5 ... 1,4; крупный – 1,5 ... 5,0 м.

Важнейшими параметрами естественного возобновления под пологом древостоев являются густота, обилие и встречаемость подроста [3]. Во всех исследованных нами еловых фитоценозах отмечены большие количество и обилие подроста как в целом, так и по отдельным категориям высот (табл. 2). Это свидетельствует о хорошем возобновительном потенциале спелых среднетаежных ельников. В скандинавских странах для вычисления показателя встречаемости подроста хвойных пород используют метод «нулевых площадок», предложенный P. Braathe [12]: чем меньше среди заложенных учетных площадок встречается «нулевых» (без подроста), тем выше уровень естественного хвойного возобновления. Анализ распределения подроста ели по данному методу показал его высокую встречаемость (1,7 ... 5,0 % «нулевых площадок») во всех типах ельников, но не выявил достоверного различия между ними (табл. 3). Однако при рассмотрении встречаемости подроста разной высоты оказалось, что, несмотря на близкие показатели обилия мелкого подроста в исследуемых фитоценозах (табл. 2), в ельниках черничных типов леса его нет на половине учетных площадок, а с повышением увлажнения территории доля «нулевых площадок» увеличивается до 60 % в ельнике долгомошно-сфагновом и до 73 % в приручейном (табл. 3). Это объясняется тем, что в переувлажненных лесорастительных условиях приживаемость елочек очень низкая, поэтому самосев и мелкий подрост ели встречаются здесь в основном только на микроповышениях – пнях и валежниках.

Т а б л и ц а 3

**Распределение и индекс рассеяния подроста ели
в спелых ельниках**

№ ПП	Высота подроста, м	Процент учетных площадок с числом подроста ели, шт.							Индекс рассеяния
		0	1	2	3	4	5	≥ 6	
1	0,2 ... 0,4	52,5	20,0	10,0	8,8	5,0	1,3	2,4	2,11
	0,5 ... 1,4	47,5	27,5	13,8	8,8	2,4	0	0	1,31
	1,5 ... 5,0	51,3	30,0	15,0	2,4	1,3	0	0	1,12

2	0,2 ... 5,0	5,0	22,5	22,5	18,8	15,0	7,4	8,8	1,22
	0,2 ... 0,4	54,4	31,4	5,7	4,3	1,4	1,4	1,4	2,06
	0,5 ... 1,4	31,4	27,1	22,9	7,1	5,7	2,9	2,9	1,56
	1,5 ... 5,0	41,4	34,3	15,7	5,7	1,4	1,4	0	1,22
3	0,2 ... 5,0	4,3	11,4	28,6	20,0	15,7	5,7	14,3	1,15
	0,2 ... 0,4	60,0	18,3	8,3	8,3	1,7	1,7	1,7	2,19
	0,5 ... 1,4	33,3	31,7	15,0	11,7	3,3	3,3	1,7	1,54
	1,5 ... 5,0	26,6	46,7	11,7	8,3	5,0	1,7	0	1,14
4	0,2 ... 5,0	1,7	15,0	30,0	18,3	18,3	6,7	10,0	1,16
	0,2 ... 0,4	73,3	15,0	3,3	3,3	1,7	1,7	1,7	2,77
	0,5 ... 1,4	38,3	26,6	16,7	11,7	3,3	1,7	1,7	1,55
	1,5 ... 5,0	41,7	35,0	16,7	3,3	1,7	1,7	0	1,23
	0,2 ... 5,0	3,3	21,7	26,7	20,0	15,0	5,0	8,3	1,21

Рассчитанные общие индексы рассеяния для елового подроста высотой 0,2 ... 5,0 м во всех типах ельников имеют близкие значения – 1,15 ... 1,22 (табл. 3). Однако тип размещения подроста ели разных категорий высот резко отличается. На всех ПП для мелкого подроста характерна очень высокая степень сгруппированности ($I = 2,06 \dots 2,77$), так как он растет плотными куртинками на старых валежинах – доля учетных площадок с пятью и более елочками достигает 2,8 ... 3,7 %. По мере роста елочек происходит отпад ослабленных экземпляров, и доля усыхающего и сухого среднего подроста достигает 8 ... 20 %. В результате степень его сгруппированности уменьшается в 1,3–1,8 раза.

Дальнейшее формирование пространственной структуры естественного хвойного возобновления связано с сильной конкуренцией за свет и питательные вещества как внутри куртин подроста, так и среди взрослых елей. В результате интенсивного отпада в плотных биогруппах елового подроста количество усыхающих и сухих елочек высотой 1,5 ... 5,0 м увеличивается до 23 ... 41 %, а доля учетных площадок с одним и двумя крупными экземплярами достигает 45 ... 58 %. Поэтому крупный подрост в спелых ельниках имеет слабую степень сгруппированности и его размещение приближается к рассеянному типу ($I = 1,12 \dots 1,23$). Однако в «окнах» с хорошим солнечным освещением он успешно растет в биогруппах по 4-5 экземпляров. Доля таких учетных площадок увеличивается от 1,3 ... 2,8 % в черничных типах до 3,4 ... 6,7 % в ельниках с избыточным увлажнением.

5*

В целом характер размещения подроста ели во всех исследованных типах ельников очень близок: высокая степень сгруппированности характерна для мелкого подроста ($I = 2,06 \dots 2,77$), средняя – для елочек высотой 0,5 ... 1,4 м ($I = 1,31 \dots 1,56$) и слабая – для крупного подроста ($I = 1,12 \dots 1,23$). Это свидетельствует об единой направленности процесса формирования горизонтальной структуры естественного возобновления под пологом среднетаежных еловых древостоев.

Для практического лесоводства предложенный методический подход по использованию большого объема данных о численности и обилии естественного хвойного возобновления, ежегодно получаемого в ходе проведения

лесоустроительных и научных работ, для выявления характера его размещения под пологом материнского древостоя является весьма плодотворным и позволяет выполнить корректный сравнительный анализ сгруппированности хвойного подроста как в типологическом, так и зональном аспектах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кравчинский, Д.М.* Лисинская лесная дача [Текст] / Д.М. Кравчинский // Лесн. журн. – 1911. – № 6. – С. 16–23.
2. *Лир, Х.* Физиология древесных растений [Текст] / Х. Лир, Г. Польстер, Г. Фидлер. – М.: Лесн. пром-сть, 1974. – 423 с.
3. *Мелехов, И.С.* Биология, экология и география возобновления леса [Текст] / И.С. Мелехов // Возобновление леса. – М., 1975. – С. 4–22.
4. *Мелехов И.С.* Лесоведение и лесоводство [Текст] / И.С. Мелехов. – М.: Лесн. пром-сть, 1972. – 178 с.
5. *Мелехов, И.С.* Руководство по изучению типов концентрированных вырубков [Текст] / И.С. Мелехов, Л.И. Корконосова, В.Г. Чертовской. – М.: Наука, 1965. – 180 с.
6. *Пегов, Л.А.* Исследование точности выборочного учета подроста под пологом древостоев [Текст] / Л.А. Пегов // Лесоведение. – 1992. – № 4. – С. 51–59.
7. *Побединский, А.В.* Изучение лесовосстановительных процессов [Текст] / А.В. Побединский. – М.: Наука, 1966. – 64 с.
8. *Свалов, С.Н.* Применение статистических методов в лесоводстве [Текст] / С.Н. Свалов // Лесоведение и лесоводство. – 1985. – Т. 4. – С. 1–164.
9. *Семечкин, И.В.* Динамика возрастной структуры древостоев и методы ее изучения [Текст] / И.В. Семечкин // Вопросы лесоведения. – Красноярск, 1970. – Т. 1. – С. 422–446.
10. *Ткаченко, М.Е.* Общее лесоводство [Текст] / М.Е. Ткаченко. – Л.: Гослестехиздат, 1939. – 745 с.
11. *Швиденко, А.И.* Подрост и нижний ярус древостоя, их отличие и взаимосвязь [Текст] / А.И. Швиденко // Лесн. журн. – 1993. – № 1. – С. 3–5. – (Изв. высш. учеб. заведений).
12. *Braathe P.* Registnering av gjenvæst 1962-1964 [Text] / P. Braathe // Meddelesler fra det Norske Skogfors o ksvesen. – 1966. – Vol. 21, N 2. – P. 81–170.

Институт биологии Коми НЦ РАН

Поступила 28.12.06

S.V. Ilchukov

Horizontal Structure of Spruce Undergrowth in Mature Middle-taiga Spruce Forests

Distribution and location character of spruce undergrowth in the mature spruce forests of different types in the middle subzone of the Komi Republic are considered.

УДК 630*453.768.24

Р.В. Власов

Власов Ростислав Владимирович родился в 1973 г., окончил в 1995 г. С.-Петербургскую лесотехническую академию, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории ландшафтного лесоводства С.-Петербургского НИИ лесного хозяйства. Имеет 20 печатных работ, в основном по проблемам влияния лесохозяйственных мероприятий на короедов.



ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ ПОСЕЛЕНИЙ КРОЕДА-ГРАВЕРА ПО ПОВЕРХНОСТИ СПЕЦИФИЧЕСКОГО КОРМОВОГО СУБСТРАТА

Рассмотрено пространственное размещение поселений короёда-гравера по поверхности деревьев ели, обработанных арборицидом раундап и окольцованных механическим способом. Показано значение взаимного расположения поселений с точки зрения внутривидовой конкуренции.

Ключевые слова: внутривидовая конкуренция, гравер, ель, индекс агрегации, размещение поселений.

Выбор кормовых объектов и процесс их заселения – критические фазы в жизненном цикле короёдов (Coleoptera, Scolytidae). Сопrotивляемость и кормовые качества растений-хозяев, а также внутривидовая конкуренция насекомых служат факторами их смертности на этих этапах [1, 3, 5, 6, 8–10]. На выживаемость насекомых и внутривидовую конкуренцию влияет, среди прочего, пространственное размещение поселений в пределах заселяемого дерева [7, 19, 25].

Несмотря на обилие публикаций с разносторонним анализом популяций короёдов, пространственное размещение их поселений по поверхности кормового субстрата и методы оценки взаимного расположения поселений в отечественной литературе освещены слабо. В основных работах по изучению обыкновенного гравера (*Pityogenes chalcographus* L.) нет данных о взаимном расположении семей и степени их агрегации. В зарубежных источниках этим моментам уделено больше внимания.

Основой наших исследований послужили материалы, собранные в 1997–2002 гг. в ОЛХ «Сиверский лес» (Гатчинский район Ленинградской области). Работа выполнена в рамках наблюдений за поведением короёдов в древостоях, пройденных химическим уходом. Ее целью было: 1) определить характер пространственного размещения поселений гравера относительно друг друга по поверхности деревьев; 2) установить влияние взаимного расположения и размера семей на внутривидовые отношения.

Пробные площади (ПП) размером 0,10 ... 0,56 га заложены в лесных культурах ели, требующих разреживания. Основные характеристики древостоев: возраст 20 ... 40 лет, средний диаметр 8,0 ... 10,2 см, густота 1,7 ... 4,0 тыс. деревьев на 1 га. Тип условий местопроизрастания – кислич-

ный и черничный. Варианты разреживания включали инъекцию в стволы деревьев арборицида раундап (глифосат) и механическое кольцевание. На ПП обработано от 50 до 368 деревьев со средним диаметром 5,8 ... 7,0 см.

Моделями для учета служили деревья ели, отмирающие в результате обработки и пораженные гравером. В общей сложности выпилено 70 отрезков (круговых палеток) с поселениями гравера, в расчетах оказалось возможным использовать 63. Расстояния между поселениями находили либо непосредственным измерением на самих палетках, либо по формулам, используя координаты поселений [25]. Измерения проводили на палетках без коры. Поскольку в этом случае входные каналы короеда не всегда могли быть точно установлены, мы определяли с точностью до 0,1 см расстояние от центров брачных камер (БК) до четырех ближайших.

Для выявления степени агрегации семей гравера использовали метод расстояний от случайной точки до объекта, предложенный Э. Пиелу [22] и признанный одним из лучших среди дистанционных [21]. Случайные точки (100 для каждой палетки) получены с помощью генератора случайных чисел программы MS Excel (Microsoft Corporation). Далее вычисляли расстояния от этих точек до центров ближайших БК и рассчитывали индекс Пиелу по формуле $\alpha = \pi D \omega$, где D – плотность поселения, семей/дм²; ω – среднее квадратов расстояний от случайной точки до БК. Поскольку α при случайном распределении равно не 1, а $(n-1)/n$ (n – число измеренных расстояний), то для наглядности значения α умножали на $n/(n-1)$, получая относительное α . Число объектов при использовании индекса Пиелу должно быть не менее 6 [25], и на 5 палетках вычислить α было невозможно.

По мере увеличения порядкового номера ближайшей БК стандартное (среднее квадратическое) отклонение расстояний в абсолютных значениях увеличивалось, а коэффициент вариации уменьшался (см. таблицу). Подобные закономерности отмечены и в размещении деревьев в буковых лесах Карпат [12]. Судя по значениям коэффициента вариации на отдельных ПП (20 ... 40 %), гравер стремился поддерживать расстояние между БК на определенном уровне. Вид кормового субстрата (инъектированные либо окольцованные деревья) практически не повлиял на фактическое минимальное расстояние до первой ближайшей БК (0,7 ... 1,0 см). Дж. Байерс [18] предложил понятие минимально допустимого расстояния между ближай-

Характеристика расстояний между центрами брачных камер гравера на деревьях ели

№ ПП	Число палеток	Ближайшие БК и их число	Расстояние до ближайших БК, см				Коэффициент вариации, %
			Минимум	Среднее значение	Максимум	Стандартное отклонение	
2Е (инъекция)	14	1 (198)	0,7	2,7	5,6	0,86	32
		2 (173)	1,3	3,5	6,6	0,99	28
		3 (158)	2,2	4,1	9,4	1,11	27
		4 (144)	2,4	4,8	11,8	1,29	27
3Е	14	1 (167)	0,7	2,9	6,4	0,98	34

(кольцевание)		2 (149)	1,6	3,9	8,2	1,07	27
		3 (135)	1,9	4,6	10,7	1,28	28
		4 (128)	2,2	5,2	11,8	1,38	26
		4Е (инъекция)	15	1 (428)	0,7	2,1	4,9
(инъекция)		2 (401)	1,2	2,7	5,7	0,73	27
		3 (384)	1,5	3,2	7,6	0,81	25
		4 (362)	2,0	3,6	7,1	0,81	23
		8Е (инъекция)	10	1 (191)	0,9	2,4	4,8
(инъекция)		2 (178)	1,6	3,3	6,6	0,92	28
		3 (165)	2,3	4,0	6,7	0,93	23
		4 (147)	2,6	4,6	7,8	1,00	22
		9Е (инъекция)	8	1 (129)	1,0	2,5	5,7
(инъекция)		2 (129)	1,4	3,6	6,8	1,12	31
		3 (116)	2,6	4,4	7,8	1,00	23
		4 (94)	3,0	4,9	8,1	0,99	20

Примечание. В таблицу не включена пробная площадь 1Е, так как только две палетки было возможно использовать в расчетах.

шими поселениями, которое, как он полагает, контролируется поведенчески, наследственно закреплено, относительно независимо от плотности поселения и может быть параметром популяции или вида.

Размер семей короедов и их размещение взаимосвязаны. Для наглядности и удобства анализа этих факторов были объединены данные по отдельным ПП с инъекцией. Минимальное расстояние между ближайшими поселениями возрастало с увеличением числа самок в семье как на инъектированных, так и на окольцованных деревьях (рис. 1 а, б). Одновременное возрастание длины ходов с увеличением числа самок в семье [2] свидетельствует о том, что большие семьи первыми заселяли кормовой субстрат (при наличии достаточного пространства) [11]. Среднее расстояние между ближайшими поселениями было относительно постоянным при изменении

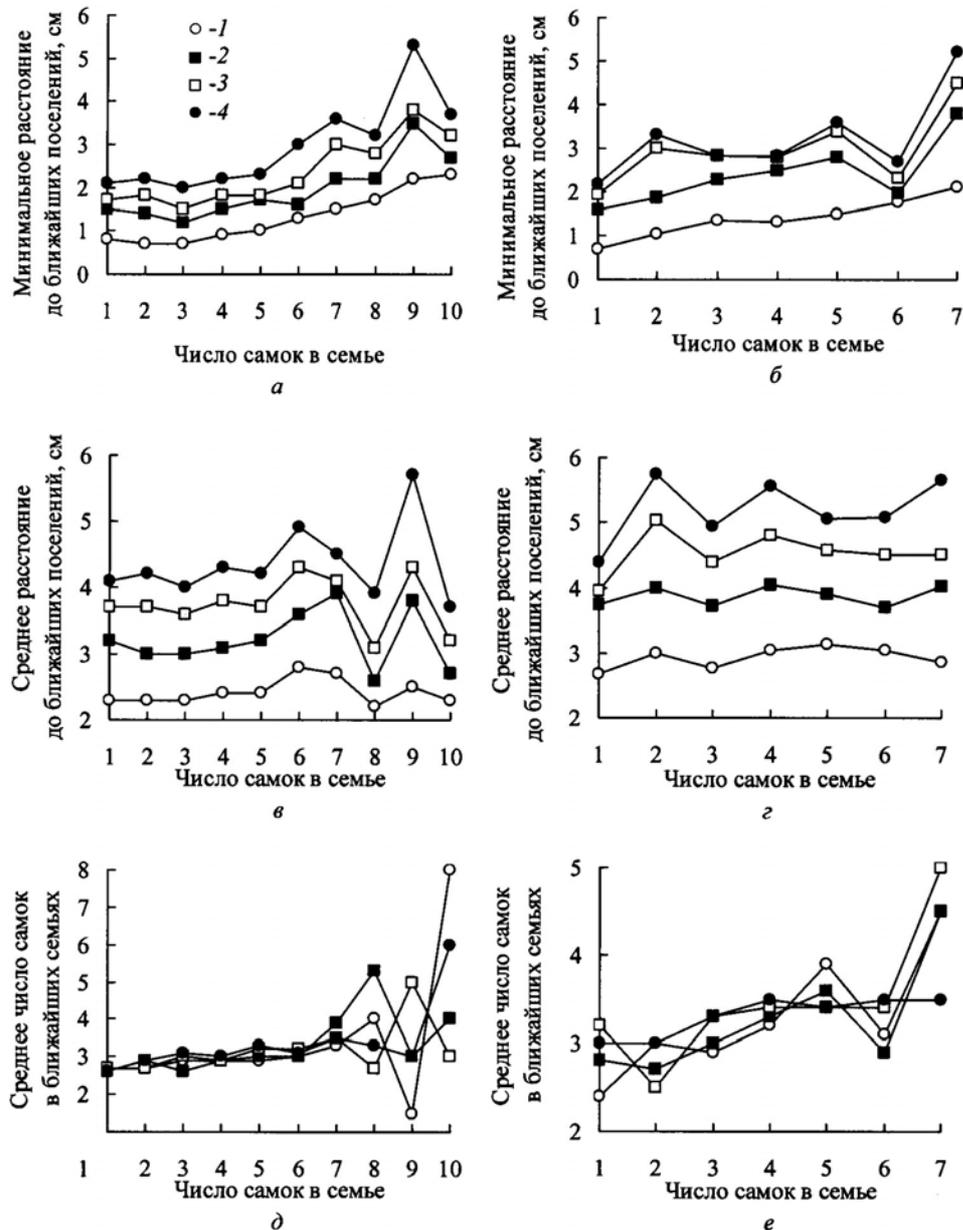


Рис. 1. Взаимосвязь размера семей короеда-гравера и их размещения на инъектированных (а, в, д) и окольцованных (б, г, е) деревьях ели: 1–4 – порядковый номер ближайших поселений

размера семьи (рис. 1 в, г). Колебания значений при наличии шести и более самок в семье на инъектированных деревьях можно объяснить малым числом таких семей (в сумме 4,4 % от общего их числа). Соседство семей определенного размера отражает последовательность заселения деревьев (в по-

Рис. 2. Зависимость размещения поселений короледа-гравера от плотности поселения на деревьях ели, обработанных раундапом. Горизонтальная линия обозначает случайное размещение (относительный индекс Пиелю равен 1)



рядке уменьшения числа самок) при сокращении доступного пространства (рис. 1 *д, е*). Крупные семьи первыми заселяли субстрат. Ближайшие окружающие их семьи, которые появились позже и имели меньше возможностей выбора места, в среднем мельче. Семьи с 1-2 самками предположительно заселяли субстрат последними, поэтому их окружали более крупные семьи.

Считают, что пространственное размещение поселений короледа зависит от плотности поселения, изменяясь от группового при низких плотностях до случайного и равномерного [9, 18, 23–25]. В наших опытах только на одной из 58 палеток было отмечено достоверно групповое размещение. В основном оно было равномерным (43 палетки) или случайным (14 палеток). Зависимость индекса Пиелю от плотности поселения на деревьях, обработанных раундапом, выражена слабо (рис. 2), однако ее наличие в целом подтверждается. На окольцованных деревьях эта зависимость не обнаружена. Полученные результаты отчасти объясняются причинами методического характера: 1) недостатком числа палеток с малыми плотностями поселения (менее 3 семей/дм²); 2) измерением расстояний между центрами БК, а не входными отверстиями; на палетках без коры; 3) наличием на некоторых палетках поселений других короледа. Необходимость избегать внутривидовой конкуренции возникает уже при плотности поселения 2-3 семьи/дм², поскольку с этого момента гравер стремился к более равномерному поселению (рис. 2).

Средняя длина маточных ходов гравера и его продукция (число молодых жуков на 1 дм², самку или семью) на отдельных палетках в наших экспериментальных условиях оказались связанными со степенью агрегации поселений. Максимальные значения этих показателей достигались при относительном индексе Пиелю 0,600 ... 0,775 (окольцованные деревья) и 0,650 ... 0,850 (инъектированные деревья).

Короледа активно выбирают место для своих поселений и обычно стремятся к равномерному размещению по поверхности кормового субстрата [4, 15, 16, 18 – 20, 25]. Этим обеспечивается рациональное освоение площади питания, снижение внутривидовой конкуренции и максимизация про-

дукции [4, 20, 25]. К механизмам, предположительно регулирующим размещение поселений, относят визуальную, обонятельную и звуковую коммуникацию насекомых, а также структуру поверхности коры [13–16, 18 – 20, 25]. Короеды обладают плохим зрением [17]. Звуковая коммуникация (стридуляция) у гравера, по-видимому, отсутствует [15, 16]. Влияние структуры коры деревьев в нашем случае маловероятно, так как были взяты молодые деревья небольшого диаметра с тонкой гладкой корой. Поэтому, скорее всего, для гравера имеет значение реакция на химические сигналы (феромоны). Для четкого понимания механизмов размещения поселений необходимы углубленные исследования различных видов коммуникации короедов.

Таким образом, выяснено, что при заселении короедом-гравером специфического кормового субстрата имеют место: увеличение минимального и поддержание относительно постоянного среднего расстояния между поселениями с возрастанием размера семьи равномерное размещение поселений, сокращение числа самок у более поздних поселений, стремление максимизировать длину маточных ходов и продукцию при равномерном размещении. Подобное поведение короеда ведет к ослаблению внутривидовой конкуренции.

Автор выражает благодарность Т.А. Семаковой за критические замечания по рукописи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васечко, Г.И. Оценка роли факторов смертности в динамике численности короедов [Текст] / Г.И. Васечко // Чтения памяти Н.А. Холодковского. – Л.: Наука, 1982. – Вып. 34. – С. 54–91.
2. Власов, Р.В. Искусственно созданный отпад как кормовой объект для обыкновенного гравера *Pityogenes chalcographus* L. (Coleoptera, Scolytidae) [Текст] / Р.В. Власов // Леса Евразии – Восточные Карпаты: матер. IV Междунар. конф. молодых ученых. – М.: МГУЛ, 2004. – С. 139–141.
3. Демаков, Ю.П. Диагностика устойчивости лесных экосистем (методологические и методические аспекты) [Текст] / Ю.П. Демаков. – Йошкар-Ола: Периодика Марий Эл, 2000. – 416 с.
4. Исаев, А.С. Взаимодействие дерева и насекомых-ксилофагов [Текст] / А.С. Исаев, Г.И. Гирс. – Новосибирск: Наука, 1975. – 348 с.
5. Исаев, А.С. Популяционная динамика лесных насекомых [Текст] / А.С. Исаев [и др.]. – М.: Наука, 2001. – 374 с.
6. Катаев, О.А. Особенности размножения стволовых насекомых в ельниках [Текст] / О.А. Катаев // Лесная энтомология: тр. ВЭО. – Л.: Наука, 1983. – Т. 65. – С. 54–108.
7. Киселев, В.В. Внутривидовые механизмы регуляции плотности популяции большого листовенничного короеда [Текст] / В.В. Киселев, В.М. Яновский // Проблема динамики численности насекомых-вредителей таежных лесов. – Красноярск: ИЛИД, 1976. – С. 3–11.
8. Маслов, А.Д. Факторы смертности короеда-типографа [Текст] / А.Д. Маслов, Л.С. Матусевич // Лесоведение. – 1990. – № 6. – С. 11–18.
9. Мозолевская, Е.Г. Анализ популяций сосновых лубоедов [Текст] / Е.Г. Мозолевская // Лесная энтомология: тр. ВЭО. – Л.: Наука, 1983. – Т. 65. – С. 19–40.

10. Мозолевская, Е.Г. Влияние состояния насаждений на динамику численности короедов [Текст] / Е.Г. Мозолевская // Чтения памяти Н.А. Холодковского. – Л.: Наука, 1982. – Вып. 34. – С. 3–24.
11. Рафес, П.М. Длина ходов и численность потомства короедов в зависимости от плотности поселения на примере малого лубоеда Холодковского [Текст] / П.М. Рафес // Сообщ. лаборатории лесоведения АН СССР. – М., 1962. – Вып. 6. – С. 167–190.
12. Цурик, Е.И. Размещение деревьев в буковых пралесах Карпат и оценка методов расчета их густоты [Текст] / Е.И. Цурик // Лесн. хоз-во. – 1981. – № 11. – С. 47–50.
13. Byers, J.A. Behavioral mechanisms involved in reducing competition in bark beetles [Text] / J.A. Byers // Holarctic Ecology. – 1989. – Vol. 12, N 4. – P. 466–476.
14. Byers, J.A. Chemical ecology of bark beetles [Text] / J.A. Byers // Experientia. – 1989. – Vol. 45. – P. 271–283.
15. Byers, J.A. Dirichlet tessellation of bark beetle spatial attack points [Text] / J.A. Byers // J. Animal Ecology. – 1992. – Vol. 61, N 3. – P. 759–768.
16. Byers, J.A. Grid cell contour mapping of point densities: bark beetle attacks, fallen pine shoots, and infested trees [Text] / J.A. Byers // Oikos. – 1992. – Vol. 63, N 2. – P. 233–243.
17. Byers, J.A. Host tree chemistry affecting colonization in bark beetles [Text] / J.A. Byers // Chemical Ecology of Insects. 2 / R.T. Cardé and W.J. Bell [ed.]. – New York: Chapman and Hall, 1995. – P. 154–213.
18. Byers, J.A. Nearest neighbor analysis and simulation of distribution patterns indicates an attack spacing mechanism in the bark beetle, *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytidae) [Text] / J.A. Byers // Environ. Entomol. – 1984. – Vol. 13, N 5. – P. 1191–1200.
19. Hedden, R.L. Spatial attack pattern of a Western Washington Douglas-fir beetle population [Text] / R.L. Hedden, R.I. Gara // Forest Science. – 1976. – Vol. 22, N 1. – P. 100–102.
20. Nilssen, A.C. Spatial attack pattern of the bark beetle *Tomicus piniperda* L. (Col., Scolytidae) [Text] / A.C. Nilssen // Norw. J. Entomol. – 1978. – Vol. 25, N 2. – P. 171–175.
21. Payandeh, B. Comparison of methods for assessing spatial distribution of trees [Text] / B. Payandeh // Forest Science. – 1970. – Vol. 16, N 3. – P. 312–317.
22. Pielou, E.C. The use of point-to-plant distances in the study of the pattern of plant populations [Text] / E.C. Pielou // J. Ecology. – 1959. – Vol. 47, N 3. – P. 607–613.
23. Prenzel, B.G. Within-tree dynamics of mass attack by *Dendroctonus pseudotsugae* (Coleoptera: Scolytidae) on its host [Text] / B.G. Prenzel, W.G. Laidlaw, H. Wieser // Can. Ent. – 1999. – Vol. 131, N 5. – P. 635–643.
24. Raffa, K.F. The role of host plant resistance in the colonization behavior and ecology of bark beetles (Coleoptera: Scolytidae) [Text] / K.F. Raffa, A.A. Berryman // Ecol. Monographs. – 1983. – Vol. 53, N 1. – P. 27–49.
25. Saarenmaa, H. Modeling the spatial pattern and intraspecific competition in *Tomicus piniperda* (Coleoptera, Scolytidae) [Text] / H. Saarenmaa // Commun. Inst. For. Fenn. – 1983. – N 118. – P. 1–40.

ФГУ СПбНИИЛХ

Поступила 14.11.05

R.V. Vlasov

Spatial Attack Pattern of Bark Beetle *Pityogenes chalcographus* on Specific Food Substrate

Spatial attack pattern of bark beetle *Pityogenes Chalcographus* L. (Coleoptera, Scolytidae) on spruce trees treated with arboricide Roundup and girded mechanically is considered. Significance of the attack location for intraspecific competition is shown.



УДК 531.001

С.И. Морозов

Морозов Станислав Иванович родился в 1929 г., окончил в 1952 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической механики Архангельского государственного технического университета, член-корреспондент РИА, заслуженный деятель науки и техники РФ. Имеет более 180 печатных работ в области изучения устойчивости температурно-напряженного рельсового пути, закрепления его от угона рельсов, удара тел, применения ЭВМ при решении задач механики.



ВЛИЯНИЕ ТВЕРДОСТИ МАТЕРИАЛЬНЫХ ТЕЛ НА ИХ УПРУГОПЛАСТИЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Приведен анализ математических зависимостей при ударе (и сжатии) упругих и упругопластичных тел. Рассмотрено влияние твердости тел на показатели их пластичности и нелинейности.

Ключевые слова: удар, твердость, пластичность, нелинейность, эксперимент.

Контактный удар (или сжатие) двух упругих тел рассмотрен в работах В. Гольдсмита [1], А.Н. Динника [2], Г. Герца [6, 7]. Ими получены следующие выражения.

Для силовой функции имеем

$$F = K\alpha^n, \quad (1)$$

где F – сила удара (или сжатия тел);

K – показатель упругости тел (коэффициент Герца);

α – деформация тел в точке соударения;

n – показатель нелинейности (значения степени α). Для упругих тел по Герцу $n = 1,5$.

Для коэффициента Герца

$$K = \frac{4}{3} \left(\frac{1 - \mu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \mu_2^2}{E_2} \right)^{-1} \sqrt{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}}, \quad (2)$$

где μ_1, μ_2 – коэффициенты Пуассона;

E_1, E_2 – модули Юнга;

R_1, R_2 – радиусы сферических тел.

Обозначим

$$\sqrt{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}} = \rho, \quad (3)$$

где величину ρ назовем приведенным радиусом закругления двух соударяющихся тел.

Для схемы на рис.1: $R_1 = R$; $R_2 = \infty$; $\rho = \sqrt{R}$.

При выводе уравнений (1) и (2) Г. Герц и А.Н. Динник предполагали, что поверхности соударяющихся тел выражаются уравнениями второй степени (шар, эллипс, парабола, гипербола).

Аналогичная задача была решена И.Я. Штаерманом [4, 5] для случая более плотного соприкосновения тел, когда поверхности соударяющихся тел выражаются уравнениями более высокой степени (рис. 2).

Коэффициенты плотности соприкосновения тел при ударе обозначим буквой m . Показатель нелинейности Штаерман предлагает определять по формуле

$$n = \frac{2m+1}{2m}. \quad (4)$$

Если $m = 1$, то $n = 3/2 = 1,5$ (т. е. имеем случай Герца). При более плотном касании по формуле (4) находим: если $m = 2$, то $n = 5/4 = 1,25$; если $m = 3$, то $n = 7/6 = 1,167$, т. е. с возрастанием m удар становится более плотным. Если $m \rightarrow \infty$, то имеем $n \rightarrow 1$, т. е. удар становится линейным:

$$F = C\alpha, \quad (5)$$

где величина C аналогична коэффициенту постели.

В работах Штаермана [4, 5] приведено также выражение для вычисления коэффициента K в зависимости от m :

$$K = \frac{4m}{2m+1} \left(\frac{1-\mu_1^2}{E_1} + \frac{1-\mu_2^2}{E_2} \right)^{-1} \sqrt[2m]{\frac{2m-1}{2m}} \sqrt[2m]{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}}. \quad (6)$$

Множитель, зависящий от m ,

$$K = \frac{4m}{2m+1} \sqrt[2m]{\frac{2m-1}{2m}},$$

обозначим буквой K_0 и назовем максимальным коэффициентом пластичности. Тогда выражение (6) примет вид

$$K = K_0 \left(\frac{1-\mu_1^2}{E_1} + \frac{1-\mu_2^2}{E_2} \right)^{-1} \sqrt[2m]{\rho}. \quad (6a)$$

Значения m , n и K_0 (помимо прочих факторов) зависят от твердости тел T . Это подтверждается данными, приведенными в таблице.

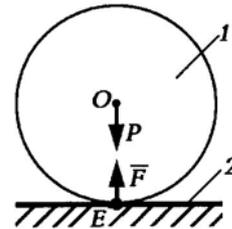


Рис. 1. Расчетная схема соударения тел по Герцу: 1, 2 – соударяющиеся тела; E – точка удара

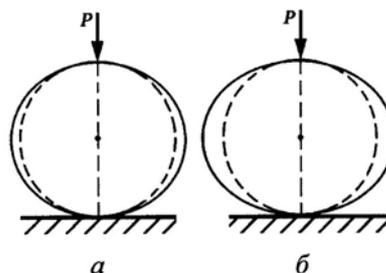


Рис. 2. Случаи взаимодействия тел по Штаерману: а – $m=2$; б – $m=3$

T , HRC	n	m	K_0	$B_0 \cdot 10^{-9}$	$B_{01} \cdot 10^{-9}$
65	1,50	1,00	0,9428	126	135
60	1,46	1,09	1,0621	38	26
50	1,38	1,32	1,2038	12	13
38	1,29	1,72	1,4022	9	9
28	1,22	2,27	1,5955	3,5	4
≈0	1,06	8,33	1,8800	3	3,5

Здесь B_0 , B_{01} – средние значения коэффициента пластичности соответственно на стадии нагрузки и разгрузки.

Значения T , B_0 , n , B_{01} получены экспериментально Д.Н. Шостенко [3], остальные величины определены по приведенным выше зависимостям.

Таким образом, материалы исследований показывают, что формулу Герца для $T = 65$ HRC можно применять при соударении упругих тел, в остальных случаях ($T < 65$ HRC) имеем случай упругопластичного удара, что требует при аналитическом решении задач удара (сжатия) двух тел использовать формулу Штаермана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гольдсмит, В. Удар [Текст] / В. Гольдсмит. – М.: Стройиздат, 1965. – 448 с.
2. Динник, А.Н. Удар и сжатие упругих тел [Текст]: избр. тр. Т. 1 / А.Н. Динник. – Киев.: Изд-во АН УССР, 1952. – С. 13–144.
3. Морозов, С.И. Определение параметров силовой функции при сжатии и соударении упругопластичных тел [Текст] / С.И. Морозов, Д.Н. Шостенко // Лесн. журн. – 2004. – № 3. – С. 50–55. – (Изв. высш. учеб. заведений).
4. Штаерман, И.Я. Обобщение теории Герца местных деформаций при сжатии упругих тел [Текст] / И.Я. Штаерман // ДАН СССР. – 1940. – Т. 29, № 3.
5. Штаерман, И.Я. К вопросу о местных деформациях при сжатии упругих тел [Текст] / И.Я. Штаерман // ДАН СССР. – 1941. – Т. 31, № 8.
6. Hertz, Y. Über die Berührung fester elastischer Körper [Text] / Y. Hertz // Crell es Journ. – 1881. – Bd. 92.
7. Hertz, Y. Über die Berührung fester elastischer Körper und über die Harte [Text] / Y. Hertz // Gesam Werke. – Leipzig, 1895. – Bd. 1.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 21.03.06

S.I. Morozov

Impact of Bodies Hardness on their Elasto-plastic Indices

Analysis of mathematical dependencies under the collision of elastic and elasto-plastic bodies is provided. The impact of bodies' hardness on their plasticity and nonlinearity indices is considered.

УДК 629.114.2

А.М. Боровских

Боровских Александр Михайлович родился в 1933 г., окончил в 1958 г. Свердловский сельскохозяйственный институт, кандидат технических наук, доцент кафедры сервиса и технического обслуживания транспортных и технологических машин Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет 85 печатных работ по исследованию двигателей внутреннего сгорания, автомобилей и ходовой части гусеничных тракторов.



ГУСЕНИЦА С УВЕЛИЧЕННЫМ СЦЕПЛЕНИЕМ

Рассмотрено применение специальной гусеницы, имеющей дополнительные грунтозацепы увеличенной высоты, которые позволяют повысить сцепные качества трактора.

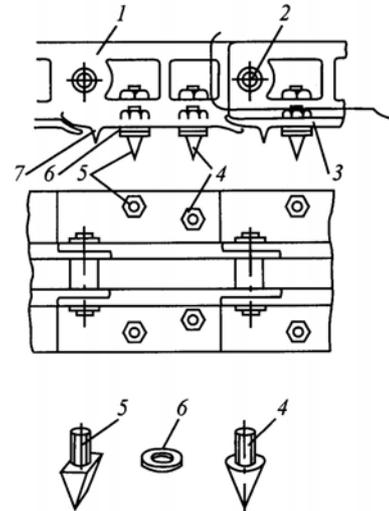
Ключевые слова: гусеница, шипы, грунтозацепы, сцепление.

Производительность машинно-тракторных агрегатов может быть повышена за счет энергонасыщенности тракторов. Мощность двигателя используется полнее при улучшении сцепления с почвой. Чаще всего это достигается увеличением массы трактора или высоты грунтозацепов. С повышением массы трактора растет удельное давление на почву и ее уплотнение, что снижает урожайность зерновых и других сельскохозяйственных культур. Высота зацепов не должна превышать 50 ... 60 мм. При высоких зацепах сильно возрастают потери на перекачивание трактора и падает КПД его движителя. Если грунт мерзлый, зацепы погружаются в него не полностью и сцепление ухудшается.

В горнорудной промышленности наиболее экономичной считается добыча полезных ископаемых открытым способом, глубина котлована достигает 500 м и более. Но чем глубже карьер, тем длиннее серпантин дороги для вывоза руды. Его можно сделать короче, увеличив угол подъема дороги, однако некоторые машины не могут преодолевать крутой подъем из-за недостаточного сцепления с почвой. Нужны такие гусеницы зацепов, которые впивались бы даже в каменистый грунт или лед и обеспечивали сцепление с дорогой. В УГЛТУ предложена такая гусеница [5], ее схема показана на рис. 1.

В башмаках гусеницы сверлят отверстия, в которые устанавливают специальные шипы. Они сделаны конусообразными с широким основанием, чтобы увеличить прочность и повысить надежность крепления в башмаках. Шипы могут иметь разную форму и быть установлены на другие типы гусениц. Они выступают ниже грунтозацепов, поэтому при движении трактора первыми врезаются в грунт. Так как площадь контакта шипов значительно меньше, чем у зацепов гусеницы, то они, естественно, врезаются и в более твердый грунт. Положение шипов по высоте регулируется шайбами.

Рис. 1. Общий вид гусениц: 1 – звено; 2 – соединительные пальцы; 3 – башмаки; 4 – шипы конусные; 5 – шипы долотообразные; 6 – регулировочные прокладки; 7 – грунтозацепы башмаков



Такие гусеницы можно применять для гусеничных машин, в том числе лесохозяйственных тракторов, работающих на замерзшей почве, при низких температурах и в гористой местности. Они эффективны на обледенелых дорогах, имеющих крутые подъемы и спуски, обеспечивая повышенное сцепление с почвой. В обычных условиях шипы нужно снимать.

Для изучения влияния шипов на сцепление проведены опыты по исследованию тягово-сцепных качеств гусеницы с имитатором звена с игольчатыми зацепами [6]. Они представляли собой стержни диаметром 16 мм и длиной до 100 мм, установленные в башмаки гусеницы с закрытым шарниром. Установлено, что коэффициент сцепления такого имитатора увеличивается в 1,5–2,0 раза. Однако игольчатые зацепы на твердой дороге, особенно при повороте трактора, могут согнуться. Изучено также влияние вертикальных прорезей в зацепе гусеницы на вхождение его в почву и сцепные качества гусеницы. Оказалось, что такие зацепы значительно легче входят в почву, при этом сцепление с грунтом практически не снижается [6]. На основании этих опытов можно утверждать, что предложенная нами гусеница [5] тоже улучшит сцепление с грунтом даже без увеличения массы трактора, но насколько? Для ответа на этот вопрос необходимо сделать расчеты.

Рассмотрим уравнение касательной силы тяги P_k трактора при движении его по горизонтальной дороге [4]:

$$P_k = \mu G + \sigma F,$$

где μ – коэффициент трения стали о почву;

G – эксплуатационная масса трактора;

σ – среднее горизонтальное напряжение почвы, $\sigma = 0,08 \dots 0,10$ МПа;

F – сумма вертикальных проекций упорных поверхностей всех зацепов, находящихся в соприкосновении с почвой.

При установке дополнительных шипов сумма F увеличится на величину F_1 и составит F_2 , т. е.

$$F_2 = F + F_1.$$

Тогда формула P_k примет вид

$$P_k = \mu G + \sigma(F + F_1).$$

Если бы среднее горизонтальное напряжение почвы было одинаковым на всей глубине погружения зацепов и шипов, касательная сила тяги возросла бы незначительно, всего на σF_1 . Однако шипы входят в более глубокие слои почвы, а это обычно глина, у которой σ значительно больше [2]. Поэтому увеличение P_k будет не прямо пропорционально площади F_1 , а намного выше.

И.А. Забавников [3] утверждает, что «на очень твердых каменистых грунтах работа шпоры в корне отлична от предыдущих условий движения. Высокие удельные давления на шпорах вызывают местное разрушение грунта и весьма незначительное внедрение их в грунт». Это же наблюдается и при работе тракторов на мерзлых грунтах. Так, при температуре 0°C сопротивление мерзлых глинистых грунтов сжатию ($\sigma_{сж}$) составляет 6 МПа [1], что в 600 раз больше среднего горизонтального напряжения почвы.

Таким образом, даже при погружении в почву только шипов гусеницы, а не ее зацепов касательная сила тяги будет обеспечена за счет высокого допустимого среднего горизонтального напряжения замерзшей почвы, на которую воздействуют шипы. Увеличение касательной силы тяги происходит не за счет упорной площади шипов, а благодаря увеличению среднего горизонтального напряжения почвы или льда.

При проектировании такой гусеницы важно хотя бы приблизительно определить число шипов и их расположение. Эти параметры связаны с типом грунта, его твердостью и многими другими факторами.

Примем следующие условия и допущения.

1. Базовый трактор Т-130 М, ширина гусеницы 500 мм, высота зацепов 60 мм.
 2. Грунт – сухая глина и замерзшая почва.
 3. Высота шипов, выступающих над зацепами, $h = 20$ мм, ширина $b = 40$ мм, в каждом башмаке по два шипа. Шипы долотообразные, угол при вершине 30° .
 4. Масса трактора 14 т.
 5. При движении по сухой глине зацепы гусеницы погружаются на 30 мм.
 6. При движении по замерзшей дороге в почву погружаются только шипы.
 7. Коэффициент трения стали о почву $\mu = 0,6$.
- а) Движение по сухой плотной глине.

Подсчитаем касательную силу тяги трактора по формуле

$$P_k = \mu G + \sigma_0 F,$$

где $\mu = 0$, так как по условию плоскость башмака не касается почвы, зацепы высотой 60 мм погружены всего на 30 мм; σ_0 берем в среднем 3,92 МПа [2],

потому что трактор находится не на пашне, а на дороге. Тогда упорная площадь зацепов гусеницы составит $F_3 = 50 \cdot 3 \cdot 24 = 3600 \text{ см}^2$, где 50 – ширина гусеницы; 3 – глубина погружения зацепа в почву; 24 – число зацепов в почве. Значит,

$$P_3 = 3,92 \cdot 3600 = 141,12 \text{ кН.}$$

К этой величине надо добавить силу сцепления 48 шипов (по 2 шт. на башмаке):

$$P_{\text{ш}} = 3,92 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 48 = 15 \text{ кН.}$$

Итого

$$P_{\Gamma} = P_3 + P_{\text{ш}} = 156,12 \text{ кН.}$$

В этих формулах P_3 , $P_{\text{ш}}$, P_{Γ} – силы сцепления с почвой соответственно зацепов, шипов и гусеницы.

б) Движение по замерзшей дороге, когда в почву не могут погрузиться зацепы, а входят только шипы, зацепы гусеницы не скользят по поверхности почвы. Тогда $P_{\text{к}}$ трактора равна упорной силе тяги, создаваемой шипами ($P'_{\text{ш}}$):

$$P'_{\text{ш}} = \sigma_{\text{сж}} F_1,$$

где F_1 – упорная площадь всех погружившихся шипов.

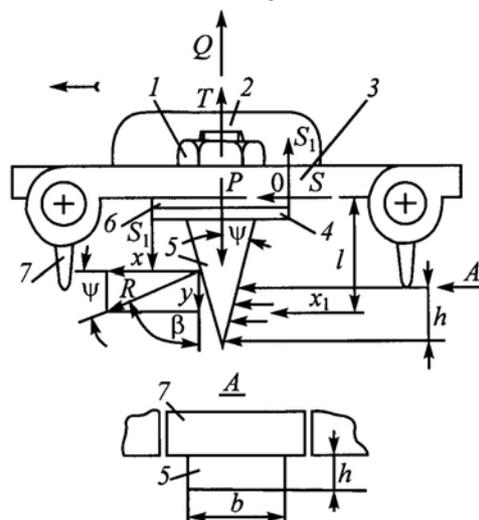
Если $F_1 = 2 \cdot 4 \cdot 48 = 384 \text{ см}^2$, то $P'_{\text{ш}} = 384 \cdot 6 = 230,4 \text{ кН}$.

Таким образом, и при замерзшей дороге шипы будут обеспечивать сцепление гусеничной машины с почвой.

Прочностные расчеты шипа производят по обычным законам и формулам сопротивления материалов и механики; расстановка сил, размеры шипа и его углы даны в тексте и на рис. 2.

Применение шипов проверено для других машин, везде они увеличивают сцепление с почвой, льдом, укатанной снежной дорогой.

Рис. 2. Схема сил, действующих на шип: 1 – гайка; 2 – ребро звена; 3 – звено; 4 – основание шипа; 5 – шип; 6 – регулировочные прокладки; 7 – грунтзацеп звена



Остаются опасения, что будет возрастать мощность на передвижение гусеничной машины. Однако это увеличение пропорционально площади зацепов гусеницы и шипов. Упорная площадь одного зацепа гусеницы равна $50 \cdot 6 = 300 \text{ см}^2$, а площадь шипов всего $2 \cdot 4 \cdot 8 = 64 \text{ см}^2$, т. е. примерно 21 %. Это относится к рыхлой почве, когда погружаются все зацепы гусеницы; в мерзлой почве процент еще меньше.

В июле 2006 г. в опытном учебном хозяйстве «Уралец» Уральской государственной сельскохозяйственной академии проведены испытания влияния шипов на коэффициент сцепления с почвой. Для этой цели изготовлено устройство в виде двух деревянных продольных балок сечением $5 \times 10 \text{ см}$, длиной 100 см, в каждой из которых просверливали по два отверстия диаметром 16 мм для крепления звеньев гусеницы. В звеньях прожигали сваркой по два отверстия диаметром 16 мм. Затем балки и звенья соединяли с помощью болтов, имеющих на концах приваренные пластинки в виде шипов. На полученную таким образом платформу, обращенную шипами к пашне, ставили 3 мешка с землей для создания нагрузки, всего вместе с платформой 220 кг. Испытывали устройство-платформу с тремя видами шипов (размером 5×5 , $6 \times 6 \text{ см}$ и конические диаметром 16 мм) и просто с зацепами звеньев, следовавших один за другим. Почва – чернозем, вспаханная и забороненная. Тяговое средство – трактор МТЗ-80, измерительное – динамометр с пределами измерения 0 ... 500 кг, скорость движения 1 ... 6 км/ч.

Результаты испытания показали, что при скорости 6 км/ч коэффициент сцепления платформы с обычными звеньями составил 0,6 ... 0,7; с шипами $6 \times 6 \text{ см}$ – 1,2 ... 1,3; $5 \times 5 \text{ см}$ – примерно 1,2; с коническими шипами коэффициент возрос несущественно, в пределах погрешности измерения.

Выводы

Применение шипов в гусеницах обосновано и эффективно в особых условиях: гололед, замерзшая почва, укатанная снежная дорога, каменистый грунт. В обычных условиях при хорошем сцеплении их нужно снимать.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабков, В.Ф. Основы грунтоведения и механики грунтов [Текст] / В.Ф. Бабков, А.В. Гербурт, А.В. Гейбович. – М.: Высш. шк., 1964. – 366 с.
2. Велев, Н.И. Теория [Текст] / Н.И. Велев [и др.]; под ред. В.В. Гуськова. – М.: Машиностроение, 1988. – 376 с.
3. Забавников, И.А. Основы теории транспортных гусеничных машин [Текст] / И.А. Забавников. – М.: Машиностроение, 1961. – 396 с.
4. Львов, Е.Д. Теория трактора [Текст] / Е.Д. Львов. – М.: Машгизиздат, 1960. – 252 с.
5. Пат. 47841 Российская Федерация, МПК⁷ В 62 D 55/20. Гусеница [Текст] / Боровских А.М., Кучумов Е.Г.; заявл. 30.03.05; опубл. 10.09.05, Бюл. № 25.
6. Янсон, Л.А. Исследование тягово-сцепных свойств имитатора звена гусеницы с игольчатыми грунтозацепами [Текст] / Л.А. Янсон, А.П. Пильченков // Ре-

зервы повышения эксплуатационных качеств сельскохозяйственных тракторов. – Челябинск, 1986. – 114 с.

Уральский государственный
лесотехнический университет

Поступила 21.08.06

A.M. Borovskikh

Track with Increased Adhesion

The use of special track possessing additional lugs of increased height allowing to increase adhesion qualities of a tractor is considered.

УДК 531(007)

Д.Л. Нерадовский

Нерадовский Денис Леонидович родился в 1979 г., окончил в 2002 г. Архангельский государственный технический университет, ассистент кафедры эксплуатации автомобилей и машин лесного комплекса АГТУ. Имеет 2 печатные работы в области строительства и реконструкции зданий.



ОБЗОР ЗАРУБЕЖНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ДЛИНЫ СВАЙ

Изложены основные направления зарубежных научных исследований по определению длины свай и дефектов в строительных конструкциях. Предложены иные сферы применения метода неразрушающего контроля.

Ключевые слова: свая, методика, ударная волна, резонанс, амплитуда, колебания, акселерометр, фильтр.

Информация о длине свай необходима при определении несущей способности мостов, зданий и сооружений. Рассматриваемый неразрушающий метод основан на продольном распространении ударных волн. Для его оценки были отобраны сваи в различных сооружениях [1]. Их длину находили с помощью волн напряжений. Точность определения длин деревянных свай в интервале от 20 до 60 футов составила 15 %, что делает данный метод пригодным для использования на практике.

Еще в 1994 г. А. Дж. Девис [3] рассмотрел применение звукового эха и ударного метода. Метод звукового эха основан на возбуждении волн ударником и измерении времени, необходимого для их возврата к месту, где установлен акселерометр. А. Девис обратил внимание на ряд проблем, возникающих при использовании данного метода: рассеивание и многократное отражение эха, чувствительность к месту и способу размещения акселерометра, возможность сообщения удара по вершине сваи (обычно к ней нет доступа).

В 1993 г. Р.А. Дуглас и Дж. Д. Хольт [4] проанализировали распространение волн в сваях для определения их длины. Спектр волны достаточно широк, поэтому на разных частотах коэффициент затухания весьма сильно различается, к тому же на затухание влияет внутренняя геометрия. Данным методом была определена длина 26 свай с точностью $\pm 10\%$.

Суть метода, предложенного Р.В. Энтони и Э.К. Пенди [1], заключается в том, что определение длины деревянных свай основано на продольном распространении ударных волн. Волна, возбуждаемая ударом молотка, проходит вдоль сваи и многократно отражается от всех граничных поверхностей до полного затухания. Скорость распространения зависит от плотности материала сваи, его качества и инородных включений.



Длина сваи может быть определена по времени, необходимому для перемещения волны от места удара до конца сваи и обратно. Время отражения связано с ее резонансной частотой. Измерив время распространения ударной волны и отражения (или резонансную частоту), можно определить ее длину. Описанный метод приведен на рис. 1. При его использовании необходимы: средство для возбуждения колебаний (ударник), акселерометр для фиксирования прохождения волн, устройство для сбора и анализа данных. Важно, чтобы направление распространения ударной волны максимально совпадало с продольной осью сваи.

Удар по вершине сваи наиболее предпочтителен для индуцирования распространения ударной волны. Тем не менее доступ к вершине обычно затруднен или невозможен. Эту проблему решают, забивая около вершины сваи стальной стрежень под углом 45° (если свая деревянная), что позволяет возбудить колебания без интерференции от балок и других элементов конструкции моста, находящихся рядом с вершиной сваи.

Ударная волна проходит по свае и отражается от ее нижнего конца. Анализируя данные, полученные от двух датчиков, расположенных на фиксированном расстоянии друг от друга, можно определить скорость ее распространения. Длину сваи вычисляют по скорости волны и времени отражения (прохождения вдоль сваи от места удара и возврата). Величина, обратная времени отражения, – резонансная частота сваи, которая связана с длиной сваи и скоростью волны.

При апробации описанного метода была определена длина 33 свай различных мостов, расположенных в четырех штатах США. В таблице представлен список свай (штат, возраст, состояние). Их длину определяли методом распространения ударных волн, а затем сравнивали с данными проектной документации.

Нахождение тестируемого объекта	Число свай	Возраст свай, лет	Состояние свай
Колорадо	13	46...59	Хорошее
Луизиана	9	0 или неизвестен	Признаны новыми
Теннеси	7	0	Новые
Миннесота	4	Неизвестен	Хорошее

Преимущества применения как резонансной частоты, так и времени отражения заключаются в большей точности измерений. Для некоторых свай использование резонансной частоты затруднено ввиду сложности расшифровки полученных данных. Для примера на рис. 2 приведена частотная характеристика, имеющая лишь один пик. По нему сложно определить резонансную частоту, так как для ее вычисления используют расстояние между пиками частот. В подобных случаях же-

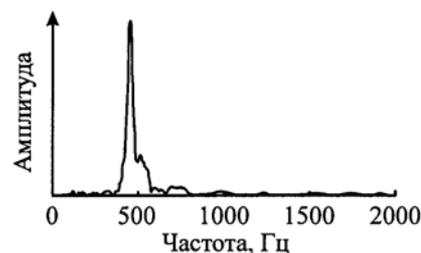


Рис. 2

лательно фиксировать время отражения, что в основном обеспечивает более точное определение длины сваи.

Для той же сваи на рис. 3 представлена зависимость колебаний от времени до (а) после (б) применения фильтра. Из рис. 3, б видно, что, замерив время между двумя маркированными точками, можно определить время отражения. По его значению получена длина сваи, равная 30 футам. Согласно проектной документации реальная длина составляет 31 фут.

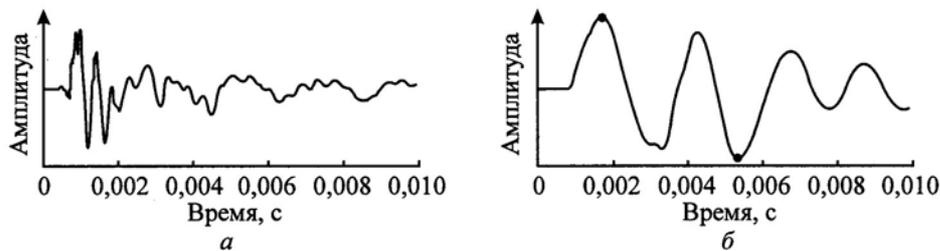


Рис. 3

Рис. 4 иллюстрирует взаимосвязь между определенной и реальной длинами свай, приведенных в таблице. Закрашенные кружки обозначают сваи из штатов Теннесси и Миннесоты. Их длину находили резонансным методом и методом времени отражения. Как видно из рисунка, точность определения находится в пределах $\pm 15\%$ и ограничена двумя асимптотами.



Как считает Н.Дж. Карино [2], данный метод наиболее удобен при обнаружении внутренних дефектов в бетоне. Ударом генерируется волна достаточной энергии для проникновения внутрь структуры. Первый удачный опыт был осуществлен при оценке отдыха свай и кессонов [5]. Позже этот способ стал известен как метод звукового эха. Достаточно большая длина свай позволяла сравнительно точно определять время между ударом и возвратом эха. Определение времени отклика системы в тонких структурах (перекрытия, плиты) намного сложнее по сравнению с протяженными структурами. Схема ударного эхо-метода конструкции с большой пустотелостью показана на рис. 5.

Рис. 4

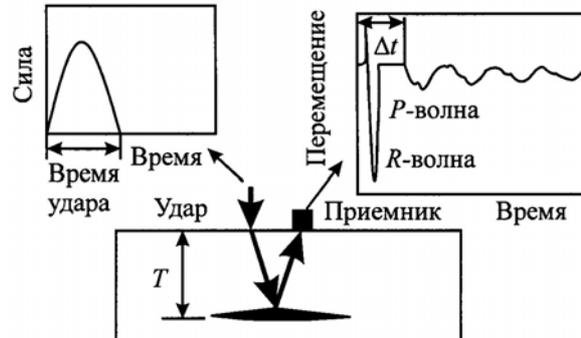


Рис. 5

Удар по поверхности генерирует S - и P - волны, распространяющиеся в глубь объекта, а также поверхностные R -волны, идущие по поверхности от точки удара. R -волна характеризует колебание поверхности тела, P -волна является следствием распространения сжатия от точки удара, S -волна – напряжений сдвига от R -волны. Когда отраженные волны или эхо возвращаются обратно к поверхности, последняя перемещается, что фиксируется приемником. Если приемник находится достаточно близко к точке удара, то доминирует эхо P -волны. На рис. 5 справа показана зависимость перемещения поверхности тела после удара. Первый минимум вызван R -волной, потом наблюдаем серию повторяющихся перемещений вследствие многократного отражения P -волны от границы дефекта и поверхности удара.

В ходе развития ударный эхо-метод обнаружения скрытых дефектов измерением времени от момента удара до возврата P -волны постепенно исчерпал себя. Появился новый способ анализа данных – частотный анализ. Его принцип показан на рис 6. P -волна, генерируемая ударом, многократно

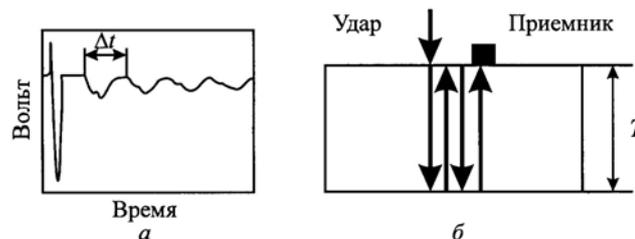


Рис. 6

отражается между проверяемой и отражающей поверхностями. Каждый раз в момент прихода P -волны контролируемая поверхность совершает некоторое перемещение. Таким образом, колебания происходят с некоторой периодичностью, зависящей от пути распространения P -волны.

Если приемник размещен около точки удара, полный путь волны равен $2T$, где T – расстояние между проверяемой и отражающей поверхностями. Как видно на рис. 6, а, временной промежуток (Δt), необходимый для возврата отраженной P -волны, – это полный путь волны, разделенный на ее

скорость (C_{pp}). Частота f прихода P -волн – величина, обратная времени прохождения волны (рис. 6, б), приблизительно ее определяют по формуле

$$f = \frac{C_{pp}}{2T}. \quad (1)$$

Выражение (1) – основное соотношение для анализа при проведении ударного эхо-теста.

Амплитудный спектр – раздел частотного анализа, задача которого заключается в определении доминантных частот в полученных кривых колебаний. Для конвертирования зависимостей амплитуды колебаний от времени в зависимости доминантных амплитуд от частоты наиболее распространено быстрое преобразование Фурье. После преобразования в амплитудный спектр можно найти частотные амплитуды, содержащиеся в графиках колебаний. Для объектов, имеющих форму пластин, частота толщины объекта обычно имеет доминантный пик. Его частоту определяют по выражению, полученному преобразованием (1):

$$T = \frac{C_{pp}}{2f}. \quad (2)$$

Применение частотного анализа в ударном эхо-тесте показано на рис. 7. Здесь *а* – амплитудный спектр сплошной железобетонной плиты толщиной 0,5 м. Можно заметить, что амплитудный пик наблюдается на частоте 3,42 кГц, что характеризуется многократным отражением P -волны от верхней и нижней поверхностей объекта. Используя выражения (1) и (2), определим величину C_{pp} , равную 3420 м/с. На рис. б показан амплитудный

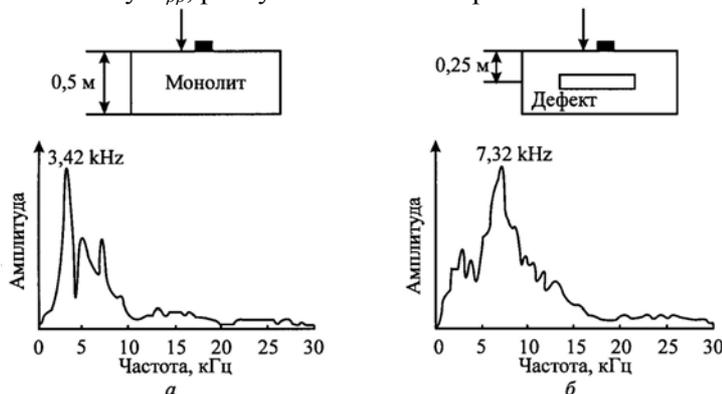


Рис. 7

спектр такой же железобетонной плиты, содержащей дефект (полость). Пик имеет место на частоте 7,32 кГц. Он определяет отражение волны от верхней поверхности и поверхности пустоты. Применяя формулу (2), вычислим глубину расположения дефекта $3420/(2 \cdot 7320) = 0,23$ м, что соответствует 0,25 м с необходимой точностью.

Ксипинг Ванг и Р.Дж. Росс [6] предложили использовать ударный волновой метод для определения качества древесины еще не срубленных деревьев. Всего замерам подвергнуто 168 деревьев. После полевых измере-

ний из стволов деревьев были вырезаны участки длиной 0,61 м и отправлены в лабораторию для дальнейших измерений. Образцы подвергли испытанию ударным волновым методом в целях определения прочностных характеристик древесины. Результаты исследования говорят о том, что применение ударного волнового метода в полевых условиях обеспечивает достаточную точность и дает возможность оценить качество древесины, не срубая деревьев. Регрессивный анализ показал хорошую корреляцию между свойствами древесины несрубленных деревьев, полученными ударным волновым методом, и свойствами древесины вырезанных образцов. Достоверность полученной модели регрессии составляет 99,9. Проведенные исследования показали возможность применения ударного волнового метода для определения свойств древесины в полевых условиях, что позволит контролировать ее качество и прогнозировать желаемые свойства биомассы, т. е. спланировать лесное хозяйство.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Anthony, R.W.* Determining the Length of Timber Piles in Transportation Structures [Text] / R.W. Anthony, A.K. Pandey. – Engineering Data Management, Inc, 1997.
2. *Carino, N.J.* The Impact-Echo Method: An Overview [Text] / N.J. Carino. – Building and Fire Research Laboratory. National Institute of Standards and Technology Gaithersburg, MD 20899-8611 USA, 2001.
3. *Davis, A.G.* Nondestructive Testing of Wood Piles [Text] / A.G. Davis // Proceeding, Second International Conference on Wood Poles and Piles; 1994, March 21-23; Fort Collins, CO.
4. *Douglas, R.A.* Determining Length of Installed Timber Pilings by Dispersive Wave Propagation Methods [Text] / R.A. Douglas, J.D. Holt // Report for the Center for Transportation Engineering Studies. – North Carolina State University, Raleigh, NC, 1993.
5. *Steinbach, J.* Caisson Evaluation by Stress Wave Propagation Method [Text] / J. Steinbach, E. Vey // J. of the Geotechnical Engineering Division, ASCE. – 1975. – Vol. 101, GT4, April. – P. 361–378.
6. *Xiping, Wang.* Nondestructive Evaluation of Standing Trees with a Stress Wave Method [Text] / Xiping Wang, R.J. Ross // J. Wood and Fiber Science. – 2001. – 33(4). – P. 522–533.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 10.04.06

D.L. Neradovsky

Papers Review on Piles Length Determination

The main directions of the foreign scientific research on pile length determination and defects in building structures are provided. Other application areas for nondestructive control method are offered.



МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.093

В.Ф. Дунаев

Дунаев Владимир Федорович родился в 1938 г., окончил в 1970 г. Северо-Западный заочный политехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации технологических процессов и производств Архангельского государственного технического университета. Имеет более 50 печатных работ в области автоматизации процессов лесопиления.



ЛЕСОПИЛЕНИЕ: ОТ ГЕОМЕТРИИ К ФИЗИКЕ, МЕХАНИКЕ И ТЕХНОЛОГИИ

Предложены способ индивидуальной распиловки бревен с учетом неравномерного распределения влаги в бревнах по радиусу и длине и неразрушающий способ оценки прочности, деформативности и долговечности пиломатериалов.

Ключевые слова: способы распиловки; способы базирования по оси бревна, по образующей, по касательной к линии раздела заболонь – ядро; распределение влажности по радиусу; индивидуальный раскрой; механические свойства древесины, прочность, долговечность, ползучесть, неразрушающий способ, уравнение связи силы реакции пиломатериалов с деформацией при поперечном изгибе.

В первых теоретических исследованиях рационального использования пиловочного сырья на пиломатериалы [1] рассмотрены варианты распиловки бревен развальным и брусово-развальным способами (рис. 1). При этом ось бревна совмещали с осью постола и получали доски с перерезанием волокон.

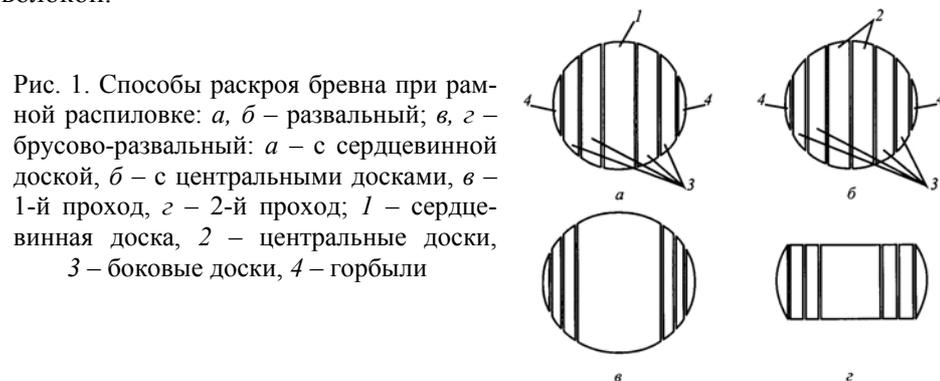
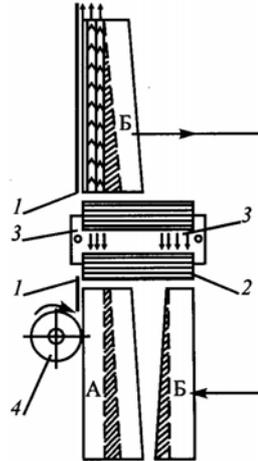


Рис. 1. Способы раскроя бревна при рамной распиловке: *a, б* – развальный; *в, г* – брусово-развальный: *a* – с сердцевинной доской, *б* – с центральными досками, *в* – 1-й проход, *г* – 2-й проход; *1* – сердцевинная доска, *2* – центральные доски, *3* – боковые доски, *4* – горбыли

Рис. 2. Способ распиловки бруса двумя полупаставами на одной раме [10]: 1 – базирующая линейка; 2 – вальцы лесопильной рамы; 3 – полупаставы; 4 – фрезерный узел; А – левая часть бруса, распиливаемая за 1-й проход; Б – правая часть бруса, распиливаемая за 2-й проход



В более поздних работах [2, 10, 12] рассматривали варианты базирования бревна и бруса как по одной, так и по двум образующим. Причем для распиловки предлагалось использовать ленточнопильное или рамное оборудование с фрезерным узлом (рис. 2), а для необрезных досок с гнилью – обрезной станок с базированием досок по двум образующим (рис. 3). Критерием эффективности схемы раскроя оставался объемный выход – доля объема пиломатериалов от общего объема бревен, из которых получены данные пиломатериалы.

При раскрое бревна учитывались только его длина, толщина в вершинном торце, сбег и кривизна. Особенности строения древесины, физические и механические свойства в расчет не принимали, поэтому было решено провести исследования особенностей раскроя с учетом древесиноведческих эффектов.

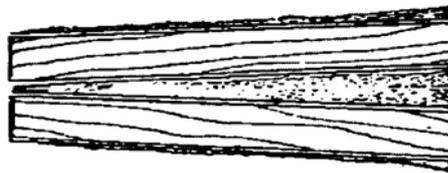


Рис. 3. Способ раскроя полуфабрикатов с гнилью параллельно образующей [4]

В древесиноведении при изучении макроструктуры древесины выделяют заболонь и ядро. При этом отмечают [3, 9], что в растущем дереве заболонь – живая, периферическая зона древесины, ядро – мертвая, центральная зона, не участвующая в физиологических процессах. Заболонь служит для проведения влаги вверх по стволу (из корней в крону) и для отложения питательных веществ. Ядро образуется при отмирании живых элементов древесины, что связано с жизнедеятельностью кроны. Исследованы вопросы распределения влаги в ядре и заболони в течение года (рис. 4 [9]) у древесины березы, ели и сосны. О неравномерности распределения влаги по радиусу в каждой зоне не сообщается. Также не сообщается о роли сердцевины и окружающей ее зоны для роста дерева. Отмечены [8] лишь пониженные физико-механические свойства ядра и возможность образования



Рис. 4. Изменение влажности заболонной (1) и ядровой (2) древесины ели в течение года [9]

трещин от усушки на неперерезанных годовичных кольцах в сердцевых пиломатериалах.

Для установления закономерностей в распределении влаги в стволе по радиусу было решено провести экспериментальные исследования в различных сечениях хлыста. Образцы отпиливали от комлевой части каждого бревна при раскряжке хлыстов. Места вырезки образцов (0 – 4...) из хлыста длиной ≈ 21 м показана на рис. 5, а (n – номер хлыста).

Все образцы обмеряли от сердцевины по восьми радиусам (рис. 5, б). При этом определяли размер и возраст ядровой зоны, размер и возраст заболони, размер и возраст сечения ствола. Такая схема обмера позволяет восстановить «биографию» ствола.

После разметки по направлениям и радиусам выкалывали образцы по годовым кольцам, взвешивали их и сушили. Результаты сушки позволили оценить распределение влаги по радиусу (рис. 6) и пересмотреть роль сердцевины в жизни дерева, предположить причину растрескивания при сушке древесины, а также предложить способ его устранения.

Экспериментально установлена неравномерность распределения влаги по радиусу в ядровой зоне: влажность сердцевины составляет 45 ... 80 %, средней зоны ядра – 20 ... 35 %, на границе с заболонью – 60 ... 70 %; влажность заболонной зоны – 70 ... 155 %.

Усушка неокоренного бревна начинается с торцов в средней зоне, окруженной изнутри и снаружи более влажными зонами, препятствующими радиальному усыханию. В результате наружные слои ядра беспрепятственно усыхают только по периметру. При этом в них возникают многочисленные радиальные трещины, не выходящие за пределы зоны. К началу усушки сердцевинной и заболонной зон уже средняя зона препятствует их радиальной усушке; усушка по периметру происходит свободно, трещины из средней зоны распространяются во все остальные.

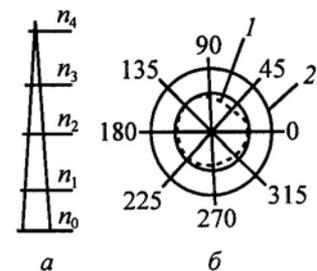


Рис. 5. Схемы вырезки образцов: а – при раскряжке хлыста, б – при обмере сечения

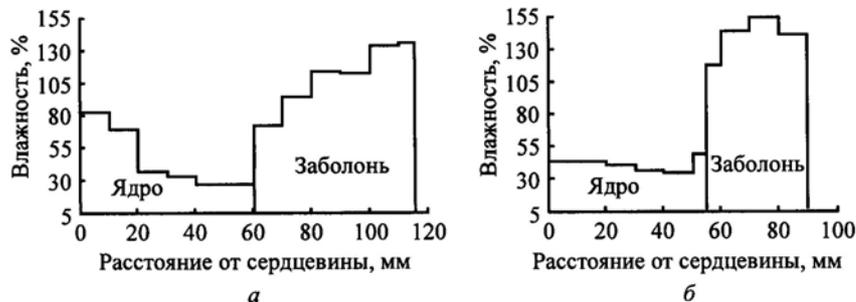


Рис. 6. Распределение влаги по радиусу в комлевом бревне хлыста:
а – комлевое сечение; *б* – вершинное сечение

Окорка бревен перед распиловкой приводит к быстрому высыханию наружных заболонных слоев и началу их растрескивания. Повреждения древесины при этом тем больше, чем позднее будет распиловка окоренного бревна. Следовательно, чтобы сохранить прочностные свойства окоренной древесины, распиловка должна начинаться вслед за окоркой, минуя стадию накопления распиловочной партии, как это происходит при сортировке бревен по диаметрам. Это возможно только при индивидуальном раскоре бревен. Операции окорки и распиловки должны быть максимально приближены друг к другу.

Для дополнительной проверки выдвинутой схемы образования трещин у отдельных образцов с помощью лобзика выпиливали заболонь в виде кольца и обе части (ядро и заболонь) сушили отдельно. В результате заболонные кольца высыхали без трещин, а ядровая часть растрескивалась до сердцевины. Радиальная усушка обеих частей оказалась одинаковой.

При исследовании строения древесины и распределения влаги, было обнаружено, что в продольном сечении бревна существует несколько зон, характеризующих процесс роста древесины сосны (рис. 7).

Граница, отделяющей ядровую зону от заболонной, очень четкая и проходит, большей частью, по древесине одного возраста. Встречаются случаи перехода границы в область более молодой древесины, которые свиде-



Рис. 7. Продольный разрез комлевого бревна:
 1 – заболонь; 2 – граница «заболонь–ядро»; 3 – ядро;
 4 – зона непрерывного роста сердцевинной древесины; 5 – зона роста ствола до 4 м

тельствуют о более позднем переходе части древесины в разряд спелой, ядровой.

На основании этих фактами была предложена следующая гидротехническая модель ствола растущего дерева. Ствол представляет собой многоканальную (многокапиллярную) разветвленную влагонепроводящую систему, каждый канал которой заканчивается на потребителе – хвое, испаряющей влагу через открытый капилляр, самый тонкий на всем протяжении от корней до вершины. При испарении на поверхности влаги образуется вогнутый мениск и сила тяги, способствующая движению по капилляру. При повреждении ветки прекращается движение влаги по капиллярам ствола, влажность снижается и древесина переходит в разряд спелой. Каждый год на все большей высоте появляются новые ветви, куда подают влагу более тонкие капилляры, которые шунтируют старую влагонепроводящую систему, ускоряя отмирание немногочисленных веток нижних уровней.

В принципе возможно базирование и распиловка бревен по границе «заболонь – ядро» с учетом размеров и спецификаций. В пределах каждой зоны влажность меняется незначительно, следовательно, использование этого эффекта в лесопилении позволит сушить пиломатериалы, полученные из различных зон, по индивидуальным режимам и таким образом повысить производительность сушильных камер.

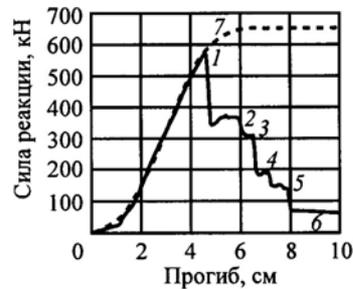
В начале 60-х годов существовала гипотеза о связи прочности древесины с ее модулем упругости. Эксперименты показали, что коэффициент корреляции между этими величинами изменяется от 0,8 до 0,5 в зависимости от места выпилки доски из бревна и от внутренних напряжений в доске. В работе [7] была доказана зависимость прочности от продолжительности приложения нагрузки, но эта гипотеза не закрепилась на практике. В целом же проблема неразрушающих испытаний сохраняется до сих пор.

В работе [5] использована цифровая регистрация результатов деформирования и нагружения, что позволило выявить закономерности развития силы реакции материала при деформировании, а также разрушения как при длительном нагружении постоянной нагрузкой, так и при длительном деформировании.

Образцы готовили из пиломатериалов, выпиленных при базировании бревна по оси постава и имевших продольный наклон волокон. При поперечном изгибе в растянутой зоне образца в перерезанных волокнах возникали (как в изогнутой консоли) силы, растягивающие волокна в радиальном направлении, что приводило к отщеплению и снижению силы реакции. Отщепы могут происходить многократно, до полного отщепления всех перерезанных слоев. В этом случае отщеп следует рассматривать как консоль, к которой приложена равномерно распределенная сила, растягивающая консоль поперек волокон. А в этом направлении древесина обладает наименьшей прочностью.

Теоретически это означает, что такую древесину следует рассматривать как неоднородное многокомпонентное анизотропное тело, каждый компонент которого имеет свою предельную деформацию и силу реакции

Рис. 8. Полная диаграмма силы реакции образца с перерезанием годовых слоев при поперечном изгибе: с 1 по 6 – моменты с первого по шестое разрушение; 7 – аппроксимирующая кривая



(рис. 8), причем сумма сил реакции всех компонентов меньше силы реакции материала без перерезания волокон.

Практически это означает, что для получения пиломатериалов с высокими прочностными показателями целесообразно распиловку бревен и брусев выполнять параллельно боковым образующим, а еще лучше – параллельно границе «заболонь – ядро». В этих случаях перерезание волокон будет минимальным, пиломатериал будет реагировать на приложенную нагрузку как однородный, а прочность и деформативность будут выше.

На кафедре АТПиП разработан алгоритм индивидуального раскроя бревен на однопильном ленточнопильном станке с базированием вершинного и комлевого торцов по касательным к границам «заболонь – ядро» (рис. 9). С помощью двух видеокамер изображения передают на монитор оператору (одно изображение приходится предъявлять оператору отраженным слева направо, как бы просвечивая все бревно насквозь), куда одновременно проецируются линии положения пилы 1 на каждом кадре. Оператор вводит на экраны касательные к границам «заболонь – ядро» 2, после чего

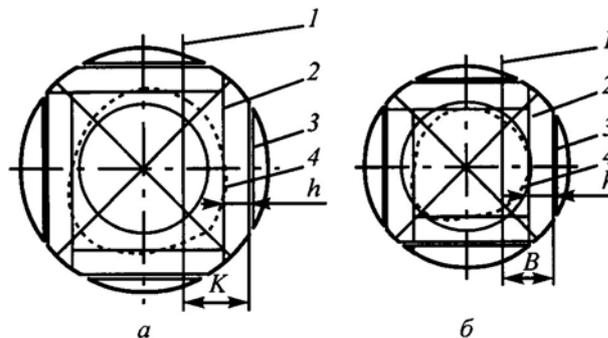
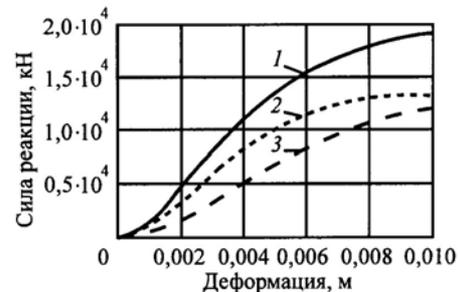


Рис. 9. Схема обработки изображений торцов: а – комлевой торец; б – вершинный торец (h – толщина подгорбыльной доски); 1 – линия положения ленточной пилы; 2 – касательная к границе «заболонь–ядро»; 3 – линия пропила; 4 – граница «заболонь–ядро»; B – смещение вершинного торца при базировании; K – смещение комлевого торца при базировании (окружности и тонкие линии на рисунке – результат использования графического редактора для построения изображения торцов)

Рис. 10. Диаграммы силы реакции при поперечном изгибе трех образцов с различным резервом деформации ($X_{01} = 1,5X_{02}$; $X_{02} = X_{03}$), предварительной деформацией ($X_{p1} = 0,002$ м; $X_{p2} = 0,003$ м; $X_{p3} = 0,007$ м) и различной скоростью деформирования ($v_1 = v_2 = v$; $v_3 = 0,2 v$; $v = 1 \cdot 10^{-4}$ м·с⁻¹)



система управления намечает линию пропила 3 и смещает торцы на расстояния *B* и *K* соответственно. Схема раскроя – круговая в развал, распиловка бруса может выполняться полупоставами на лесопильной раме [10]. Задача о неразрушающем способе оценки механических свойств древесины при поперечном изгибе решена в работах [5, 6].

Приведенные на рис. 10 диаграммы силы реакции при поперечном изгибе пиломатериалов отражают внутреннее строение древесины, которое обуславливает максимальную силу реакции, и предысторию – деформацию, испытанную материалом, а также влияние скорости деформирования во время испытаний.

Экспериментальные данные, по которым построена диаграмма (рис. 11), использованы для вычисления коэффициентов предложенного уравнения регрессии:

$$Y = Pe^{\frac{(-t)}{T_0}} \left[1 - e^{\frac{(-X)}{X_0}} \right] \left[1 - e^{\frac{(-X)}{X_p}} \right], \quad (1)$$

где Y – сила реакции образца, Н;

P – максимальная сила реакции материала до опыта, Н;

X – деформация, м;

t – продолжительность деформирования, с

T_0 – постоянная разрушения, с;

X_0 – деформация, соответствующая максимальной силе реакции, м;

X_p – максимальная деформация, ранее испытанная древесиной, м.

Пунктирная диаграмма на рис. 11 построена по результатам расчета. Максимальное расхождение между расчетным и экспериментальным значением не превысило 1 % (рис. 11, б). Существующие корреляционные способы не обладают такой точностью прогноза [11].

На основании результатов вычисления коэффициентов уравнения (1) также имеется возможность рассчитать долговечность пиломатериала (продолжительность пребывания образца под фиксированной нагрузкой):

$$\tau = T_0 \ln \left(\frac{P}{Y_p} \right), \quad (2)$$

где Y_p – нагрузка, для которой рассчитывают долговечность, кН.

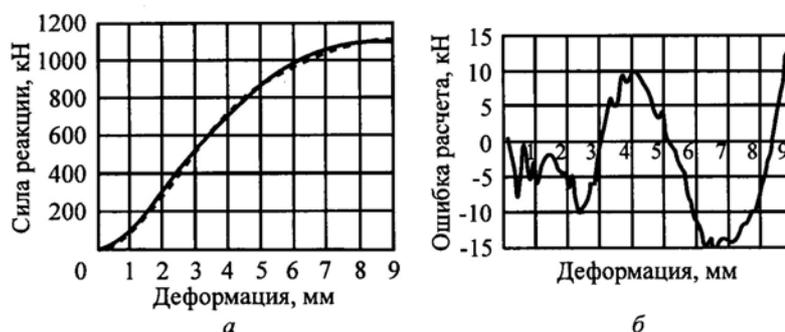


Рис. 11. Диаграммы деформирования образца без перерезания волокон (поперечный изгиб; ель; $38 \times 75 \times 700$ мм; скорость деформирования – $1 \cdot 10^{-4}$ м · с⁻¹): а – экспериментальная (сплошная линия) и расчетная (пунктирная линия); б – ошибка расчета

Программа для вычислений коэффициентов уравнения (1) разработана на кафедрах АТПиП и теоретической механики АГТУ. По коэффициентам P , X_0 , T_0 и X_p позволяют сортировать пиломатериалы по новой совокупности потребительских требований, гарантировать жесткость и долговечность деревянных конструкций.

На практике при расчетах конструкций на прочность принимают усредненные показатели прочности материала и вводят коэффициент запаса прочности, который учитывает вариацию прочностных свойств. Естественно, что за недостаток информации о фактических свойствах конкретного образца приходится платить перерасходом материала в конструкции. Применяя неразрушающий метод оценки механических свойств, можно сортировать конструкционные материалы по группам прочности, коэффициентам упругости и долговечности.

При испытании на статический изгиб 80 образцов из древесины ели размерами $38 \times 75 \times 750$ мм³ (толщина – ширина – длина) получено распределение по группам прочности (см. таблицу).

Нормативный предел прочности $[\sigma]$, МПа	Количество, шт	Встречаемость %	Доля образцов М, %
30	7	8,75	100,0
38	10	12,50	91,25
48	31	38,75	78,75
60	19	23,75	40,00
75	9	11,25	16,25
95	4	5,00	5,00
Всего	80	100,0	–

Предел прочности рассчитывали по формуле

$$[\sigma] = Y_{\text{пред}} \cdot l / (b h^2),$$

где $Y_{\text{пред}}$ – предельная сила реакции, кН;

l – длина пролета, м;

b – ширина, м;

h – толщина, м;

M – доля образцов, прочность которых превышает прочность предыдущей группы.

Высокая точность расчета коэффициентов создает предпосылки для повышения эффективности производства и применения пиломатериалов.

Первая возможность повышения эффективности производства создается при сортировке пиломатериалов по прочности на базе уравнения (1) и выборе группы прочности согласно требуемому нормативному пределу прочности. Для замены пиломатериалов одной группы прочности на пиломатериалы другой группы при одной и той же предельной нагрузке $Y_{\text{пред}}$, длине и ширине необходимо обеспечить соблюдение пропорции:

$$[\sigma_1] h_1^2 = [\sigma_2] h_2^2,$$

откуда

$$h_2 = h_1([\sigma_1] / [\sigma_2])^{0,5}.$$

Например, вместо пиломатериалов с пределом прочности $[\sigma_1] = 30$ МПа и толщиной 44 мм можно использовать пиломатериалы толщиной 38 мм и пределом прочности $[\sigma_2] \geq 48$ МПа. При этом для замены пригодно 78,75 % пиломатериалов, что дает экономию объема:

$$\Theta_1 = 78,75(44/38 - 1) = 12,5 \ %.$$

Пиломатериалы толщиной 38 мм и пределом прочности > 60 МПа могут быть использованы вместо пиломатериалов толщиной 50 мм с пределом прочности 30 МПа. При этом для замены пригодно 40 % исходных пиломатериалов, что обеспечит с учетом первого варианта замены следующую экономию объема:

$$\Theta_2 = (78,75 - 40)(44/38 - 1) + 40(50/38 - 1) = 18,5 \ %.$$

Аналогичные расчеты можно провести и на основании встречаемости пиломатериалов по группам прочности, установленной в работе [11].

Вторая возможность повышения эффективности производства пиломатериалов заключается в корректировании цены на них в соответствии с группой прочности. Воспользуемся соотношением

$$C_i = C_1([\sigma_i] / [\sigma_1])^{1/3},$$

где C_i – цена i -й группы прочности;

1 – номер самой слабой группы прочности;

C_1 – существующая цена пиломатериалов;

$[\sigma_i]$ – нормативный предел прочности i -й группы пиломатериалов.

Третья возможность повышения эффективности производства заключается в бережном отношении к сырью: на всех транспортных и технологических операциях следует избегать ударов и длительных нагрузок и деформаций, приводящих к существенному снижению долговечности и упругости древесины.

Выводы

1. Эффективность лесопильного производства может быть повышена на основе учета неравномерности распределения влаги в стволе по радиусу и высоте.

2. Имеется возможность оценивать качество пиломатериалов по механическим свойствам: упругости, деформативности и прочности (с оценкой долговечности).

3. Прочностные свойства пиломатериалов могут быть повышены за счет сокращения времени доставки пиловочника от лесосеки до места распиловки, незамедлительного индивидуального раскроя бревен после окорки, а также применения нового способа базирования бревен по линии заболонь – ядро, при котором перерезание волокон древесины минимально.

4. Прочностные свойства пиломатериалов могут быть сохранены при бережном отношении к лесосырьевым ресурсам на всех транспортных и технологических операциях: избегать ударов при погрузочно-разгрузочных операциях с круглыми лесоматериалами, длительных нагружений пиломатериалов в многометровых сушильных штабелях, а также не допускать свободного падения пиломатериалов на автоматизированных сортплощадках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксенов, П.П. Теоретические основы раскроя пиловочного сырья [Текст] / П.П. Аксенов. – М.; Л.: Гослесбумиздат, 1960. – 216 с.

2. Алексеев, А.Е. Расчет рациональных поставок на распиловку бревен при их ориентации по образующей [Текст] / А.Е. Алексеев, А.Л. Рогатых, Е.Г. Царев // Лесн. и деревообаб. пром-сть: информ. сб. / ВНИПИЭИлеспром. – 1990. – № 10. – С. 14–15.

3. Боровиков, А.М. Справочник по древесине [Текст] / А.М. Боровиков, Б.Н. Уголев; под ред. Б.Н. Уголева. – М.: Лесн. пром-сть, 1989. – 296 с.

4. Ветшева, В.Ф. Требования к потокам для распиловки хвойных бревен с гнилью [Текст] / В.Ф. Ветшева, И.А. Айзенберг // Вопросы эффективности лесопильного производства: науч. тр. / ЦНИИМОД. – 1989. – С. 91–96.

5. Дунаев, В.Ф. Исследование принципов сортировки пиломатериалов на базе технических средств [Текст]: отчет по теме №1174 / В.Ф. Дунаев. – Арх-ск: ЦНИИМОД, 1985.

6. Дунаева, В.В. Прогнозирование механических свойств пиломатериалов [Текст] / В.В. Дунаева, В.Ф. Дунаев // Лесн. журн. – 1999. – № 2-3. – С. 127–132. – (Изв. высш. учеб. заведений).

7. Журков, С.Н. Временная зависимость прочности твердых тел [Текст] / С.Н. Журков, Б.Н. Нарзуллаев // ЖТФ. – Т. XXIII, вып. 10. – С. 1677–1689.

8. *Леонтьев, Н.Л.* Влияние влажности на физико-механические свойства древесины [Текст] / Н.Л. Леонтьев. – М.; Л.: Гослесбумиздат, 1962.
9. *Перелыгин, Л.М.* Древесиноведение [Текст] / Л.М. Перелыгин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Лесн. пром-сть, 1969. – 320 с.
10. *Сидоров, И.И.* Распиловка двухкантных брусьев параллельно образующей [Текст] / И.И. Сидоров // Лесн. журн. – 1975. – № 3. – С. 76–81. – (Изв. высш. учеб. заведений).
11. *Соболев, Ю.С.* Древесина как конструкционный материал [Текст] / Ю.С. Соболев. – М.: Лесн. пром-сть, 1979. – 248 с.
12. *Турушев, В.Г.* Совершенствование параметров поставок для распиловки бревен параллельно образующей [Текст] / В.Г. Турушев, А.Е. Алексеев, Е.Г. Царев // Технология и оборудование деревообработ. производств: межвуз. сб. науч. тр. / ЛТА. – Л., 1992. – С. 38–44.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 31.05.05

V.F. Dunaev

Sawmilling: from Geometry to Physics, Mechanics and Technology

The way of individual log sawing is offered taking into account the irregular humidity distribution in logs according to radius and length and non-destructive method of strength assessment, deformability and durability of sawn timber.

УДК 539.12.08+699.887.5(022)

А.Р. Бирман, Н.А. Белоногова

Бирман Алексей Романович родился в 1947 г., окончил в 1970 г. Ленинградский военно-механический институт, доктор технических наук, профессор кафедры технологий лесозаготовительных производств С.-Петербургской государственной лесотехнической академии. Имеет более 100 научных работ в области паркетного производства, склеивания и модифицированной древесины, создания древесных нейтронозащитных материалов.



НЕЙТРОНОЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ

Предложено для создания защиты от нейтронных потоков использовать борированную цельную или измельченную древесину, модифицированную уплотнением.

Ключевые слова: уплотненная древесина, ионизирующие излучения, нейтронозащитный материал.

Авария на Чернобыльской АЭС еще раз подняла вопрос о радиационной безопасности и необходимости расширения спектра научных исследований, направленных на создание защиты от ионизирующих излучений. Современные представления о создании новых защит обуславливают поиск новых нейтронозащитных материалов, их сочетаний с уже известными видами защиты, повышение эффективности такого поиска с использованием научных знаний во всех отраслях человеческой деятельности.

Практическая значимость сводится к использованию новых и, по возможности, более дешевых материалов для защиты. Например, доля затрат на обеспечение безопасности современных АЭС составляет почти 50 % от общих капитальных вложений. Стоимость защиты современных ядерно-технических установок может достигать 20 ... 30 % стоимости всего сооружения [2].

Нейтроны, не имеющие электрического заряда, не взаимодействуют с электрическим полем и проходят сквозь вещество (проникающее излучение), не испытывая столкновения с ядрами атомов, на сравнительно большое для элементарных частиц расстояние, измеряемое сантиметрами, что наиболее опасно с точки зрения биологического воздействия на живую ткань.

Наиболее эффективной защитой от нейтронов служат водородосодержащие материалы. Именно атомы водорода – лучшее препятствие глубокого проникновения нейтронов в вещество. На атомах водорода происходит максимальная потеря энергии нейтронов.

Примером этого утверждения о максимальной потере энергии нейтронов при столкновении с ядрами минимальной массы служат данные о числе столкновений нейтронов с ядрами атомов веществ разной плотности, необходимых для снижения энергии нейтронов, например, от 1 МэВ до 0,025 эВ (т. е. при переходе нейтронов из разряда быстрых в разряд тепловых). Исследования показали, что для достижения такого результата при

движении в уране требуется 2100 столкновений, в углероде – 100, в водороде – 25.

В атомной технике в качестве нейтронной защиты используют вещества с большим содержанием водорода (парафин, полиэтилен, гидриды металлов, вода) и, как правило, с примесью бора или боросодержащих материалов [1].

Древесина также является водородосодержащим материалом. Содержание водорода в единице ее объема не меньше, а часто и больше, чем в традиционно используемых защитных материалах. Анализируя литературные источники, можно сделать вывод о том, что древесину и древесные материалы не только не используют, но и не рассматривают, и не исследуют как нейтронозащитные.

До настоящего времени большинство исследований по взаимодействию древесины с ионизирующими излучениями имели задачу оценить изменение свойств древесины под воздействием радиации.

Пределы радиационной устойчивости древесины в деревообрабатывающей промышленности определены при использовании радиоактивных изотопов для гаммаскопии. Изучали действие радиации на связи компонентов лигноуглеводного комплекса. Рассматривали возможность получения продуктов радиолитиза древесины как сырья для переработки химической промышленностью. Проводили исследования в области модификации древесины и изменения ее свойств в нужном направлении за счет действия ионизирующих излучений, т.е. определения влияния излучений (в основном, гамма-излучений) на свойства древесины и радиационно-химических превращений древесины и ее компонентов.

Цель настоящей работы – рассмотрение обратной задачи: не оценка изменений в древесине под действием ионизирующих излучений, а исследование изменений ионизирующих излучений, в частности, нейтронных потоков, при встрече с защитой как из натуральной (цельной или измельченной), так и модифицированной уплотнением и (или) пропиткой древесины.

Анализ результатов исследований, проведенных в СПбГЛТА, показал, что борированная древесина обеспечивает основную функцию защиты – эффективное замедление потоков низкоэнергетических, промежуточных и быстрых нейтронов с энергией $E \leq 5$ МэВ.

При этом физико-механические свойства древесины, высокая технологичность производства из древесных материалов защитных блоков практически любых форм и размеров, дешевизна по отношению к иным защитным материалам (за исключением борированной воды) ставят ее в привилегированное положение.

Для определения энергии, которую нейтрон теряет в результате упругого рассеяния в древесине, применимы классические законы сохранения энергии и импульса [3]. На рисунке изображена схема упругого взаимодействия нейтрона с атомом среды. Энергию, получаемую ядром атома-мишени в результате столкновения с нейтроном, можно выразить формулой

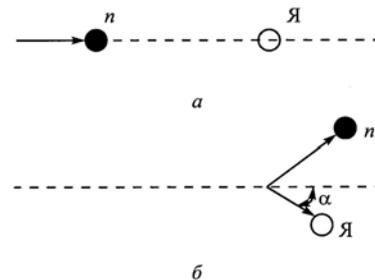
$$E_{\text{я}} = \frac{4M}{(M+1)^2} E_n \cos^2 \alpha, \quad (1)$$

где E_n – энергия нейтрона;

M – отношение массы ядра к массе нейтрона (равно массовому числу элемента A);

α – угол между направлением первоначального движения нейтрона и направлением вылета ядра отдачи.

Схема упругого рассеяния нейтрона на ядре атома до (*a*) и после (*б*) их столкновения



Из отношения (1) видно, что если произошло лобовое столкновение, т.е. $\alpha = 0$, то передаваемая энергия максимальна. При этом она передается ядру с минимальным значением $A = 1$:

$$E_{\text{я}}^{\text{макс}} = \frac{4 \cdot 1}{(1+1)^2} E_n = E_n.$$

При $\alpha > 0$ дальнейшее замедление и поглощение тепловых нейтронов происходит во внутренних слоях борированной водосодержащей среды.

Для подтверждения возможности использования древесины в качестве защиты от нейтронных потоков в СПбГЛТА были проведены экспериментальные исследования, методика которых была построена на сравнении защищающей способности деревянных образцов и образцов других защитных материалов, используемых в атомной промышленности.

Определяющим этапом экспериментальных исследований явились эксперименты по проверке защищающей способности уплотненной (с целью повысить концентрацию атомов водорода в единице объема) и пропитанной раствором борной кислоты древесины при воздействии нейтронных потоков различной плотности*.

При испытаниях применяли источник нейтронов (средняя энергия – 5,15 МэВ, выход нейтронов – $1,04 \cdot 10^6$ нейтр./с). Для получения потока тепловых нейтронов использовали этот же источник с шаровым замедлителем. Измерения проводили приборами ВРНГ и МКС-01Р с блоками детектирования БДКН-01Р и БДКН-03Р-01. Относительная погрешность измерения не превышала 25 %.

* Для экспериментов было использовано оборудование циклотронной лаборатории Физико-технического института (ФТИ) им. А.И. Иоффе и лаборатории № 031 Военной инженерно-космической академии (ВИКА) им. А.Ф. Можайского.

Образцы толщиной 100 мм были изготовлены из следующих материалов:

древесина березы со степенью уплотнения $\varepsilon = 0,5$ (в два раза) и влажностью $w = 10 \dots 12 \%$, пропитанная насыщенным раствором борной кислоты (при температуре $18 \dots 20 \text{ }^\circ\text{C}$);

полиэтилен низкого давления марки ПС-20-5Б;

материал с коммерческим названием «Neutrostop» на основе борированного полиэтилена, разработанный в Институте ядерных исследований в г. Ржежи (предоставлен ФТИ РАН, где используется в качестве биологической защиты в циклотронной лаборатории).

Следует отметить, что полиэтилен и «Neutrostop» – известные апробированные на объектах ядерной энергетики нейтронозащитные материалы.

Критерием оценки результатов экспериментов были относительные показатели в виде коэффициентов поглощения быстрых и тепловых нейтронов веществом защитных сред:

$$K_n^{б.н} = \frac{P_{ист}^{б.н}}{P_{ост}^{б.н}}; \quad K_n^{т.н} = \frac{P_{ист}^{т.н}}{P_{ост}^{т.н}},$$

где $P_{ист}^{б.н}$ и $P_{ист}^{т.н}$ – исходные плотности потоков соответственно быстрых и тепловых нейтронов источника;

$P_{ост}^{б.н}$ и $P_{ост}^{т.н}$ – остаточные плотности потоков соответственно быстрых и тепловых нейтронов, зарегистрированные детектором на экранах из защитных сред.

Усредненные результаты экспериментов сведены в таблице.

Анализ результатов исследований позволяет сделать следующие выводы:

значения коэффициентов $K_n^{б.н}$ для полиэтилена, материала «Neutrostop» и модифицированной древесины практически одинаковы;

коэффициент $K_n^{т.н}$ для модифицированной древесины в среднем в 2,63 раза больше, чем для полиэтилена.

В ходе проведения экспериментов выявлено, что модифицированная древесина по сравнению с полиэтиленом обладает лучшими не только защитными (в наибольшей степени – при защите от тепловых нейтронов), но и конструктивными характеристиками. По данным [4] предлагаемый для использования «Neutrostop» резко снижает прочность при температуре $70 \dots 80 \text{ }^\circ\text{C}$ и течет при $115 \text{ }^\circ\text{C}$, выделяя токсичные газы.

Другие известные водородосодержащие защиты имеют ряд существенных недостатков. Так, к неудовлетворительным свойствам воды, как защиты, следует отнести необходимость ее размещения в баках из нержавеющей стали или алюминия, что усложняет и удорожает ее применение. Гидриды металлов в качестве защиты при повышении температуры $80 \text{ }^\circ\text{C}$ разлагаются с выделением водорода; их заключают в емкости, способные выдержать высокое давление, что удорожает стоимость защиты. Парафин не

обладает несущей способностью и не может, в отличие от древесины, быть использован в качестве конструкционного материала.

Очевидно, что изготовление нейтронозащитных блоков сложного профиля из цельной древесины – технологически (а также в стоимостном отношении) значительно более сложная задача, чем формирование таких

Образец	Значение коэффициентов поглощения при исходной плотности потока нейтронов, нейтр. / (с ² · с)				
	380	135	71	32	22
Древесина березы	3,4/10,4	3,4/9,3	3,5/9,9	3,3/9,6	2,0/–
Полиэтилен	3,5/3,7	3,4/3,8	3,5/3,8	3,4/3,6	–
Neutrostop	–	–	–	–	2,0/–

Примечание. В числителе приведены данные для потоков быстрых нейтронов источника, в знаменателе – для тепловых.

блоков из измельченной древесины. С учетом этого на базе ВИКА им. А.Ф. Можайского были проведены эксперименты по исследованию нейтронозащитных свойств измельченной древесины.

Соединение древесных частиц в блоки осуществляли при термопезообработке за счет реакционноспособных компонентов, содержащихся в древесном веществе (т. е. без внесения в древесную массу искусственных клеящих веществ). Объектом исследований являлись опилки древесины осины, полученные при продольном пилении круглыми пилами. Начальная плотность материала составляла 0,52, конечная – 1,20 г/см³. В качестве боросодержащих соединений использовали борную кислоту (H₃BO₃) и буру (тетраборат натрия Na₂B₄O₇ · 10H₂O), которые подавали через форсунки в смеситель барабанного типа.

Для создания нейтронного потока использовали Ra(Be)-источник (энергия – 4,5 МэВ, выход – 3,1 · 10⁴ нейтр./с), для регистрации – счетчик СММ-10, окруженный замедлителем нейтронов из оргстекла.

Анализ экспериментальных данных показал, что защищающая способность блоков из древесных частиц при взаимодействии потоков быстрых нейтронов соответственно на 6 и 12 % ниже защищающей способности полиэтилена и парафина.

Имеются способы более глубокого уплотнения древесной массы и дополнительного повышения ее нейтронозащитных свойств. Применение блоков из уплотненных древесных частиц (или уплотненной цельной древесины) рационально в тех случаях, когда предъявляются требования к уменьшению габаритных размеров защиты. Если же пространство для размещения защиты не ограничено, то можно использовать древесные частицы (опилки, щепа и т.д.) в качестве насыпной наружной защиты или засыпного материала в межстенных ограждениях.

Возможные примеры использования защиты на основе натуральной и измельченной древесины с включением боросодержащих веществ: местная защита, обеспечивающая доступ в облучаемые помещения (ремонт, пе-

риодический контроль оборудования и др.); элементы вторичной защиты для предотвращения прострела излучения через ослабленные места первичной защиты (например, выход трубопроводов); коллиматоры излучения; поглотители; устройства экранирования фона излучения; транспортировочные контейнеры; биологическая защита при работе с изотопами; защита при проведении научных экспериментов; применение в ядерной спектроскопии; защита счетчиков низкой активности.

Способы обработки древесины и древесных материалов в целях изготовления нейтронозащитных материалов защищены авторским свидетельством на изобретение и патентом.

Выводы

1. Цельную и измельченную борированную древесину можно использовать для защиты от нейтронных потоков малых и средних энергий.
2. При воздействии быстрых нейтронов этот материал обладает защищающей способностью, сравнимой с апробированными водородосодержащими защитами (борированная вода, парафин, полиэтилен, материал «Neutrostop»).
3. При воздействии тепловых нейтронов (ответственных за поражение живых тканей) этот материал показал защитные свойства, в 2,5 – 3,0 раза превышающие апробированные защиты.
4. Древесная защита может служить конструкционным, тепло- и звукоизоляционным, декоративно-облицовочным материалом, который при обработке антисептиками и антипиренами долговечен и малогорюч.
5. При отсутствии требований к уменьшению габаритов защиты целесообразно применение цельной или измельченной борированной древесины без ее модификации уплотнением.
6. Нейтронозащитные древесные материалы в 20–30 раз дешевле применяемых в настоящее время водородосодержащих защитных материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белоногова, Н.А. Повышение защитных свойств низкосортной древесины путем пропитки и уплотнения: автореф. ... канд. техн. наук [Текст] / Белоногова Н.А. – Изд-во ЛТА, 1999. – 20 с.
2. Голубев, Б.П. Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений [Текст] / Б.П. Голубев. – М.: Атомиздат, 1976. – 504 с.
3. Исаев, Б.М. Нейтроны в радиобиологическом эксперименте [Текст] / Б.М. Исаев, Ю.И. Брегадзе. – М.: Наука, 1967. – 292 с.
4. Neutrostop. Export – Import KOVO. – Praha, 1985. – 5 с.

С.-Петербургская государственная
лесотехническая академия

Поступила 14.11.05

A.R. Birman, N.A. Belonogova

Neutron-shielding Wood Characteristics

It is proposed to use borated solid or milled wood modified by compacting for establishing shield against neutron flows.



УДК 65.011.56:674.093

Г.Ф. Прокофьев, И.И. Иванкин

Прокофьев Геннадий Федорович родился в 1940 г., окончил в 1964 г. Архангельский лесотехнический институт, профессор, доктор технических наук, профессор кафедры прикладной механики и основ конструирования Архангельского государственного технического университета, действительный член РАЕН. Имеет более 250 печатных работ в области прикладной механики и интенсификации переработки древесины путем совершенствования лесопильного оборудования и дереворежущего инструмента.



Иванкин Илья Игоревич родился в 1971 г., окончил в 1994 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры робототехнических систем, машин и оборудования лесного комплекса, проректор по информационным технологиям Архангельского государственного технического университета. Имеет более 50 печатных работ в области совершенствования лесопильного оборудования и инструмента.



**ПРИМЕНЕНИЕ В ГИБКИХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ
ЛЕСОПИЛЬНЫХ ЛИНИЯХ ПИЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ
С АЭРОСТАТИЧЕСКИМИ НАПРАВЛЯЮЩИМИ ДЛЯ ПИЛ**

Приведено описание многопильных лесопильных станков с пильными модулями, имеющими аэростатические направляющие для пил.

Ключевые слова: гибкие автоматизированные лесопильные линии, пильные модули, аэростатические направляющие для пил.

Наибольшего экономического и социального эффекта в лесопилении можно достигнуть при глубокой переработке сырья, используя интенсивный путь развития производства, при котором максимальный выпуск продукции высокого потребительского качества достигается при минимальном расходе сырья, энергии, материалов и человеческих ресурсов. Создание гибких автоматизированных лесопильных линий (ГАЛЛ) соответствует третьему уровню интенсификации лесопильного производства (применение высоких технологий) [4, 5].

ГАЛЛ – это управляемая средствами вычислительной техники совокупность технологического и вспомогательного оборудования, осуществляющая комплекс технологических, контрольных и транспортных операций для получения пилопродукции в условиях поступления пиловочного сырья с разными размерно-качественными характеристиками. При этом производят пиломатериалы требуемой номенклатуры и количества с минимальными затратами сырья, энергии, материалов и трудовых ресурсов. Особенность ГАЛЛ заключается в том, что планы и режимы раскроя пиловочного сырья можно изменять и осуществлять в автоматизированном режиме (с ограниченным участием человека) [3].

В качестве лесопильного оборудования в ГАЛЛ могут быть использованы лесопильные рамы, многопильные ленточнопильные и круглопильные станки, включающие пильные модули с возможностью их позиционирования на некотором расстоянии друг от друга в зависимости от плана раскроя сырья. Для обеспечения высокой эффективности работы ГАЛЛ пильные модули должны обладать высокой надежностью, обеспечивать требуемую точность пиления и малый отход древесины в опилки, иметь малые габариты и металлоемкость. Это может быть достигнуто при создании лесопильных модулей с аэростатическими направляющими для пил.

Исследование по разработке таких модулей ведутся инициативно в АГТУ под руководством проф. Г.Ф. Прокофьева [3, 4, 5].

На рис. 1 приведена схема лесопильной рамы [2], которая может быть использована в ГАЛЛ.

Пильная рамка лесопильной рамы имеет два пильных модуля, которые могут быть автоматически установлены на определенном расстоянии друг от друга в зависимости от плана раскроя сырья. Каждый пильный модуль включает полураму с верхней 1 и нижней 12 консолями, в верхних 14 и нижних 13 захватах которых установлены с натяжением рамные пилы 4. Пилы совершают возвратно-поступательное движение в направляющих 5 и 10, установленных над и под распиливаемым материалом. Расстояние между направляющими в вертикальном направлении регулируется с помощью позиционеров 8. По воздухопроводу 2 к направляющим для пил подводится сжатый воздух, образуя аэростатические опоры на рабочих поверхностях направляющих.

С блоками направляющих для пил жестко связаны направляющие 6, в которых совершают возвратно-поступательное движение стойки полурам 7. По поперечинам 3 и 11 пильной рамки с помощью позиционеров 9 осуществляют поперечное перемещение пильных модулей в соответствии с геометрическими характеристиками распиливаемых бревен для получения максимального выхода пиломатериалов.

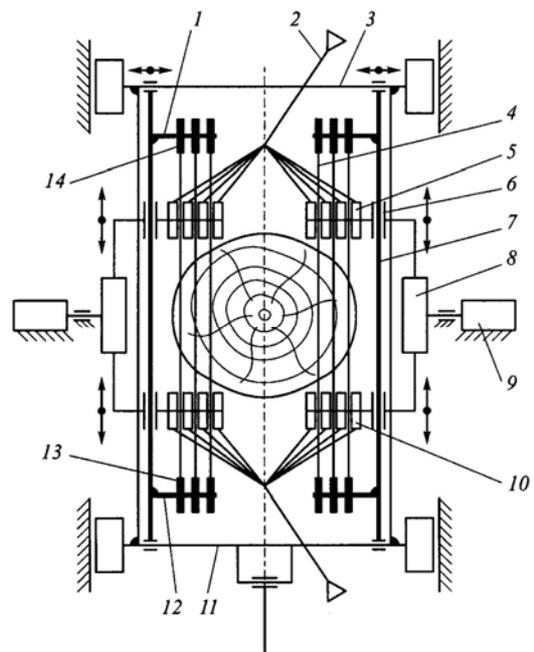


Рис. 1. Схема лесопильной рамы

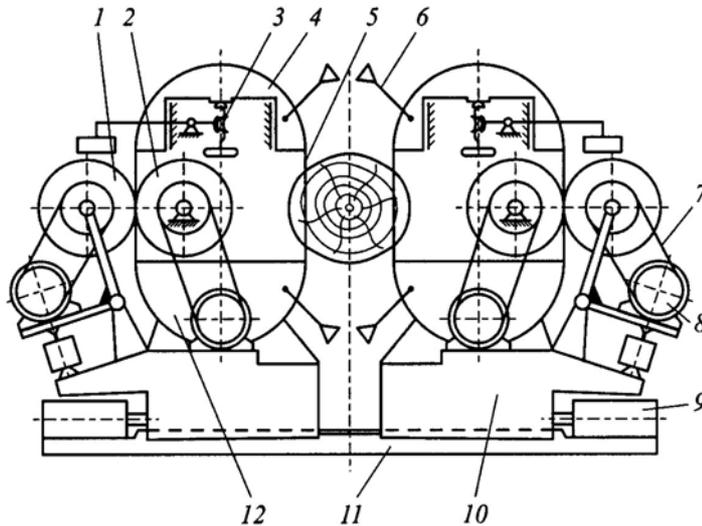


Рис. 2. Сдвоенный ленточнопильный станок с пилами, движущимися по криволинейным аэростатическим направляющим

В многопильных ленточнопильных станках в качестве пильного модуля может быть использован узел резания ленточнопильного станка с пилой, движущейся по криволинейным аэростатическим направляющим [4]. Такой станок создан и используется в АГТУ в качестве экспериментального. Схема сдвоенного ленточнопильного станка такого типа приведена на (рис. 2).

В лесопильном агрегате для распиловки бревен при первом проходе могут быть использованы два или три сдвоенных ленточнопильных станка. В каждом ленточнопильном модуле ленточная пила 5 надета на две криволинейные направляющие. Нижняя криволинейная направляющая 12 жестко закреплена на станине модуля 10, а верхняя 4 может с помощью механизма натяжения 3 перемещаться в вертикальном направлении для натяжения пилы.

Для уменьшения трения пилы по воздухопроводам 6 к рабочим поверхностям криволинейных направляющих подводят сжатый воздух, который образует аэростатические опоры. Пила 5 приводится в движение с помощью приводных коренного 2 и прижимного 1 фрикционных колес от электродвигателей 8 через ременные передачи 7. Модули перемещаются с помощью позиционеров 9 по направляющим 11 сдвоенного станка. Команду для установки с помощью позиционеров ленточнопильных модулей на определенном расстоянии друг от друга дает система управления на основании рассчитанного плана раскроя бревна с учетом его параметров.

У многопильных круглопильных станков в качестве пильного модуля может быть использована кольцевая пила, приводимая в движение от линейного электродвигателя и движущаяся по неподвижному диску и односторонним аэростатическим направляющим [1]. В лесопильном агрегате для

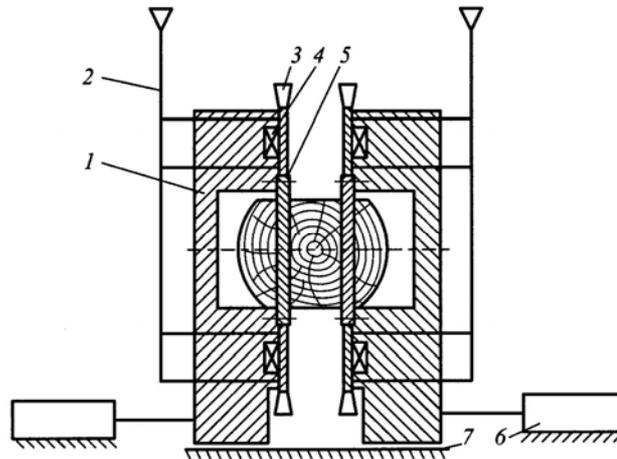


Рис. 3. Конструкция сдвоенного станка с кольцевыми пилами

распиловки бревен при первом проходе могут быть использованы два или три сдвоенных круглопильных станка с кольцевыми пилами в зависимости от диапазона диаметров сырья.

Конструкция сдвоенного круглопильного станка с кольцевыми пилами показана на рис. 3.

В каждом из двух модулей кольцевая пила 3 надета на опорный диск 5, закрепленный на основании 1. Одной боковой плоскостью пила опирается на направляющую поверхность основания, к которой по воздухопроводу 2 подводится сжатый воздух, образуя аэростатическую опору. Внутри этой опоры расположены обмотки линейного электродвигателя 4. Модули перемещаются с помощью позиционеров 6 по направляющим 7, выполненным на станине станка. Работает сдвоенный круглопильный станок следующим образом.

Система управления, в зависимости от параметров пиловочного сырья, выбирает план его раскроя и дает команду на установку с помощью позиционеров круглопильных модулей на определенное расстояние друг от друга. Каждая кольцевая пила насажена на опорный диск, толщина которого больше толщины пилы, но меньше ширины пропила. Он является подшипником скольжения для пилы и направляющей для распиливаемого материала. Линейный электродвигатель не только приводит пилу в движение, но и прижимает ее к аэростатической направляющей, что обеспечивает высокую точность движения пилы с минимальным трением.

При применении кольцевых пил снижаются габариты станка; повышается жесткость пилы за счет установки направляющих над и под распиливаемым материалом; возрастает устойчивость пилы от температурных перепадов, так как отсутствует ее средняя часть; не требуется вальцевание или проковка; невозможен зажим пилы в пропилах, так как опорный диск толще пилы; исключается выброс материала при пилении, так как оно пред-

ставляет в основном торцовое резание; повышается точность пиления; снижается расход древесины в опилки.

Выводы

1. При создании ГАЛЛ можно достигнуть высокого экономического и социального эффекта.

2. При создании ГАЛЛ следует использовать модульный принцип конструирования пильных узлов резания, который имеет следующие достоинства: простота и дешевизна разработки, создания, освоения, эксплуатации и ремонта. Модули должны разрабатываться с учетом современных достижений науки и техники.

3. Пильные модули в ГАЛЛ должны обладать высокой надежностью, обеспечивать требуемую точность пиления и малый расход древесины в опилки, иметь малые габариты и металлоемкость. Таким требованиям соответствуют пильные модули с аэростатическими направляющими для пил.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.с. 485865 СССР, МКИ В27В 5/14. Круглопильных станок [Текст] / Прокофьев Г.Ф., Грачев А.В., Стахийев Ю.М., Фефилов Л.А., Настенко А.А. (СССР) // Открытия. Изобретения. – 1975. – № 36.

2. А.с. 1092037 СССР, МКИ В27В 3/00. Лесопильная рама / Прокофьев Г.Ф., Воронцов Ю.С., Турушев В.Г., Королев И.Ю. // Открытия. Изобретения. – 1984. – № 18.

3. *Прокофьев, Г.Ф.* Гибкие автоматизированные лесопильные линии [Текст] / Г.Ф. Прокофьев, И.И. Иванкин // Деревообаб. пром-сть. – 2004. – № 6. – С. 15 – 17.

4. *Прокофьев, Г.Ф.* Интенсификация пиления древесины рамными и ленточными пилами [Текст] / Г.Ф. Прокофьев. – М.: Лесн. пром-сть, 1990. – 240 с.

5. *Прокофьев, Г.Ф.* Направления повышения эффективности переработки древесины на лесопильном оборудовании [Текст] / Г.Ф. Прокофьев, Н.И. Дундин // Деревообаб. пром-сть. – 2000. – № 6. – С. 5–8.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 27.04.06

G.F. Prokofjev, I.I. Ivankin

Use of Sawing Modules with Aerostatic Slides for Saws in Flexible Automated Sawing Lines

Description of gang saw-mills with sawing modules having aerostatic slides for saws is provided.

УДК 630*811.1

В.В. Коровин, Р.В. Щекалев, П.А. Аксенов

Коровин Владимир Владимирович родился в 1938 г., окончил в 1962 г. Московский лесотехнический институт, доктор биологических наук, профессор кафедры селекции, генетики и дендрологии Московского государственного университета леса. Имеет более 100 печатных работ в области изучения аномального роста древесных растений, дендрологии, лесоведения.



Щекалев Роман Викторович родился в 1976 г., окончил в 1998 г. Архангельский государственный технический университет, кандидат биологических наук, научный сотрудник отдела экологии широколиственных лесов Института лесоведения РАН. Имеет 35 печатных работ в области изучения изменчивости качества древесины, дендрохронологии, экологии.



Аксенов Петр Андреевич родился в 1979 г., окончил в 2001 г. Московский государственный университет леса, заведующий дендрарием МГУЛ. Имеет 15 печатных работ в области изучения структуры древесины.



**ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ
ДУБА МОНГОЛЬСКОГО
В ПРОИЗВОДСТВЕ КОНЬЯЧНЫХ СПИРТОВ**

На основании исследований влияния анатомического строения древесины дуба монгольского, произрастающего на Дальнем Востоке, на качество алкогольной продукции дано заключение о возможности его использования для целей виноделия.

Ключевые слова: дуб монгольский, анатомия древесины, экстракция.

Ранее для получения колотой клепки и изготовления бочек для выдержки коньячных спиртов использовали ядровую древесину дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) и скального (*Quercus petraea* L. ex Liebl.), произраставших в естественных дубравах Франции и Кавказа.

В настоящее время эта высококачественная древесина является остродефицитным материалом ввиду следующих причин: ограниченность запасов древесины дуба в Европе и России; специальные требования, предъявляемые к древесине как сырью для производства бочек для вина; повышенный спрос на винодельческую продукцию, выдержанную в натуральной таре. Актуальность проблемы расширения сырьевой базы для целевой заготовки дубовой древесины побуждает зарубежных и отечественных ученых исследовать возможность использования древесины малоизученных видов

дуба и их экотопов, обладающих различным анатомическим строением и физико-химическим составом, в производстве коньячных спиртов.

До настоящего времени дуб монгольский (несмотря на значительные запасы древесины – более 75 % от общих запасов деловой древесины) как сырье для изготовления винодельческих бочек не рассматривали, хотя некоторые авторы [2] указывали, что по отдельным параметрам он не уступает дубу черешчатому.

Согласно справочнику [5], дуб монгольский (*Quercus mongolica* Fisch ex Ldb.) является одной из основных лесообразующих лиственных пород Дальнего Востока. Данный вид светолюбив, не переносит верхового затенения, боковое затенение подгоняет его в росте и способствует очищению от сучьев, лучшему формированию ствола и полнодревесности, ветроустойчив, зимостоек, выдерживает температуры до -50°C и ниже, растет на различных почвах, за исключением заболоченных, переувлажненных и затопленных паводками, участвует в сложении разнообразных типов леса. Свойства этой древесины связаны с условиями роста.

Основной источник высококачественной древесины дуба монгольского – смешанные хвойно-широколиственные леса. В данных насаждениях он образует ствол правильной формы с большой протяженностью бессучковой зоны, отличается здоровой древесиной лучшего качества. Доля дуба в таких насаждениях невелика и составляет от 0,5 до 2,0 ед. состава, однако суммарный его запас (с учетом площадей, занимаемых кедрово-широколиственными лесами) весьма значителен. По мнению В.Л. Комарова [1], значительно усложняет типологию хвойно-широколиственных лесов хозяйственная деятельность человека, способствующая появлению многих производных типов.

Исследования анатомического строения древесины дуба монгольского проведены нами по стандартным методикам, применяемым в ботанической микротехнике.

Дуб монгольский – типичная кольцесосудистая порода. Древесина этого вида характеризуется красивой текстурой, хорошо выраженным бурым ядром, светлой довольно широкой (1 ... 3 см) заболонью и отчетливо заметными на всех разрезах широкими сердцевинными лучами. Анатомические и физико-химические характеристики этого вида, как и европейских видов дуба, в значительной степени определяются условиями произрастания [4].

Для широкослойной или среднеслойной древесины из Чугуевского лесхоза (Приморский край) характерны радиально ориентированные извилистые цепочки ранних сосудов, диаметр просветов которых на поперечных сосудах убывает в сторону поздней зоны. Значительный объем годичного прироста составляет поздняя древесина, содержащая в большом количестве лигнифицированные волокна либриформа и метатрахеальную паренхиму. В связи с этим можно предположить высокое содержание в данной древесине ароматических компонентов, в первую очередь продуктов распада лигнина.

В древесине с узкими годичными приростами (Хехцирский лесхоз, Хабаровский край) крупные сосуды часто составляют один ряд, примыкаю-

щий к границе годичного прироста, поздние – либо отсутствуют, либо собраны в небольшие скопления неправильной формы.

Следует отметить интересное свойство волокон либриформа дуба монгольского в некоторых случаях образовывать так называемые «желатинозные» клетки с очень толстыми вторичными оболочками, которые не лигнифицируются и иногда отслаиваются от первичной оболочки. Однако данная особенность еще до конца не исследована и требует более глубокого дальнейшего изучения.

Дубу монгольскому, также как и дубу черешчатому, и дубу скальному, свойственно затилловывание* внутренних полостей члеников сосудов [4], что препятствует избыточному испарению жидкости и газов через древесину и свидетельствует о ее пригодности для изготовления винодельческих бочек для выдержки коньячных спиртов. На отдельных препаратах древесины дуба монгольского удалось обнаружить тиллы не только в крупных сосудах, но и в узких сосудах поздней древесины.

Широкие сердцевинные лучи древесины монгольского дуба уже, чем у дуба черешчатого и образованы максимум 23–25 рядами клеток, но их встречаемость на единицу поверхности тангенциального среза значительно выше (20–50 на 10 см²), что предполагает прочность и долговечность изготовленных из этой древесины изделий.

При исследовании широких сердцевинных лучей отмечено довольно частое включение в данную структуру волокнистых трахеид, которые в некоторых случаях расчленили широкий луч на части. В клетках сердцевинных лучей, осевой паренхимы, волокнистых и сосудистых трахеид обнаружены скопления грибных образований.

По данным Н.Г. Саришвили с соавторами [2] функциональная деятельность микроорганизмов, проникающих в древесину как при жизни дерева, так и в ходе заготовки, транспортировки и хранения древесного сырья в виде клепки для бочек, увеличивает пористость и относительную проницаемость древесины дуба для жидкости и газов.

Такие показатели физико-механических свойств древесины дуба монгольского, как объемный вес и коэффициент усушки, весьма схожи с дубом черешчатым, однако твердость и прочность при раскалывании вдоль волокон выше [3].

Можно предположить, что в виду особенностей анатомического строения древесины дуба монгольского (большое количество узких сердцевинных лучей, расчленение их волокнистыми трахеидами), определяющих физико-механические свойства, при изготовлении клепки можно не раскалывать древесину вдоль волокон (как для европейских видов дуба), а распиливать ее. Это в значительной степени определяет перспективность исполь-

* Тиллы – это клетки лучевой и осевой паренхимы, являющиеся источником экстрагируемых компонентов, участвующих в формировании органолептических характеристик отдельных видов винодельческой продукции.

зования данного вида дуба в производстве высококачественных коньячных спиртов.

В целях определения количественного и качественного составов основных экстрагируемых соединений древесины дуба монгольского, играющих важную роль в формировании типичных органолептических показателей вин и коньяков, проводили хроматографическое исследование (с помощью ВЭЖХ) спиртоводных экстрактов. Полученные данные сравнивали с образцами древесины дуба черешчатого и скального, используемых при производстве бочарной клепки.

Как видно из данных таблицы, в зависимости от географического происхождения древесины дуба монгольского состав ее спиртоводных экстрактов значительно отличается. Для широкослойной древесины дуба монгольского с большим содержанием лигнифицированных клеток либриформа (Чугуевский лесхоз) характерно высокое содержание ароматических соединений (ванилин, сиреневый, кониферилловый и синаповый альдегиды, оксиметилфурфурол) по сравнению с древесиной дуба монгольского, произрастающего в Хехцирском лесхозе, а также дуба черешчатого (г. Майкоп, Адыгея) и скального (Армения).

Наряду с видовыми особенностями анатомического строения такие различия в значительной степени обусловлены условиями произрастания дуба монгольского в данном регионе. Дуб, произрастающий в Хехцирском лесхозе, по содержанию ароматических компонентов приближается к дубу черешчатому (исключение составляют кониферилловый альдегид и оксиметилфурфурол, концентрации которых в 10,5 и 1,9 раз больше). Общие полифенолы в дубе монгольском содержатся в меньшем количестве, чем в черешчатом, приближаясь к дубу скальному.

В результате проведенных исследований было установлено, что древесина дуба монгольского, произрастающего в хвойно-широколиственных

Компоненты	Содержание экстрагируемых компонентов, мг·г ⁻¹ , в древесине дуба			
	черешчатого	скального	монгольского	
			Чугуевский лесхоз	Хехцирский лесхоз
Эвгенол	14,2	32,2	15,5	15,0
Ванилин	16,8	23,5	80,8	15,5
Ванилиновая кислота	11,0	10,6	34,5	13,4
Сиреневый альдегид	18,8	20,8	157,0	19,5
Кониферилловый альдегид	3,0	16,0	66,8	31,5
Синаповый альдегид	17,8	88,0	50,2	14,5
Оксиметилфурфурол	22,5	15,0	57,5	42,5
Фурфурол	27,5	13,0	30,0	24,0
Галловая кислота	80,0	57,5	82,8	85,0
Общие полифенолы (по методу Фолин–Чокальтеу)	49 500	35 000	35 000	35 000

лесах Дальнего Востока, по качественным характеристикам не уступает дубу черешчатому и скальному и может быть использована в производстве бочек для выдержки коньячных спиртов. Особенно предпочтительным будет использование исследуемой древесины для выдержки красных вин, а также молодых коньячных спиртов. Кроме того, производство бочек из пиленой клепки позволит значительно сократить отходы высококачественной древесины дуба, механизировать технологический процесс и, как следствие, сделать дубовую тару более доступной для производителей винодельческой продукции и конкурентной по цене.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Комаров, В.П.* Флора Маньчжурии [Текст] / В.П. Комаров. – СПб., 1903. – Т 2.
2. *Пахомов, И.Д.* Физико-механические свойства древесины дальневосточных пород [Текст] / И.Д. Пахомов. – М.: Лесн. пром-сть, 1965. – 96 с.
3. *Саришвили, Н.Г.* Анатомическое изучение дубовой клепки для виноделия [Текст] / Н.Г. Саришвили, Л.А. Оганесянц, В.В. Коровин, Ю.А. Телегин // Виноград и вино России. – 1996. – №3. – С. 19–26.
4. *Саришвили, Н.Г.* Микрофлора древесины дуба, используемой в виноделии [Текст] / Н.Г. Саришвили, Л.А. Оганесянц, Н.К. Кардаш // Виноград и вино России. – 1996. – № 5.
5. *Усенко, А.В.* Деревья и лианы Дальнего Востока [Текст]: справ. / А.В. Усенко. – М.: Из-во АН СССР. – 286 с.

Московский государственный
университет леса

Институт лесоведения РАН

Поступила 12.10.05

V.V. Korovin, R.V. Shchekalev, P.A. Aksenov

Assessment of Mongolian Oak Suitability in Cognac Alcohol Production

The conclusion is drawn about the possibility of using oak for wine-making based on research regarding the influence of anatomic structure of Mongolian oak growing in the Far East on the alcoholic production quality.

УДК 674.093

А.Д. Голяков, А.В. Кнапкис

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



СОРТИРОВКА ПИЛОВОЧНИКА ПЕРЕД РАСПИЛОВКОЙ

Подтверждена техническая и экономическая целесообразность рассортировки пиловочника перед групповой распиловкой на пиломатериалы по конкретным поставкам вместо распространенной сортировки на группы номинальных диаметров. Установлено, что объемный выход пиломатериалов из отдельных групп диаметров бревен может увеличиваться на 6 %, а по всей спецификации – более 2 %.

Ключевые слова: пиловочник, сортировка, объемный выход пиломатериалов.

Лесопильные предприятия средней и большой производственной мощности используют групповой метод распиловки пиловочного сырья – поставом пил. Для получения оптимального объемного выхода пиломатериалов пиловочник должен быть предварительно рассортирован по различным сортировочным признакам, которых может быть несколько, но как минимум – по диаметрам. Дробность и точность сортировки оказывают большое влияние на эффективность производства.

Если раньше сортировку бревен производили в основном на воде (при низком уровне механизации с ограниченной точностью), то в настоящее время существует множество автоматических приспособлений и устройств, значительно упрощающих процесс и повышающих как точность определения сортировочных признаков, так и распределение бревен по накопителям. Однако во многих случаях подход к сортировке остался прежним – на заводах, имеющих автоматизированные сортировочные транспортеры, пиловочное сырье распределяют по поставкам в соответствии с номинальными (стандартными) диаметрами с дробностью, кратной 2 см.

Поставы плана раскроя пиловочного сырья составляют по номинальным (четным) диаметрам в предположении, что наибольший объемный выход пиломатериалов придется именно на четный диаметр с небольшим его снижением при приближении к границам сортировочной группы. На практике этого не происходит. В результате дискретности размеров поперечных сечений и длин пиломатериалов и использования бревен различной длины и формы оптимальный фактический диаметр (из которого получают наибольший объемный выход пиломатериалов по конкретному поставу) от-

носителю номинального диаметра может смещаться на достаточно большую величину, вплоть до того, что экстремум выхода сдвигается за пределы сортировочной группы бревен, для которой был составлен постав. В результате использования поставы фактически получают пиломатериалов меньше, чем можно было бы иметь.

Вместе с использованием автоматизированных сортировочных конвейеров для бревен предложено сортировать пиловочник не по номинальным диаметрам, а по поставам с учетом формы ствола. Теория такого раскроя разработана профессором Р.Е. Калитеевским [4]. Целесообразность такой сортировки подтверждают и другие источники [1–3]. Однако в производственных условиях по-прежнему сортируют сырье по номинальным диаметрам.

Нами рассчитан вариант сортировки сырья по поставам с учетом номинальных диаметров для конкретного лесопильного предприятия, работающего в современных условиях, и проведены контрольные распиловки. На рис. 1 представлена зависимость расчетного объемного выхода сырых пиломатериалов по поставам действующего (в некоторый период времени) плана раскроя пиловочника наиболее распространенных длин 5,0 ... 6,5 м.

Как видно из рис. 1, границы сортировочных групп расположены относительно объемного выхода по смежным поставам неоптимально – наблюдаются скачки. Самый большой скачок выхода отмечен на границе третьего и четвертого поставов (фактический диаметр бревен 15 см). Если бревно фактическим диаметром 15 см распиливать по третьему поставу, то можно получить 42,3 % пиломатериалов, а если по четвертому – 50,8 %. Разница существенная – более 8 %, но здесь решающую роль играет применяемое бревнопильное оборудование: бревна фактическими диаметрами до 15 см перерабатывают на агрегатном потоке (фрезернобрусующий и

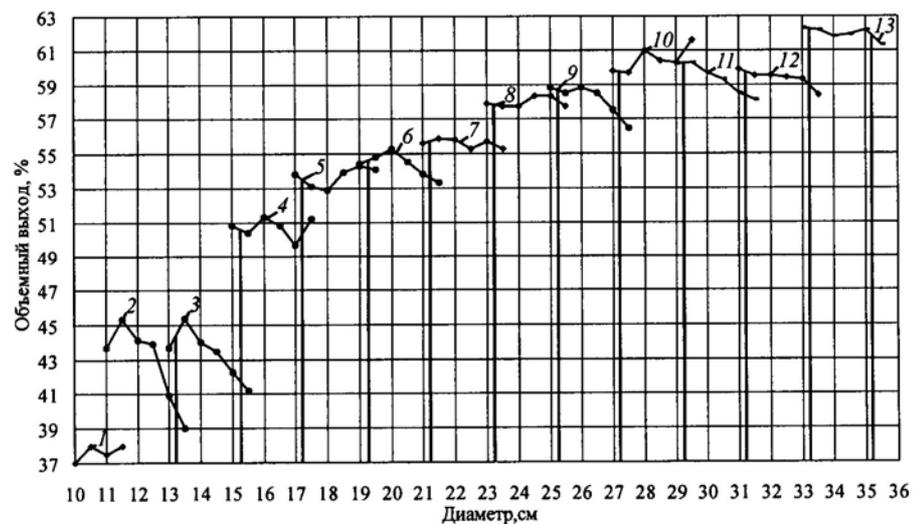


Рис. 1. Зависимость объемного выхода сырых пиломатериалов от поставы и диаметра бревен при длине 5,95 м (1 – 13 – номер поставы)

многопильный круглопильный станки), а недостаток объемного выхода пиломатериалов в значительной степени оправдывается высокой производительностью бревнопильного оборудования. В других случаях, особенно на границах между четвертым и пятым, шестым и седьмым, седьмым и восьмым и т.д. поставками, потерю объемного выхода объясняют только потребностями спецификационного выхода пиломатериалов по сечениям, хотя это объяснение неубедительно (можно дополнительно поработать с заказчиками, усовершенствовать поставки, уточнить границы сортировочных групп пиловочника). Так, после детального разбора ситуации выяснилось, что некоторые границы можно сместить, расширив зону действия поставок с повышенным выходом пиломатериалов за счет смежных с ними, по которым выход пиломатериалов получается ниже. На рис. 2 приведен график с новыми сортировочными группами, позволяющими получать более высокий объемный выход (площади, показывающие увеличение объемного выхода по соответствующим поставкам, в расширенных диапазонах действия более эффективных поставок заштрихованы).

Например, среднее увеличение объемного выхода при смещении нижней границы второго постава в диапазоне диаметров 10,50 ... 11,25 см составляет

$$\Delta_{02cp} = \frac{\sum O_{ил}}{n_i} - \frac{\sum O_{ix}}{n_i} = \frac{41,2 + 43,7 + 45,3}{3} - \frac{38,0 + 37,5 + 38,0}{3} = 5,6 \%,$$

где $O_{ил}$ и O_{ix} – объемные выходы соответственно по лучшему (новому) и худшему (ранее применявшемуся) поставкам при распиловке бревен расчетных (i -х) диаметров в обсчитываемом диапазоне диаметров;

n – число расчетных точек.

При использовании третьего постава желательно сместить границы диапазона диаметров с 13,25 ... 15,25 на 12,50 ... 14,50 см.

Среднее увеличение объемного выхода по третьему поставу в диапазоне диаметров 12,50 ... 13,25 см можно определять аналогично:

$$\Delta_{03cp} = \frac{43,9 + 43,7 + 45,9}{3} - \frac{43,9 + 40,9 + 39,5}{3} = 3,2 \%.$$

При использовании четвертого постава можно сместить границы диапазона диаметров с 15,25 ... 17,25 на 14,50 ... 16,50 см и так далее.

Шестой постав можно исключить и заменить на седьмой, смещая нижнюю границу седьмой сортировочной группы бревен с 21,25 на 19,00 см. Увеличение объемного выхода пиломатериалов Δ_{06cp} можно определить аналогично предыдущему расчету.

В диапазоне диаметров 19,00 ... 21,50 см среднее увеличение объемного выхода по седьмому поставу $\Delta_{07cp} = 1,6 \%$.

Смещая нижнюю границу диапазона диаметров восьмого постава с 23,25 на 21,50 см можно получить среднее увеличение объемного выхода $\Delta_{08cp} = 1,3 \%$.

Изменяя нижнюю границу диапазона диаметров девятого постава с 25,25 на 23,25 см, можно получить среднее увеличение объемного выхода $\Delta_{09\text{cp}} = 0,7 \%$, а для десятого постава (при смещении с 26,00 на 27,25 см) – $\Delta_{010\text{cp}} = 2,1 \%$.

Исключая одиннадцатый постав, т.к. существует возможность выпиливать толстые доски такого же сечения в тринадцатом поставе, и передавая диапазон его диаметров двенадцатому поставу с изменением нижней границы диапазона диаметров с 31,25 на 29,25 см, можно получить по двенадцатому поставу среднее увеличение объемного выхода $\Delta_{012\text{cp}} = 0,5 \%$.

Смещая нижнюю границу диапазона диаметров тринадцатого постава с 31,0 на 33,25 см, будем иметь среднее увеличение объемного выхода $\Delta_{013\text{cp}} = 2,9 \%$.

Среднее увеличение объемного выхода по всей спецификации сырья с учетом процентного состава бревен каждой группы диаметров определяют по формуле

$$\Delta_{0,\text{cp}} = \sum(\Delta_{0i} P_i) / 100,$$

где Δ_{0i} – увеличение объемного выхода из бревен i -го диапазона диаметров в результате замены одного постава другим;

P_i – процент бревен i -го диапазона диаметров по спецификации.

В нашем случае это 2,3 % от распиливаемого сырья. Следует отметить, что общее число сортировочных групп диаметров не только не увеличилось, но даже уменьшилось с 13 до 10.

Для проверки достоверности различия объемных выходов по смежным поставам проведены два контрольных опыта. Распиловке в каждом опыте были подвергнуты по 5 бревен диаметром $(23,5 \pm 0,5)$ см длиной 5,5 м по седьмому и восьмому поставам. При достоверных значениях среднего арифметического объемного выхода по сравниваемым поставам относительные ошибки с вероятностью 0,9 не превышали 1,7 %. В первом опыте среднее арифметическое значение объемного выхода равно 53,9 %, а во втором – 55,9 %; расчетные значения выходов – соответственно 55,3 и 57,7 % (рис. 2).

Таким образом, при длине бревен 5,9 м расчетное значение различия объемных выходов $\Delta_{0,\text{p}} = 57,5 - 55,3 = 2,2 \%$, а при меньшей длине бревна (5,5 м) экспериментальное значение $\Delta_{0,\text{э}} = 55,9 - 53,9 = 2,0 \%$. Разница между ними составила $\frac{2,2 - 2,0}{2,2} 100 = 9,1 \%$, т.е. полученным расчетным значе-

ниям различия объемного выхода по смежным поставам можно доверять.

Эффект уточнения границ сортировочных групп пиловочника (в процентах увеличения объемного выхода) уже в достаточной степени характеризует эффективность предлагаемых организационных мероприятий.

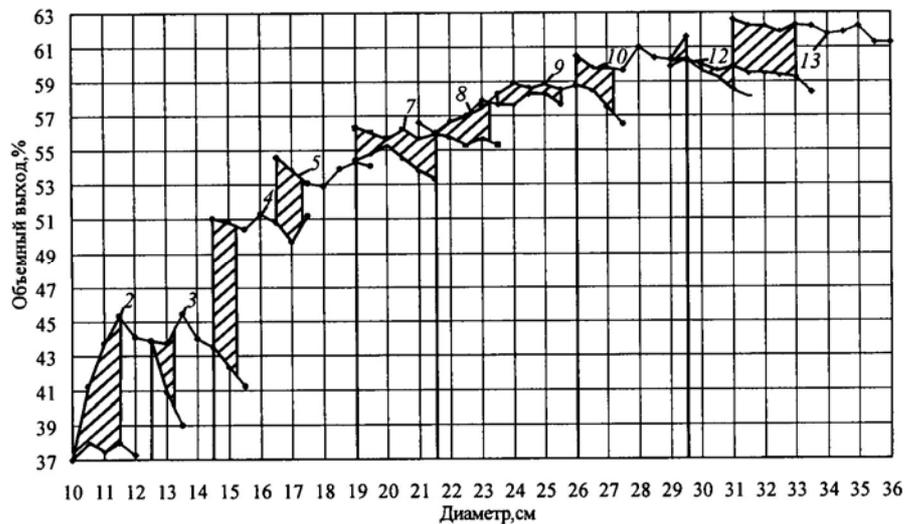


Рис. 2. Зависимость объемного выхода сырых пиломатериалов от поставки и диаметра при длине бревна 5,95 м (2 – 13 – номер поставка)

Еще более впечатляет экономический эффект в денежном выражении, который можно рассчитать двумя способами.

1. Годовая экономия расходов на сырье \mathcal{E} . В данном случае величину \mathcal{E} можно назвать эффективностью:

$$\mathcal{E} = C_q = C_q Q_{\text{эк}},$$

где C_q – стоимость сэкономленного сырья, р./год;

C_q – цена пиловочника, р./м³;

$Q_{\text{эк}}$ – объем сэкономленного сырья, м³/год,

$$Q_{\text{эк}} = V_{\text{доп}} 100 / O_{\text{ср.отч}};$$

$V_{\text{доп}}$ – дополнительный объем пиломатериалов, который можно получить в результате совершенствования плана раскря, м³/год,

$$V_{\text{доп}} = \Delta_{\text{о.р}} Q_{\text{отч}} / 100;$$

$\Delta_{\text{о.р}}$ – среднее расчетное увеличение объемного выхода пиломатериалов по спецификации, %;

$Q_{\text{отч}}$ – объем сырья, распиленного в отчетном году или планируемого в следующем по анализируемому плану раскря, м³;

$O_{\text{ср.отч}}$ – средний объемный выход пиломатериалов по отчету, %.

2. Рост стоимости продукции P_c в результате того, что объемный выход пиломатериалов увеличится в основном за счет снижения выхода технологической щепы:

$$P_c = (C_{\text{пм}} - C_{\text{щ}}) \Delta_{\text{о.р}} Q / 100,$$

где $C_{\text{пм}}$ и $C_{\text{щ}}$ – цена соответственно пиломатериалов и щепы, р./м³;

Q – объем распиловки по плану раскря, м³/год.

Числовые значения показателей \mathcal{E} и P_c нетрудно рассчитать. При больших объемах распиловки даже при незначительном увеличении общего объемного выхода $\Delta_{o,p}$ экономический эффект измеряется миллионами рублей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Голяков, А.Д.* Проектирование участков лесопильных цехов [Текст] / А.Д. Голяков. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2002. – 100 с.
2. *Калитеевский, Р.Е.* Лесопиление в XXI веке. Технология, оборудование, менеджмент [Текст] / Р.Е. Калитеевский. – СПб.: ПРОФИ-ИНФОРМ, 2005. – 480 с.
3. *Калитеевский, Р.Е.* Модульное оборудование в информационных технологиях раскря хлыстов [Текст] / Р.Е. Калитеевский, В.Н. Плюснин, И.Е. Сухов // Лесн. журн. – 1997. – № 4. – С. 131–138. – (Изв. высш. учеб. заведений).
4. *Калитеевский, Р.Е.* Теория и организация лесопиления [Текст] / Р.Е. Калитеевский. – М.: Экология, 1995. – 352 с.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 11.12.06

A.D. Golyakov, A.V. Knapkis
Sawlogs Sorting before Sawing

Technical and economic feasibility of sawlogs sorting before group sawing into sawn timber according to concrete supplies instead of widespread sorting into groups of nominal diameters is confirmed. It is established that volume yield of sawn timber from separate groups of log diameters may grow on 6% and for the whole specification – over 2 %.



ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 6.048:668.473

Т.М. Владимирова, О.М. Соколов, С.И. Третьяков

Владимирова Татьяна Михайловна родилась в 1981 г., окончила в 2003 г. Архангельский государственный технический университет, доцент кафедры стандартизации, метрологии и сертификации АГТУ. Имеет более 10 печатных работ в области получения и переработки талловых продуктов.



Соколов Олег Михайлович родился в 1936 г., окончил в 1960 г. Ленинградский технологический институт ЦБП, доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой биотехнологии, президент Архангельского государственного технического университета, академик Международной академии наук, РИА, РАЕН, Академии проблем качества РФ, чл.-кор. МИА, заслуженный деятель науки РФ. Имеет около 200 научных трудов в области исследования процессов сульфатной варки, изучения свойств и применения технических лигнинов.



Третьяков Сергей Иванович родился в 1946 г., окончил в 1971 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор кафедры лесохимических производств Архангельского государственного технического университета. Имеет около 90 печатных трудов в области химической переработки древесины.



СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЕТА РЕКТИФИКАЦИИ ТАЛЛОВОГО МАСЛА

Выполнен сравнительный анализ расчета процесса ректификации таллового масла по ключевым компонентам и точного метода расчета «от ступени к ступени». Установлено, что применение точного метода позволяет исключить ошибки в расчете.

Ключевые слова: талловое масло, смоляные кислоты, ректификация, многокомпонентная смесь, ключевые компоненты, метод «от ступени к ступени».

Талловое масло по своему составу представляет многокомпонентную систему. В силу термической неустойчивости компонентов таллового масла процесс ректификации на практике проводят в вакууме при небольшом флегмовом числе.

При расчете процесса ректификации многокомпонентной смеси требуется определить число единиц переноса (ступеней разделения), необходимое для осуществления заданного разделения, флегмовое число, распре-

деление температур, потоков и концентраций компонентов по высоте колонны [4]. Ввиду недостаточности данных о кинетике процесса массообмена при многокомпонентной ректификации расчет проводят по числу теоретических ступеней разделения, или теоретических тарелок.

Все существующие методы расчета ректификации многокомпонентных смесей можно разделить на точные и приближенные. При использовании приближенных методов расчета талловое масло рассматривают как псевдобинарную систему, состоящую из жирных (ЖК) и смоляных кислот (СК), которые принимают в качестве соответственно легких (ЛКК) и тяжелых (ТКК) ключевых компонентов [4].

Точный метод предусматривает расчет «от ступени к ступени» исходя из допущения, что талловое масло является идеальной смесью. Реализация метода заключается в решении системы уравнений материального и теплового балансов и уравнений термодинамического равновесия для каждой ступени, причем расчет выполняют от ступени к ступени методом последовательных итераций. Большое значение при этом имеет выбор независимых переменных и исходных данных, а также критерия сходимости, определяющего направление итераций. Решение получаемой системы нелинейных уравнений при использовании современных программных средств не представляет сложности.

Известны два способа расчета от ступени к ступени, отличающиеся независимыми переменными: Льюиса и Мачесона (независимые переменные – составы продуктов разделения), Тиле и Геддеса (независимые переменные – температуры на каждой теоретической ступени). Остальные величины, необходимые для решения системы уравнений (флегмовое число, количество и состав питания), являются зависимыми переменными.

ЖК и СК имеют малую упругость пара и, как следствие, высокую температуру кипения. СК при продолжительном нагревании выше температуры 260 °С декарбоксилируются; ЖК более устойчивы и не разлагаются при нагревании до 270 °С, но подвергаются полимеризации [2].

Если принять сумму ключевых компонентов за 100 %, то содержание каждого из них в эквивалентной бинарной смеси характеризуется эффективной концентрацией ключевого компонента. При расчете эффективных концентраций все другие компоненты таллового масла, имеющие летучести, близкие к летучестям ключевых компонентов, объединяются с ключевыми компонентами.

В ЛКК включают все компоненты, для которых справедливо условие

$$1 < \frac{x_{P_i}}{x_{W_i}} < 100,$$

а в ТКК – все компоненты с соотношением

$$1 > \frac{x_{P_i}}{x_{W_i}} > 0,01,$$

где x_{P_i} и x_{W_i} – содержание i -го компонента соответственно в дистилляте и остатке.

Так как опытные данные о составе дистиллята при заданном составе исходной смеси отсутствуют и рабочее флегмовое число колонны существенно отличается от минимального, то в основу расчета заданной степени разделения ректификационной колонны положена приближенная зависимость

$$\lg \frac{x_{P_i}}{x_{W_i}} = C\alpha_i + A, \quad (1)$$

где α_i – относительная летучесть данного компонента при средней температуре колонны;

C, A – константы.

На основании уравнения (1) и с учетом соотношения содержаний ЖК и СК в дистилляте и остатке строят графические зависимости соотношения x_P/x_W от относительной летучести. Через точки, соответствующие ключевым компонентам (СК и ЖК), строят линейную зависимость, пользуясь которой по известным значениям относительной летучести для остальных компонентов находят соотношение их содержаний в дистилляте и остатке. Зная эти соотношения, по уравнению материального баланса определяют его содержание в дистилляте и остатке:

$$Fx_{F_i} = Px_{P_i} + Wx_{W_i}$$

или

$$F \frac{x_{F_i}}{x_{W_i}} = P \frac{x_{P_i}}{x_{W_i}} + W, \quad (2)$$

где x_{F_i} – содержание i -го компонента в питании (исходной смеси);

F, P, W – соответственно расход (количество) исходной смеси, дистиллята и остатка.

Отсюда при заданных величинах F, x_{F_i}, P, W и определенном отношении x_{P_i}/x_{W_i} находят x_{P_i} и x_{W_i} .

Два компонента, получаемые в результате такой группировки, называют эффективными ключевыми компонентами. Для таллового масла за эффективные ключевые компоненты приняты ЖК и СК.

Состав компонентов таллового масла в паровой и жидкой фазах не постоянен и изменяется по высоте колонны. В укрепляющей части колонны содержание более летучих, чем ЛКК, компонентов примерно постоянно и изменяется только в верхней ее части, а содержание менее летучих, чем ТКК, значительно уменьшается выше точки ввода питания. В исчерпывающей части колонны содержание менее летучих, чем ТКК, компонентов практически постоянно и изменяется только в кубовой части.

Флегмовое число, или отношение количества флегмы к количеству дистиллята, является основным параметром в расчете процесса ректифика-

ции. При увеличении флегмового числа необходимое число тарелок уменьшается, при снижении – растет.

Минимальное флегмовое число при расчете ректификации по ключевым компонентам в ректификационной колонне непрерывного действия определяют по уравнению

$$R_{\min} = \frac{x_P - y_F^*}{y_F^* - x_F},$$

где x_P , x_F и y_F^* – содержание легколетучего компонента соответственно в дистилляте, исходной смеси и в паре, находящемся в равновесии с жидкостью, поступающей на ректификацию [3].

Принимая содержание ЖК в исходном талловом масле 50,8 %, СК – 49,2 %, а в дистилляте соответственно 95,0 и 5,0 %, в результате расчета получаем:

$$R_{\min} = \frac{95,0 - 74,2}{74,2 - 50,8} = 0,89.$$

При многокомпонентной ректификации R_{\min} рассчитывают по методу Андервуда. Принимая флегмовое число и относительную летучесть компонентов постоянными по высоте колонны, R_{\min} определяют с помощью следующей системы уравнений:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n \frac{\alpha_i x_F}{\alpha_i - \omega} &= v_F; \\ \sum_{i=1}^n \frac{\alpha_i x_P}{\alpha_i - \omega} - 1 &= R_{\min}, \end{aligned} \quad (3)$$

где α_i – летучесть данного компонента при температуре питания относительно наименее летучего компонента;

x_F , x_P – содержание того же компонента соответственно в питании (исходной смеси) и дистилляте;

v_F – доля питания, поступающего в парообразном состоянии (так как все питание подается в виде жидкой смеси, то $v_F = 0$);

ω – условная относительная летучесть, определяемая подбором.

В результате расчета

$$R_{\min} = \frac{1}{2,3 - 1} \left(\frac{0,95}{0,51} - 2,3 \frac{0,05}{0,49} \right) = 1,25.$$

Следовательно, минимальное флегмовое число, полученное методом расчета от ступени к ступени, значительно отличается от результатов расчета по ключевым компонентам.

Число теоретических ступеней разделения таллового масла находят графическим методом путем построения линии равновесия и эффективных рабочих линий. Эти зависимости построены и приведены в работе А. Линдера [4].

**Сравнение приближенного и точного методов расчета
ректификации таллового масла**

Флегмовое число	Число теоретических тарелок					
	по данным А. Линдера [4]			по результатам расчета многокомпонентной смеси		
	Исчерпывающая часть	Укрепляющая часть	Всего	Исчерпывающая часть	Укрепляющая часть	Всего
∞	3	3	6	1	2,5	3,5
10,00	3	3	6	1,5	2,5	4
5,00	3,5	3,5	7	2	3	5
2,00	5,5	4,5	10	2,5	3,5	6
1,25	7	5	12	∞		
1,10	12	8	20			
1,00	∞					

Результаты расчета многокомпонентной ректификации таллового масла при одинаковом составе смоляных и жирных кислот в исходном продукте, полученные приближенным методом ключевых компонентов [4], были сопоставлены с данными точного метода (см. таблицу).

Как видно из таблицы, число теоретических тарелок в колонне для непрерывной ректификации таллового масла, найденное в результате расчета многокомпонентной смеси, существенно отличается от результатов приближенного расчета. При расчете по методу ключевых компонентов флегмовое число изменяется от 1 до бесконечности. Причем, чем меньше флегмовое число, тем большее количество тарелок необходимо для заданного разделения. Как нами было показано ранее [1], увеличение числа теоретических тарелок нецелесообразно, так как это повышает гидродинамическое сопротивление колонны, снижает степень разделения многокомпонентной смеси и, что особенно важно для термолабильных веществ, приводит к деградации компонентов таллового масла.

Применение точных методов многокомпонентного расчета позволяет исключать ошибки в расчете. Методы расчета от ступени к ступени являются наиболее надежными и при использовании современных программных средств не представляют сложности, а полученные с их помощью результаты подтверждаются на практике.

Таким образом, рассчитывать процесс ректификации таллового масла по приближенному методу ключевых компонентов нецелесообразно. Для этой цели необходимо применять более точные методы расчета от ступени к ступени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Владиминова, Т.М.* Моделирование процесса ректификации и парциальной конденсации при разделении таллового масла [Текст] / Т.М. Владимирова, О.М.

Соколов, С.И. Третьяков // Лесн. журн. – 2006. – №3. – С. 151–153. – (Изв. высш. учеб. заведений).

2. *Сумароков, В.П.* Талловое масло [Текст] / В.П. Сумароков, М.Л. Ваньян, А.И. Аскинази. – М.: Лесн. пром-сть, 1965. – 148 с.

3. *Файнберг, Е.Е.* Ректификация природных жирных кислот и высших жирных спиртов [Текст] / Е.Е. Файнберг. – М.: Пищевая пром-сть, 1970. – 183 с.

4. *Linder, A.* Tall Oil Refining [Text] / A. Linder // Ing. Vetensk. Akad. Handl. – N 207. – Stockholm, 1952.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 27.04.06

T.M. Vladimirova, O.M. Sokolov, S.I. Tretyakov

Comparative Analysis of Calculation Method for Tall Oil Rectification

The comparative analysis of the rectification process calculation for tall oil is carried out according to key components and accurate “stage by stage” method of calculation. It is established that application of the accurate method allows to exclude mistakes in calculation.

УДК 630*892.6 : 630* 173/174

С.В. Караваяев

Караваяев Сергей Васильевич родился в 1953 г., окончил в 1976 г. Приморский сельскохозяйственный институт, генеральный директор ОАО «Мельничное» Приморского края, соискатель ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук при ФГУ «Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства». Имеет около 9 научных работ в области лесозаготовки и лесного хозяйства.



ПРОИЗВОДСТВО ЭФИРНЫХ МАСЕЛ ИЗ ОТХОДОВ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА ПРИМОРСКОГО КРАЯ

Представлены физико-химические характеристики эфирных масел и флорентинных вод из древесной зелени и коры пихты и ели. Показаны объемы возможного производства эфирных масел и флорентинных вод со 100 га елово-пихтовых древостоев разного состава и полноты.

Ключевые слова: отходы лесозаготовок, древесная зелень, кора, пихта, ель, ресурсы, эфирные масла, флорентинные воды.

В настоящее время в Приморском крае работают сотни лесозаготовительных предприятий. Порубочные остатки, за редким исключением, практически не используются. Одним из сырьевых источников может служить древесная зелень и кора хвойных растений [1, 2, 4–8]. Использование этих ресурсов с целью получения биологически активных веществ, в частности эфирных масел (ЭМ), – одна из задач регулируемого природопользования и улучшения здоровья людей.

Работу по использованию отходов лесозаготовок проводили на территории ОАО «Мельничное» Приморского края, площадь лесного фонда которого составляет 214798 га и примыкает к территории Сихотэ-Алинского государственного природного биосферного заповедника. Лесной фонд представлен лесами 3-й группы и относится к категории защитности – освоенные леса. Заготовка древесины по главному пользованию ОАО «Мельничное» разрешена в объеме 101,6 тыс. м³, ведется вахтовым методом и носит сезонный характер. Производство биологически активных веществ (хвойные эфирные масла и флорентинные воды) из отходов заготовки древесины организовано в Приморском крае впервые.

Объектами нашего исследования служили древесная зелень и кора пихты белокорой (*Abies nephrolepis* (Trautv.) Maxim.) и ели аянской (*Picea ajanensis* Lindl. et Gord.). Предварительно были определены ресурсы древесной зелени и разработана технология получения хвойных ЭМ, которая была запатентована [4] и внедрена в ОАО «Мельничное». Схема модернизированной установки периодического действия приведена на рисунке.

Основное преимущество данной установки – применение двух перегонных чанов на один котел-парообразователь: в одном из чанов проводят перегонку эфирных масел, в другом – загрузку. Продолжительность перегонки – 11 ... 12 ч, давление пара – 0,06 ... 0,07 МПа.

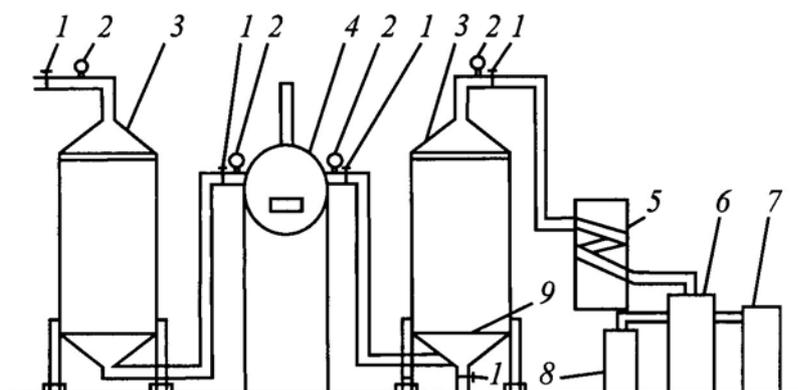


Схема установки для получения эфирных масел и флорентинной воды из древесной зелени и коры ели и пихты: 1 – вентили, 2 – манометры, 3 – перегонные чаны, 4 – котел парообразователь, 5 – холодильник, 6 – флорентина, 7 – маслоприемник, 8 – емкость для сбора флорентинной воды, 9 – решетка

Таблица 1

9

Запасы древесной зелени ели аянской и пихты белокорой, выход эфирного масла и флорентинной воды

Состав дровостоя	Ель аянская			Пихта белокорая		
	Запас древесной зелени, т	Выход масла, кг	Выход флорентинной воды, т	Запас древесной зелени, т	Выход масла, кг	Выход флорентинной воды, т
Полнота дровостоя 0,5						
5Е5П	8,3	71,0	3,3	4,1	72,2	2,1
6Е4П	10,0	85,0	4,0	3,3	57,8	1,6
7Е3П	11,7	99,4	4,7	2,5	43,3	1,2
8Е2П	13,4	113,6	5,4	1,6	28,9	0,8
9Е1П	15,0	127,8	6,0	0,8	14,4	0,4
Полнота дровостоя 0,6						
5Е5П	10,1	80,3	4,1	4,9	86,4	2,7
6Е4П	12,1	96,4	4,8	4,0	69,1	2,0
7Е3П	14,1	112,5	5,7	3,0	51,8	1,5
8Е2П	16,2	128,6	6,5	2,0	34,6	1,0
9Е1П	18,2	144,6	7,3	1,0	17,3	0,5

В качестве примера в табл. 1 приведены запасы древесной зелени, выход ЭМ и флорентинной воды для елово-пихтовых дровостоев разных составов и полнот.

Изучены также физико-химические характеристики (плотность определяли ареометром и пикнометром, показатель преломления – на рефрактометре ИРФ-22, содержание борнилацетата и кумаринов – по ТУ 56-280–86, кислотное число – по ГОСТ 17823.1–72) и химический состав ЭМ (на хроматографе типа «Цвет»).

Масло из древесной зелени пихты – прозрачная жидкость от светло-желтого до зеленоватого цвета без примеси воды и осадка, имеющая приятный хвойный запах. Плотность при температуре 20 °С – не более 0,890 г/см³; показатель преломления при 20 °С – 1,4652 ... 1,4729; кислотное число – не более 0,5 мг КОН на 1 г продукта; массовая доля борнилацетата и кумаринов – соответственно 29 ... 32 и 1,5 ... 2,5 %.

Масло из древесной зелени ели – прозрачная жидкость от бесцветного до светло-желтого или зеленоватого цвета без примеси воды и осадка, имеющая приятный хвойный запах сложной композиции, характерный для данного продукта. Плотность – 0,890 ... 892 г/см³; показатель преломления при 20 °С – 1,4625 ... 1,4729; кислотное число при 20 °С – не более 1,5; массовая доля борнилацетата и кумаринов – соответственно не менее 20 и 1,5 %.

ЭМ из коры пихты и ели по органолептическим показателям сходно с маслами из древесной зелени, но отличается по физико-химическим характеристикам. Наименьшую плотность имеет ЭМ из коры пихты (0,865 г/см³). Наибольшее кислотное число характерно для масла из коры ели (2,54), наименьшее – для ЭМ из коры пихты (0,94).

Таблица 2

Состав эфирного масла из коры и древесной зелени пихты и ели

Компоненты	Содержание компонентов, % масс.				Компоненты	Содержание компонентов, % масс.			
	Кора		Древесная зелень			Кора		Древесная зелень	
	Пихта	Ель	Пихта	Ель		Пихта	Ель	Пихта	Ель
α-Пинен	16,2	5,8	28,8	50,7	Цитраль	1,4	0,8	0,1	1,2
β-Пинен	18,4	17,8	17,9	10,2	Камфора	0,2	0,6	0,5	0,4
Камфен	2,3	0,6	0,8	0,6	Борнилацетат	22,0	18,3	26,9	14,3
Мирцен	6,7	9,1	5,8	2,7	Кариофиллен	1,6	0,3	1,4	0,3
Δ ³ -Карен	4,8	5,5	2,6	4,5	Лонгифолен	1,0	0,2	0,1	0,1
α-Фелландрен	1,8	0,2	0,1	0,1	α-Гумулен	0,2	0,4	0,1	0,4
β-Фелландрен	2,8	1,4	4,0	0,4	Терпинолен	1,2	0,2	0,1	1,8
α-Терпинен	2,0	0,3	1,0	0,1	Терпинеол	0,3	1,8	0,1	1,7
γ-Терпинен	0,9	0,2	0,1	0,1	σ-Кадинен	0,3	0,4	0,1	0,5
Лимонен	9,7	10,6	5,8	10,3	γ-Кадинен	0,5	0,8	0,2	0,3
1,8-Цинеол	4,4	1,6	2,8	0,5	β-Бизаболен	0,3	0,9	0,1	0,7
n-Цимол	0,4	0,4	0,5	0,2	Хамазулен	0,6	1,8	0,1	1,6

Химический состав ЭМ из коры и древесной зелени пихты и ели приведен в табл. 2.

Сравнительный анализ данных табл. 2 показал, что качественный состав ЭМ из коры и древесной зелени практически одинаков, но имеются количественные различия.

Флорентинная вода представляет собой бесцветную или желтоватую жидкость со специфическим хвойным запахом. Она имеет кислую реакцию (рН 4,0 ... 5,4), горьковато-кисло-соленый вкус, вязущий привкус; плотность – 0,991 ... 0,999 г/см³. Наши исследования показали, что вода содержит в микроколичествах практически все компоненты ЭМ, а также витамины и микроэлементы.

ОАО «Мельничное» выпустило опытные партии пихтового масла и пихтовой флорентинной воды. Расчеты показали, что со 100 га елово-пихтовых древостоев можно получить 8 т елового, 8,6 т пихтового масла и 510 т флорентинной воды. С учетом существующих в России цен стоимость продукции со 100 га ориентировочно по маслу составит более 5 млн р., по флорентинной воде – около 5 млн р.

Таким образом, переработка отходов лесозаготовок для получения биологически активных продуктов позволяет более комплексно и рационально использовать богатства дальневосточной тайги. С экологической точки зрения выработка хвойных ЭМ и флорентинной воды не является вредным производством, а утилизация отходов лесозаготовок способствует снижению пожароопасности в лесу.

Полученные нами результаты свидетельствуют о возможности промышленного производства ЭМ и сопутствующих им продуктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

9*

1. Колесникова, Р.Д. Эфирные масла дальневосточных хвойных растений [Текст] / Р.Д. Колесникова, Ю.Г. Тагильцев. – Хабаровск, 1999. – 228 с.
2. Орлов, А.М. Эфирные масла коры пихты и ели [Текст] / А.М. Орлов, Ю.Г. Тагильцев, В.А. Цюпко, Р.Д. Колесникова. – Хабаровск, 2003. – 42 с.
3. Орлов, А.М. Эфирные масла коры *Abies nephrolepis* (Trautv.) Maxim. и *Picea ajanensis* (Lindl. et Gord.) Fisch. ex Carг.: автореф. дисс. ... канд. биол. наук [Текст] / Орлов А.М. [ТИБОХ ДВО РАН]. – Владивосток, 2003. – 23 с.
4. Пат. SU 1233109 А1 СССР, МКИ С 11 В 9/02; А 61 К 31/37. Способ получения хвойного эфирного масла [Текст] / Тагильцев Ю.Г., Колесникова Р.Д. – Заявл. в 1992.
5. Томчук, Р.И. Древесная зелень и ее использование [Текст] / Р.И. Томчук, Г.Н. Томчук. – М., 1966. – 261 с.
6. Цюпко, В.А. Пихтовая вода – хвойный доктор / В.А. Цюпко [и др.]. – Хабаровск, 2004. – 24 с.
7. Цюпко, В.А. Эфирные масла дальневосточных видов пихт и их лечебные свойства [Текст] / В.А. Цюпко. – Хабаровск, 2006. – 115 с.
8. Ягодин, В.И. Основы химии и переработки древесной зелени [Текст] / В.И. Ягодин. – Л., 1981. – 223 с.

ДальНИИЛХ

Поступила 21.08.06

S.V. Karavaev

**Production of Volatile Oils from Forest Industry Wastes
of Primorye**

Physicochemical characteristics of volatile oils and water condensate produced from wooden greenery and fir and spruce bark are provided. The possible production volumes of volatile oils and water condensate from 100 ha of spruce-fir stands of different composition and density are shown.

УДК 634.0813:674.87

В.М. Ушанова, Л.И. Ченцова

Ушанова Валентина Михайловна родилась в 1950 г., окончила в 1973 г. Сибирский технологический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры промышленной экологии, процессов и аппаратов химических производств Сибирского государственного технологического университета. Имеет более 90 печатных трудов в области химической переработки растительного сырья.



Ченцова Лилия Ивановна родилась в 1938 г., окончила в 1962 г. Сибирский технологический институт, кандидат химических наук, доцент кафедры промышленной экологии, процессов и аппаратов химических производств Сибирского государственного технологического университета. Имеет 50 печатных трудов в области теории растворов, процессов и аппаратов химических производств.



ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ВОДНО-СПИРТОВЫХ РАСТВОРОВ И ОБРАБОТКИ СЖИЖЕННЫМ СО₂ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКСТРАКЦИИ КОРЫ ХВОЙНЫХ

Установлено, что предварительная экстракция коры хвойных сжиженным диоксидом углерода положительно влияет на последующую экстракцию сырья водно-спиртовыми растворами; при этом увеличение концентрации спирта повышает выход фенолкарбоновых кислот, а увеличение температуры – суммарный выход полифенольных соединений.

Ключевые слова: кора, хвойные, экстракция, сжиженный диоксид углерода, водно-спиртовые растворы.

Рациональное использование коры является главной проблемой деревообрабатывающих предприятий. Один из способов утилизации коры хвойных – химическая переработка с получением экстрактивных веществ.

Цель данной работы – исследовать влияние растворителя, а также предварительной экстракции коры хвойных сжиженным диоксидом углерода на выход и состав получаемых экстрактов. Объектом исследования служила кора пихты и ели, измельченная на лабораторном измельчителе шнекового типа. Основную массу сырья составляли фракции коры размером 1 ... 3 мм, на долю которых приходится более 60,0 %: для коры ели – 22,2; 20,2; 20,1 %, для коры пихты – 26,8; 20,9; 22,1 %. Такие размеры сырья позволяют извлекать наибольшее количество экстрактивных веществ [8, 9].

Экстракцию коры пихты и ели осуществляли сжиженным диоксидом углерода (СО₂-экстракция) при давлении 5,8 ... 6,0 МПа, температуре 20 ... 22 °С в течение 4 ... 5 ч при соотношении сырья и экстрагента 1 : 5 [6, 7].

Выход углекислотного экстракта для коры пихты и ели соответственно составлял 2,5 ... 6,0 и 1,5 ... 1,8 % (от а. с. с.).

Особенностью экстракции сжиженным диоксидом углерода является увеличение как удельного объема сырья [1, 4], так и удельной площади поверхности.

Нами были определены удельные площади поверхности исходной коры пихты и ели, а также их твердых остатков после экстракции сжиженным диоксидом углерода. Определение удельной площади поверхности проводили по методике [2], которая основана на способности метиленовой сини адсорбироваться мономолекулярным слоем на поверхности опущенного в ее раствор сырья, причем 1 мг красителя покрывает площадь поверхности, равную 1,05 м².

Полученные результаты показали, что удельная площадь поверхности исходной коры пихты и ели значительно меньше, чем у твердых остатков после экстракции сжиженным диоксидом углерода. Например, у коры пихты размером 1 мм она составляет 268,7 м²/кг, а после СО₂-экстракции – 583,3 м²/кг; у коры ели – соответственно 160,2 и 685,6 м²/кг. С увеличением размера коры (от 1 до 3 мм) удельная поверхность после СО₂-экстракции возрастает значительно. Например, для коры пихты размером 2 мм удельная площадь поверхности составляет 349,3 м²/кг, после СО₂-экстракции – 751,9 м²/кг. Это характерно и для коры ели. Увеличение удельной поверхности сырья после экстракции коры сжиженным диоксидом углерода свидетельствует о целесообразности последующей экстракции.

В твердых остатках коры пихты и ели сохраняется большое количество водорастворимых и других веществ, содержащих биологически активные компоненты (витамины, полифенольные соединения, свободные и жирные кислоты и др.), поэтому кору экстрагировали водой и водно-спиртовыми растворами – это важно с точки зрения комплексного использования сырья и охраны окружающей среды.

Экстракцию коры пихты и ели, как исходной, так и обработанной сжиженным СО₂, осуществляли водой и водно-спиртовыми растворами при температуре 22 °С и температуре кипения растворителя в течение 5 ч при соотношении сырья и экстрагента 1 : 10 [9]. Основную массу сырья составляли фракции коры размером 1 ... 3 мм, на долю которых приходится более 60,0 %. Было установлено [9], что общее содержание экстрактивных веществ, определенное весовым методом [5], с увеличением концентрации спирта возрастает. Так, при экстракции исходной коры пихты водой, 20, 40 и 70 %-ми растворами этилового спирта при температуре 22 °С выход экстрактивных веществ увеличивается от 3,2 до 12,6 % (к а.с.с.). При концентрации этилового спирта 96 % происходит некоторое уменьшение выхода экстрактивных веществ (12,3 %). Повышение температуры экстрагента от 22 °С до температуры его кипения приводит к увеличению выхода экстрактивных веществ и соответственно составляет 6,2; 9,6; 10,0; 16,8 и 17,8 % (к а.с.с.). Экстракция твердых остатков коры пихты водой, 20, 40, 70 и 96 %-ми

растворами этилового спирта при температуре 22 °С дала несколько меньший выход экстрактивных веществ: соответственно 3,9; 5,5; 6,8; 12,2 и 10,9 %, а при повышении температуры экстракции до температуры кипения растворителя – 5,9; 9,5; 8,9; 14,7 и 16,7 % (к а. с. с.). Установлено [10], что использование растворителей разной полярности позволяет увеличить выход экстрактивных веществ и получить экстракты, содержащие различные группы соединений.

Нами определены константы скорости пропитки коры хвойных пород водой, спиртом и их растворами. Расчет константы скорости пропитки производили по формуле

$$K = \left(\frac{\sigma r}{2\mu} \right)^{0,5},$$

Константы скорости пропитки коры хвойных пород водой и водно-спиртовыми растворами при температуре 22 °С

Показатель	Значение показателя при концентрации этилового спирта в растворе, %				
	0	20	40	70	96
Поверхностное натяжение $\sigma \cdot 10^2$, Н/м	7,28	4,04	3,32	2,61	2,37
Вязкость растворителя $\mu \cdot 10^3$, Па·с	1,01	1,96	2,63	2,32	1,47
Константа скорости пропитки $K \cdot 10^3$, м/с	2,30	1,30	1,06	0,99	1,20
Продолжительность пропитки τ_p , с	40,0	76,9	94,3	100,1	84,0

где σ – поверхностное натяжение, Н/м;
 r – эффективный радиус пор образца, м;
 μ – вязкость жидкости, Па·с.

Результаты исследований представлены в таблице.

Продолжительность пропитки коры хвойных размером $(1 \dots 3) \cdot 10^{-3}$ м, водными растворами этилового спирта составляет 80 ... 100 с и существенно не влияет на продолжительность экстракции коры хвойных пород, которая занимает около 5 ... 6 ч. Отдельно проведенные расчеты показали, что при продолжительности экстракции 6 ч степень завершенности диффузионного процесса достигает 0,98.

Важной составной частью экстрактивных веществ коры хвойных пород являются полифенольные соединения – биологически активные вещества с широким спектром действия. При экстракции исходной коры пихты и твердых остатков после CO_2 -экстракции водно-спиртовыми растворами этилового спирта (концентрация от 20 до 70 % и температура 22 °С) суммарное содержание полифенольных соединений в экстрактах соответственно увеличивается от 30,53 до 37,44 % и от 29,32 до 38,20 %. Однако при экстракции 96 %-м этиловым спиртом содержание полифенольных соединений в экстрактах из исходной коры пихты снижается на 1,00 %, из твердого ос-

татка – увеличивается на 1,60 %. Основную массу полифенольных соединений составляют фенолкарбоновые кислоты. Например, при экстракции исходной коры пихты водно-спиртовыми растворами этилового спирта (концентрация 20 ... 96 % и температура 22 °С) содержание фенолкарбоновых кислот увеличивается от 9,43 до 28,87 %, при экстракции твердых остатков – от 8,90 до 25,29 %.

Повышение температуры экстракции (до температуры кипения растворителя) как исходного сырья, так и твердых остатков после CO₂-экстракции приводит к увеличению суммарного выхода полифенольных соединений соответственно от 38,52 до 43,17 % и от 37,35 до 59,20 %. Содержание фенолкарбоновых кислот в экстрактах также возрастает от 15,53 до 33,5 %. Увеличение концентрации спирта от 20 до 70 % при температуре 22 °С повышает содержание суммы летучих органических кислот как в экстрактах из исходной коры пихты, так и из твердых остатков соответственно от 14,40 до 21,60 % и от 16,68 до 18,60 %.

Полученные данные свидетельствуют о том, что рост диэлектрической проницаемости растворителя (диэлектрическая проницаемость воды 20 °С составляет 80,1, этилового спирта – 25,0) [3, 8] приводит к увеличению как общего количества извлеченных веществ, так и отдельных компонентов. При последовательной экстракции коры сжиженным CO₂ и водно-спиртовыми растворами общая сумма извлеченных веществ больше, чем при использовании каждого индивидуального растворителя.

Выводы

1. Предварительная экстракция коры хвойных сжиженным диоксидом углерода оказывает положительное влияние на последующую экстракцию сырья водно-спиртовыми растворами – увеличивается общий выход экстрактивных веществ.
2. Продолжительность пропитки коры хвойных незначительна по сравнению с экстракцией и существенно не влияет на ее продолжительность.
3. При увеличении концентрации этилового спирта возрастает выход фенолкарбоновых кислот. Повышение температуры экстракции приводит к повышению суммарного выхода полифенольных соединений из исходного сырья и остатков после CO₂-экстракции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.с. 464612 СССР, МКИ С 11 b 9/02. Способ экстракции сжиженными газами капиллярно-пористых материалов [Текст] / Леончик Б.И., Александров Л.Г., Касьянов Г.И. (СССР). – № 1922579/28-13; заявл. 22.05.73; опубл. 25.03.75, Бюл. № 11. – 2 с.
2. Изучение химического состава древесной зелени. Методические основы [Текст]. – Рига: Зинатне, 1983. – С. 33–36.
3. Краткий справочник физико-химических величин [Текст] / сост. Н.М. Барон [и др.]; под ред. К.П. Мищенко и А.А. Равделя. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.; Л.: Химия, 1965. – 160 с.

4. Молчанов, Г.И. Интенсивная обработка лекарственного сырья [Текст] / Г.И. Молчанов. – М.: Медицина, 1981. – 208 с.

5. Оболенская, А.В. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы [Текст] / А.В. Оболенская, З.П. Ельницкая, А.А. Леонович. – М.: Экология, 1991. – 320 с.

6. Пат. 2067977 РФ, МПК⁶ С 07 D 309/40. Способ переработки коры хвойных деревьев [Текст] / Ушанова В.М., Зиганшин А.В., Репях С.М.; заявитель и патентообладатель Красноярская гос. технолог. акад. – № 93045134/13; заявл. 17.09.93; опубл. 20.10.96, Бюл. № 29. – 3 с.

7. Пат. 2238307 РФ, МПК⁷ С 11 В 1/10, А 23 К 1/14. Способ получения биологически активных продуктов из отходов окорки [Текст] / Ушанова В.М., Шныткина М.И., Репях С.М.; заявитель и патентообладатель Сибирский гос. технолог. ун-т. – № 2003100277/13; заявл. 04.01.2003; опубл. 20.10.2004, Бюл. № 29. – 4 с.

8. Пономарев, В.Д. Экстрагирование лекарственного сырья [Текст] / В.Д. Пономарев. – М.: Медицина, 1976. – 202 с.

9. Ушанова, В.М. Влияние технологических параметров на выход и качественный состав водно-спиртовых экстрактов из коры хвойных [Текст] / В.М. Ушанова, Л.И. Ченцова, В.К. Горчаковский // Непрерывное экологическое образование и экологические проблемы: сб. статей Всерос. научно-практ. конф. – Красноярск, 2004. – Т. 3. – С. 134–139.

10. Ушанова, В.М. Влияние вида экстрагента на количественный и качественный состав экстрактов, получаемых из коры хвойных [Текст] / В.М. Ушанова, Л.И. Ченцова, В.К. Горчаковский // Химия и химич. технология. – 2006. – Т. 49, вып. 6. – С. 82–87. – (Изв. высш. учеб. заведений).

Сибирский государственный
технологический университет

Поступила 20.04.06

V.M. Ushanova, L.I. Chentsova

Influence of Aqueous-alcoholic Solutions and Treatment by Liquefied Carbon Dioxide on Efficiency of Conifers Bark Extraction

It is established that preliminary extraction of conifers bark by liquefied carbon dioxide has positive influence on the subsequent extraction of raw material by aqueous-alcoholic solutions. In this case the increase of alcohol concentration results in growth of phenylcarboxylic acids yield, whereas the increase of temperature – in ultimate yield of polyphenol compounds.

УДК 547.916

Н.А. Осмоловская, В.Н. Паршикова, Р.А. Степень

Степень Роберт Александрович родился в 1936 г., окончил в 1959 г. Сибирский технологический институт, доктор биологических наук, профессор кафедры химической технологии древесины Сибирского государственного технологического университета, академик РАН. Имеет более 200 печатных работ в области экологии.



УТИЛИЗАЦИЯ ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ КЕДРА СИБИРСКОГО С ПОЛУЧЕНИЕМ НАТИВНЫХ ПРОДУКТОВ

Приведены данные о химическом составе углекислотного экстракта древесной зелени кедра сибирского и его основные потребительские характеристики.

Ключевые слова: древесная зелень кедра сибирского, углекислотный экстракт, химический состав, микробиологические свойства, парфюмерная оценка запаха.

Кедр – сосна сибирская (*Pinus sibirica* Du Tour.) произрастает на значительной территории Сибири, занимая более 33,5 млн га. Основная часть кедровников приходится на Восточную Сибирь, в том числе на Красноярский край, лесная территория которого условно разделена на 4 лесоэкономических района. Кедровники произрастают во всех зонах лесопромышленного освоения, за исключением зоны будущего освоения (Северный лесоэкономический район).

Центральный лесоэкономический район Красноярского края, на территории которого производились исследования, – база истощенных лесосырьевых ресурсов. Для нормализации лесозаготовки этого региона важно внедрять производство, еще не получившие развития. К ним в этом районе относится рубка кедра, занимающего около 14 % лесного фонда Сибири.

Официальным постановлением рубка кедровников запрещена более 10 лет [4], однако проводятся рубки древостоев с его высоким вкладом, санитарные и неконтролируемые. При этом на лесосеках остается до половины биомассы дерева, существенную часть которой составляет древесная зелень. Ее утилизация позволяет получать биологически активные препараты, ароматизаторы, кормовые продукты. Важной стороной проблемы является комплексность переработки древесной зелени [1].

Анализ статистических данных и проведенные расчеты показывают, что потенциальные запасы древесной зелени в Красноярском крае составляют более 34,5 млн т.

Перспективным направлением представляется выделение из древесной зелени кедра нативных экстрактивных веществ, что осуществляется при экстрагировании легколетучими жидкостями или сжиженными газами, прежде всего углекислым газом. При этом способе выход биологически активных веществ увеличивается, а их разрушение под действием температуры и растворителей сводится к минимуму.

Анализируемая древесная зелень представляла охвоенные побеги кедра в отрубе 10 мм. Отбор проб осуществляли в сентябре в древостое Красноярской лесостепи (в 70 км к западу от г. Красноярска). Образцы отбирали с учетом индивидуальной изменчивости с 15 нормально развитых деревьев 25-летнего возраста. В лаборатории их измельчали, усредняли, определяли влажность (45,3 %) и экстрагировали при температуре 20 °С в течение 4 ч на пилотной установке СибГТУ сжиженным углекислым газом (давление около 80 атм).

Экстрагент, проходя сверху вниз через слой древесной зелени, вымывал из нее экстрактивные вещества, испарялся в теплообменнике, конденсировавшись в холодильнике, и вновь поступал на экстракцию. Примерное соотношение жидкой (СО₂) и твердой (образец) фаз – 3:1. В течение заданной экспозиции из 11,2 % содержащихся в древесной зелени экстрактивных веществ выделялось 3,6 % продукта. Вымываемый углекислым газом препарат является маслянистой вязкой жидкостью, обладающей приятным хвойным запахом. По-видимому, характерный аромат определяется преимущественно летучими веществами, отгоняемыми из препарата острым водяным паром. По компонентному составу они практически одинаковы с эфирным маслом, выделяемым гидродистилляцией из древесной зелени кедр. Органолептические и физико-химические показатели углекислотного экстракта приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Органолептические и физико-химические показатели
углекислотного экстракта кедр**

Показатели	Характеристика экстракта
Органолептические:	
внешний вид и цвет	Маслянистая жидкость красно-коричневого цвета
запах	Характерный хвойный с пряно-кисловатыми нотами, резкий
интенсивность запаха	Сильная
Физико-химические:	
вклад летучих веществ, %	35
плотность, г/см ³	0,9352
показатель преломления n_D^{20}	1,4871
кислотное число, мг/г	29,6
эфирное число, мг/г	54,3

Как следует из данных табл. 1, экстракт, кроме летучих соединений, содержит нелетучие вещества. Продукт характеризуется более резким интенсивным пряно-кисловатым запахом. Он близок к углекислотным экстрактам других хвойных, в том числе пихты, который находит практическое применение в композициях туалетного мыла и товарах бытовой химии.

Можно предполагать, что кедровый экстракт будет использоваться подобно пихтовому, хотя, возможно, его резкий аромат сузит область применения.

Компонентный состав углекислотного экстракта древесной зелени кедрового дерева изучали по методикам, которые используют для анализа эфирного масла. Результаты определения компонентного состава экстракта приведены в табл. 2.

Результаты исследования компонентного состава углекислотного экстракта древесной зелени кедрового дерева (табл. 2) показывают, что преобладающей группой являются кислородсодержащие терпеноидные и пиррольные соединения, на долю которых приходится более 51,00 % от общей суммы. Значительную часть их составляет мальтол, являющийся ценной пищевой добавкой. Велико в экстракте содержание и сесквитерпеноидов (33,94 %). В основном это производные кадинола и гермакрена. На долю монотерпеновых углеводов приходится 8,10 %; преобладающий среди них – α -пинен (5,28 %).

В составе экстракта выделены также и соединения нетерпеноидной природы, доля которых составляет 6,68 % от суммы всех соединений.

При определении микробиологических и токсикологических показателей углекислотного экстракта, который предполагалось внедрять в производство парфюмерно-косметических, бытовых химических товаров, пищевых изделий, использовали стандартные методики для эфирных масел [2].

Таблица 2

Компонентный состав углекислотного экстракта кедрового дерева

Компонент	Доля, %	Компонент	Доля, %
α -Пинен	5,28	Гермакрен – D-изо-	
3-Карен	0,16	мер №3	0,19
Трициклен	0,07	X_{12}	0,17
X_1	0,39	Δ - Кадинен	0,72
β - Фелландрен	0,70	α -Калакорен	0,42
Лимонен	1,50	X_{13}	0,85
<i>Всего монотерпеновых</i>		Спатуленол	0,10
<i>углеводородов</i>	8,10	Лонгифолен	0,10
α -Пинен оксид	1,19	X_{14}	0,26
Мальтол	34,53	X_{15}	0,31
α -Камфоленол	0,93	Кадинол τ	1,62
X_2	0,05	β -Селинен	0,75
Гептанон	0,38	α -Кадинол	1,18
Борнеол	5,06	Гуйопсанон-3	0,66
Цименол	1,15	X_{16}	0,21
Пулегон	0,46	β -Бизаболол	1,15
β -Терпинеон	3,39	α -Кадинол–изомер №1	0,23
Амбелулон	2,22	Оплопанон	0,79
X_3	0,23		

Метилловый эфир карвакрола	0,28	X ₁₇	0,19
Камфора	0,19	X ₁₈	1,63
Борнилацетат	1,50	X ₁₉	0,64
<i>Всего кислородсодержащих соединений</i>		X ₂₀	0,29
	51,28	X ₂₁	0,25
X ₄	0,92	X ₂₂	0,16
X ₅	1,78	X ₂₃	0,17
X ₆	9,94	<i>Всего сесквитерпеноидов</i>	33,94
Вербенол	1,51	<i>Другие соединения:</i>	
X ₇	0,37	метилметанетиосульфат	0,05
X ₈	0,99	оцименон Е	0,21
Миртенол	0,76	бензопиранон	1,10
X ₉	0,72	декагидронафтаден	0,08
Линалилацетат	1,69	бутанол	1,16
γ-Муролен	0,77	крезилацетат	0,44
X ₁₀	0,16	крезол	2,13
X ₁₁	0,23	анизилацетат	1,48
α-Муролен	0,12	<i>Всего других соединений</i>	6,68

Характерно, что углекислотный экстракт соответствует требованиям СанПиН на парфюмерно-косметическую продукцию. В нем не найдены патогенные и условно-патогенные микроорганизмы. Остальные показатели также находятся в пределах нормы (табл. 3), т.е. углекислотный экстракт бактериостатичен.

Таблица 3

Микробиологические показатели углекислотного экстракта

Микроорганизмы	Содержание микроорганизмов в 1 г	
	обнаруженное	допустимое
МАФАнМ, КОЕ	< 100	100 ³
<i>Staphylococcus aureus</i>	Не обнаруж.	Не доп.
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Не обнаруж.	Не доп.
Бактерии семейства <i>Enterobacteriaceae</i>	Не обнаруж.	Не доп.
Дрожжи и плесневые грибы	< 10	100

Таблица 4

Токсикологические показатели углекислотного экстракта

Элемент	Содержание элемента	
	обнаруженное	допустимое
Токсичные элементы, мг/кг:		
свинец	0,0207	≥ 0,40
кадмий	0,0060	≥ 0,03
мышьяк	0,0024	≥ 0,20
ртуть	0,0009	≥ 0,02
Радионуклиды, Бк/кг:		
цезий 137	–	≥ 200

стронций 90

–

≥ 240

В программу исследований также входило определение токсикологических показателей (табл. 4).

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о полном соответствии углекислотного экстракта древесной зелени кедр требованиям нормативных документов по содержанию токсичных элементов и радионуклидов. Концентрация тяжелых металлов невелика и колеблется в пределах 0,0009 ... 0,0207 мг/кг. Радионуклиды в анализируемом продукте вообще не обнаружены. Таким образом, экстракт, успешно прошедший необходимые виды тестирования, может быть использован в качестве ароматизирующего ингредиента в производстве товаров бытовой химии и некоторых пищевых продуктов (водка и ликеро-водочные изделия) [3].

Итоги парфюмерной оценки свидетельствуют о том, что экстракт получил достаточно высокие оценки по всем показателям. Он имеет резкий хвойный запах с пряно-кисловатыми нотами и смолистым оттенком; интенсивность – сильная. Запах относится к группе приятных ароматов (60 %). Средний балл по оценке специалистов – около 4. Согласно результатам эксперимента, данный продукт можно использовать как ароматизатор в разных отраслях промышленности.

Проведенные исследования показывают, что углекислотный экстракт древесной зелени кедр сибирского соответствует требованиям безопасности действующих нормативных документов. Запасы сырья для его получения значительны как на территории Красноярского края, так и в Сибирском федеральном округе в целом. Перспективной областью его использования могут стать парфюмерно-косметическая и химическая отрасли промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крылов, Г.В. Кедр [Текст] / Г.В. Крылов, Н.К. Таланцев, Н.Ф. Козакова. – М., 1983. – 216 с.
2. Методы микробиологического контроля парфюмерно-косметической продукции: метод. указания [Текст]. – М., 2000. – 35 с.
3. Осмоловская, Н.А. Состав и некоторые потребительские свойства сырья, готовых продуктов и отходов переработки древесной зелени кедр сибирского [Текст] / Н.А. Осмоловская, В.Н. Паршикова, Р.А. Степень // Химия растительного сырья. – 2001. – № 4. – С. 93–96.
4. Поварницын, В.А. Кедровые леса Сибири [Текст] / В.А. Поварницын. – Красноярск, 1994. – 219 с.

Красноярский государственный
торгово-экономический институт

Сибирский государственный
технологический университет

Поступила 14.11.05

N.A. Osmolovskaya, V.N. Parshikova, R.A. Stepen

**Utilization of Wood Green of Siberian Pine Resulting in
Native Products Production**

Data on chemical composition of carbonic extract of the Siberian pine wood green and its basic consumer characteristics are provided.



КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 630*161.4(049.3)

*С.А. Денисов, В.Н. Карасев, М.А. Карасева, В.И. Пчелин***СВОЕВРЕМЕННАЯ И ЦЕННАЯ КНИГА***

Вышел в свет учебник В.В. Кузнецова и Г.А. Дмитриевой «Физиология растений», предназначенный для студентов, магистрантов, аспирантов, преподавателей вузов России, лесоводов, всех, кто занимается растениеводством.

В книге с учетом последних достижений российской и зарубежной науки рассмотрены традиционные вопросы физиологии растений, большое внимание уделено влиянию экологических факторов на рост и развитие растений. Написана она на высоком научно-методическом уровне, материал изложен доступным для учащихся языком.

Учебник включает девять разделов. Вводная часть содержит новые интересные сведения из истории развития российской физиологии растений, показана роль одного из ее основоположников А.С. Фоминцева (1835–1918 гг.).

В разделах 1, 2 обстоятельно описаны организация и жизнь клетки, молекулярные основы физиологических процессов. В разделах 3–6 охарактеризованы водный обмен, фотосинтез, дыхание и минеральное питание растений, убедительно раскрыто воздействие условий внешней среды на эти сложные процессы.

Несомненный интерес представляют сведения о росте растений, их устойчивости и адаптации к неблагоприятным факторам (разделы 7–9). Лесоводы, специалисты зеленого строительства и экологи могут найти ответы на многие вопросы, связанные с выявлением закономерностей развития древесных растений, формированием высокопродуктивных насаждений, введением в культуру новых видов. Приведены современные сведения о развитии и созревании плодов (семян), возрастных изменениях растений и особенностях их старения. Детально исследованы внутренние механизмы выносливости и приспособления растений к низким и высоким температурам, засухе,

* *Кузнецов, В.В.* Физиология растений [Текст]: учебник / В.В. Кузнецов, Г.А. Дмитриева. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2006. – 742 с.: ил.

засолению почвы, тяжелым металлам, радиации и многим другим неблагоприятным экологическим факторам.

В целом можно отметить, что учебник дает фундаментальные знания о жизни растений, лесных фитоценозов и зеленых насаждений населенных мест, что способствует научному обоснованию практических рекомендаций по ведению хозяйства в области лесоводства, садово-паркового и ландшафтного строительства.

Марийский государственный
технический университет

S.A. Denisov, V.N. Karasev, M.A. Karaseva, V.I. Pchelin
Timely and Valuable Book
