

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СЕВЕРНЫЙ (АРКТИЧЕСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

Научный журнал

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

3/327

2012

ИЗДАТЕЛЬ – СЕВЕРНЫЙ (АРКТИЧЕСКИЙ)
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА

Главный редактор – д-р техн. наук, проф. **В.И. Мелехов**
Заместители главного редактора:
д-р с.-х. наук, проф. **Н.А. Бабич**,
д-р хим. наук, проф. **К.Г. Боголицын**
Ответственный секретарь – засл. работник культуры РФ **Р.В. Белякова**

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

д-р биол. наук, проф. **В.П. Бессчетнов**; д-р техн. наук, проф. **П.В. Билей**; д-р техн. наук, проф. **А.В. Воронин**; д-р техн. наук, проф. **Е.Д. Гельфанд**; д-р с.-х. наук, проф. **С.В. Залесов**; д-р техн. наук, проф. **А.А. Камусин**; д-р экон. наук, проф., акад. РАСХН **Н.И. Кожухов**; д-р биол. наук, проф. **И.Т. Кищенко**; д-р техн. наук, проф. **В.С. Куров**; д-р техн. наук, проф. **В.И. Малыгин**; д-р с.-х. наук, проф. **Р.Н. Матвеева**; д-р с.-х. наук, проф. **М.Д. Мерзленко**; д-р техн. наук, проф. **Д.Г. Мясичев**; д-р с.-х. наук, проф. **Е.Н. Наквасина**; д-р техн. наук, проф. **А.Н. Обливин**; д-р техн. наук, проф. **В.И. Онегин**; д-р техн. наук, проф. **Е.А. Памфилов**; д-р с.-х. наук, проф. **Е.М. Романов**; д-р с.-х. наук, проф., чл-кор. РАСХН **М.В. Рубцов**; д-р техн. наук, проф. **В.Г. Санаев**; д-р биол. наук, проф. **А.В. Селиховкин**; д-р техн. наук, проф. **В.В. Сергеевичев**; д-р с.-х. наук, проф. **А.М. Тараканов**; д-р техн. наук, проф. **Б.Н. Уголев**; д-р техн. наук, проф. **Ф.Х. Хакимова**; д-р с.-х. наук, проф. **В.Л. Черных**; д-р техн. наук, проф. **Ю.А. Ширнин**; проф. **Х.-Д. Энгельманн**

«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» № 3/327

Подписной индекс 70368

Редактор Л.С. Окулова
Компьютерная верстка О.В. Деревцовой, Е.Б. Красновой
Перевод В.Л. Рымашевского
Графическое оформление В.А. Титовой

Сдан в набор 10.04.2012. Подписан в печать 21.05.2012. Заказ № 438
Форм. бум. 70×108 1/16. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 13,485. Усл. кр.-отт. 13,485.
Уч.-изд. л. 18,217. Тираж 1000 экз. В розничную продажу не поступает.
Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

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

Свидетельство о регистрации средств массовой информации ПИ № ФС77-45647 от 05.07.2011.

Издательско-полиграфический центр им. В.Н. Булатова
ФГАОУ ВПО САФУ
163002, г. Архангельск, ул. Урицкого, 56



СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- А.А. Дымов, К.С. Бобкова, В.В. Тужилкина, Д.А. Ракина.* Растительный опад в коренном ельнике и лиственнично-хвойных насаждениях..... 7
- Ф.Н. Дружинин.* Надземная фитомасса подпологовой ели после комплексных рубок..... 19
- В.Г. Сергиенко.* Перспективы развития охраняемых природных территорий северо-востока Двинско-Мезенской равнины и полуострова Канин..... 25
- Е.В. Золотарева, [Е.Н. Самошкин].* Видовой состав и состояние древесных интродуцентов в насаждениях г. Орла..... 33
- П.П. Силкин, Н.В. Екимова.* Теоретическая оценка влияния содержания кальция в клеточных стенках годичных колец хвойных на результаты рентгеновской денситометрии..... 37
- А.В. Жигунов, А.С. Бондаренко, М.А. Николаева.* Первые результаты отбора элитных деревьев ели европейской в Ленинградской области..... 43
- Н.А. Демина, Д.Х. Файзулин, Е.Н. Наквасина, Н.Р. Артемьева.* Уточнение границ лесосеменного районирования сосны на Европейском Севере..... 51

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

- В.С. Морозов.* Распределение сжимающих напряжений в основании из мерзлого торфа..... 58
- И.Н. Кручинин.* Повышение эксплуатационного состояния лесовозных автомобильных дорог..... 63
- А.А. Камусин, Д.М. Левушкин.* Исследование адгезионных свойств модифицированных битумов..... 67

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

- А.М. Копейкин, Н.О. Задраускайте, В.Г. Турушев, Е.Д. Гельфанд.* К вопросу автоматизирования определения дефектных участков на пиломатериале... 72
- Л.С. Суровцева, А.В. Старкова, Н.И. Богданович, А.Э. Пиир, А.Е. Земцовский.* Анализ признаков древесины различных стандартов экспортных пиломатериалов. 1. Анализ основного сортообразующего порока древесины.... 76
- Р.В. Дерягин, В.С. Уткин, А.Э. Пиир, А.Е. Алексеев.* Решение задачи виброизоляции двухэтажных лесопильных рам..... 84
- С.И. Рощина, М.В. Лукин, Б.В. Лабудин, В.И. Мелехов.* Расчет композитных дrevоклееных балок на основе применения инженерного метода..... 90
- О.И. Горинев, В.А. Горбунов, О.Б. Колибаба, О.В. Самышина.* О влиянии влажности твердых бытовых отходов, содержащих древесину, на температурный режим термической переработки..... 95

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- С.А. Покрышкин, К.Г. Боголицын, А.С. Аксенов.* Кинетические закономерности ферментативного окисления гваякола в водной и водно-органической средах... 100

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Е.В. Новожилов, Г.П. Суханова.</i> Влияние экстрактивных веществ нейтрально-сульфитного щелока на свойства хвойной небеленой целлюлозы..... | 107 |
| <i>Т.В. Торцева, Н.Р. Попова, К.Г. Боголицын, А.В. Малков.</i> Каталитическое окисление диоксанлигнина и технического сульфатного лигнина растворенным молекулярным кислородом..... | 115 |
| <i>ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА</i> | |
| <i>В.Н. Мякишин.</i> Исследование инвестиционной привлекательности Северо-Арктического региона России на основе макроэкономических показателей..... | 122 |
| <i>А.В. Горбунова.</i> Совершенствование методики оценки арендной платы лесных участков при виде пользования «заготовка древесины»..... | 130 |
| <i>КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ</i> | |
| <i>Н.А. Дружинин, Ф.Н. Дружинин, Ю.М. Жаворонков.</i> Использование дендрохронологического метода исследования в ботанических судебных экспертизах. | 137 |
| <i>А.В. Карельский, Б.В. Лабудин, В.И. Мелехов.</i> Требования к надежности и безопасной эксплуатации большепролетных клееных деревянных конструкций. | 143 |
| <i>К.С. Болотова, Е.В. Новожилов, В.К. Любов, А.В. Пластинин.</i> Повышение энергоэффективности биотоплива из отходов целлюлозно-бумажного производства. | 148 |



CONTENTS

FORESTRY

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| A.A. Dymov, K.S. Bobkova, V.V. Tuzhilkina, D.A. Rakina. Tree Waste in an Aboriginal Spruce Forest and Mixed Stands..... | 7 |
| F.N. Druzhinin. The Overground Phytomass of the Undercover Spruce after Complex Fellings..... | 19 |
| V.G. Sergiyenko. Development Prospects of the Conservation Areas of the Northeastern Part of the Dvina-Mezen Plain and the Kanin Peninsula..... | 25 |
| E.V. Zolotaryova, E.N. Samoshkin. Species Composition and State of Arboreal Alien Crops in the Orel City Stands..... | 33 |
| P.P. Silkin, N.V. Yekimova. Theoretical Assessment of Effect of Calcium Content in the Cell Walls of Annual Rings of Coniferous Species on the x -Ray Densitometry Results..... | 37 |
| A.V. Zhigunov, A.S. Bondarenko, M.A. Nikolayeva. Primary Results of the Spruce Elite Trees Selection in the Leningrad Region..... | 43 |
| N.A. Demina, D.H. Faysulin, E.N. Nakvasina, N.R. Artemieva. Update of Seminal Zoning Boundaries of Pine in the European North..... | 51 |

WOODEXPLOITATION

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| V.S. Morozov. Distribution of Compression Stresses in a Frozen Peat Substructure... | 58 |
| I.N. Kruchinin. Improvement of the Logging Roads Service Properties..... | 63 |
| A.A. Kamusin, D.M. Levushkin. Adhesion Properties of Modified Bitumen Investigation. | 67 |

MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOODSCIENCE

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| A.M. Kopeykin, N.O. Zadrauskayte, V.G. Turushev, E.D. Gelfand. Automation of Defective Spots Detection of a Sawn Timber..... | 72 |
| L.S. Surovtseva, A.V. Starkova, N.I. Bogdanovich, A.E. Piir, A.E. Zemtsovskiy. Analysis of the Wood Properties Stated by Various Grading Rules..... | 76 |
| R.V. Deryagin, V.S. Utkin, A.E. Piir, A.Y. Alexeyev. Vibroinsulation Task of the Double Deck Gang Sawing Machines Solution..... | 84 |
| S.I. Roshchina, M.V. Lukin, B.V. Labudin, V.I. Melekhov. Design of Composite Laminated Wooden Joists on the Engineering Method Basis..... | 90 |
| O.I. Gorinov, V.A. Gorbunov, O.B. Kolibaba, O.V. Samyshina. Effect of the Moisture Content of Solid Household Wastes Containing Wood Fiber on the Temperature Regime of Thermal Processing..... | 95 |

CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| S.A. Pokryshkin, K.G. Bogolytsyn, A.S. Axenov. Kinetic Regularities Parameters of Guaiacol Enzymic Oxidation in the Aquatic and Water-Organic Mediums..... | 100 |
| E.V. Novozhilov, G.P. Sukhanova. Effect of the Neutral-Sulphite Spent Liquor Extractives on the Unbleached Softwood Pulp Properties..... | 107 |
| T.V. Tortseva, N.R. Popova, K.G. Bogolytsyn, A.V. Malkov. Catalytic Oxidation of Dioksan Lignin and Technical Sulfate Lignin by the Dissolved Molecular Oxygen. | 115 |

ECONOMICS AND MANAGEMENT

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>V.N. Myakshin.</i> Investment Appeal of the North-Arctic Region of Russia Analysis on Basis of Macroeconomic Indices..... | 122 |
| <i>A.V. Gorbunova.</i> Perfection of Pre-Harvesting Assessment Technique of Rental Rates for Wood Sites..... | 130 |

SUMMARIES AND EXCHANGE OF TEACHING

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>N.A. Druzhinin, F.N. Druzhinin, Y.M. Zhavoronkov.</i> Application of the Dendro-chronological Investigation Method in Botanic Forensic Examinations..... | 137 |
| <i>A.V. Karelskiy, B.V. Labudin, V.I. Melekhov.</i> Reliability Requirements for the Large-Span Laminated Wood Structural Elements..... | 143 |
| <i>K.S. Bolotova, E.V. Novozhilov, V.K. Lubov, A.V. Plastinin.</i> Increasing of Energy Efficiency of Biofuel from Wastes of Pulp and Paper Production..... | 148 |



УДК 630*231.1

А.А. Дымов¹, К.С. Бобкова¹, В.В. Тужилкина¹, Д.А. Ракина²

¹Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

²Сыктывкарский государственный университет

Дымов Алексей Александрович родился в 1981 г., окончил в 2003 г. Сыктывкарский государственный университет, кандидат биологических наук, научный сотрудник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Имеет более 30 печатных работ в области лесного почвоведения, экологии почв, влияния рубок на почвенный покров и органическое вещество почв.
E-mail: aadymov@gmail.com



Бобкова Капитолина Степановна родилась в 1939 г., окончила в 1962 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор биологических наук, профессор РАН, главный научный сотрудник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Имеет более 200 печатных работ в области экологии леса, биоразнообразия, структуры и биологической продуктивности хвойных фитоценозов, углеродного цикла лесных экосистем Севера.
E-mail: bobkova@ib.komisc.ru



Тужилкина Валентина Васильевна родилась в 1949 г., окончила в 1973 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Имеет более 100 печатных работ в области экологической физиологии древесных растений и углеродного цикла экосистем Севера.
E-mail: tuzhilkina@ib.komisc.ru



Ракина Дарья Андреевна родилась в 1989 г., магистрант химико-биологического факультета Сыктывкарского государственного университета. Имеет 3 печатные работы в области изменения биогеоценозов в ходе вторичных послерубочных сукцессий.
E-mail: dymov_a@mail.ru



РАСТИТЕЛЬНЫЙ ОПАД В КОРЕННОМ ЕЛЬНИКЕ И ЛИСТВЕННО-ХВОЙНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ*

Показано изменение количественных и качественных показателей, характеризующих растительный опад фитоценозов в процессе их сукцессии после рубки ельников черничных. На свежих вырубках в общей массе растительного опада происходит уменьшение участия древесного при возрастании доли влияния растений напочвенного покрова. По истечении 36...38 лет после рубки в фитоценозе наблюдается увеличение общего количества опада при существенном изменении фракционного и химического составов. В березняках с древесным опадом возвращается больше минеральных элементов в составе легкоразлагающихся растительных остатков, характеризующихся большей скоростью включения в геохимический цикл.

Ключевые слова: бореальные леса, биогеохимический цикл, опад, химический состав.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта №12-П-4-1065 программы президиума РАН № 30.

© Дымов А.А., Бобкова К.С., Тужилкина В.В., Ракина Д.А., 2012

Основной антропогенный фактор, изменяющий параметры биологического круговорота веществ в таежных экосистемах, – рубка леса. На Европейском Северо-Востоке России еловые леса являются доминирующими и составляют основу лесоэксплуатационного фонда [6, 12]. Происходящие изменения в функционировании лесных экосистем после рубок главного пользования малоизучены, что не позволяет оценить пулы и потоки зольных элементов, углерода, азота в результате сукцессионной смены растительности. В качестве характеристик, определяющих поступление (возвращение) химических элементов на поверхность почв лесных насаждений, служит опад растительных остатков. Состав опада растений фитоценозов позволяет оценить некоторые аспекты биологического круговорота веществ.

Цель данной работы – определение возврата зольных элементов, углерода, азота с растительным опадом в спелом ельнике и в производных лиственных насаждениях, формирующихся после проведения сплошнолесосечных рубок.

Исследования проводили в подзоне средней тайги, на территории Усть-Куломского района Республики Коми, в 2006–2010 гг. Объектами исследования были коренной ельник черничный и производные березняки, в которых были заложены пробные площади (ПП). Исследуемые фитоценозы произрастают на типичных подзолистых почвах близкого механического состава и генезиса, развивающихся в схожих геоморфологических условиях.

Ельник черничный (ПП-1) – сложный по составу древостой (6Е4Пх+Б), его древесный ярус сформирован *Picea obovata* Ledeb., *Abies sibirica* Ledeb., *Betula pubescens* Ehrh., плотность растущих деревьев 825 экз./га, разновозрастный (60...230 лет) с запасом стволовой древесины 251 м³/га, IV класса бонитета. Средний диаметр ели и пихты 18, березы 15 см, средняя высота ели и пихты 14, березы 13 м. Под пологом древостоя идет возобновление елью и пихтой – 2,3 тыс. экз./га. Достаточно много валежника (258 экз./га) с запасом древесины 85 м³/га. Травяно-кустарничковый ярус с проективным покрытием около 50 % имеет простое синузальное строение при доминировании *Vaccinium myrtillus* L., *Maianthemum bifolium* L., F.W. Schmidt, *Linnaea borealis* L., *Dryopteris* sp. и др. Моховой покров с проективным покрытием 80...85 % образован главным образом *Pleurozium shreberi* (Brid) Mitt., *Hylocomium splendens* (Hedw.) Br., Sch. et Gmb., редко – *Polytrichum commune* Hedw., *Sphagnum girgensohnii* Russ.

Молодняк первого класса возраста (ПП-2) формируется после сплошнолесосечных рубок в зимний период 2001–2002 гг. Древостой ельника черничного до рубки имел состав 9Е1Б+Пх и запас стволовой древесины 280 м³/га. В формировании молодняка участвует подрост ели и пихты (2,5 тыс. экз./га), сохранившийся во время лесозаготовки. Подрост в основном здоровый, высота 0,3...3,0 м. Выражен интенсивный возобновительный процесс березы (2,2 тыс. экз./га) и подлесочного древесного растения – рябины (3,8 тыс. экз./га). Происходят изменения в видовом разнообразии растений напочвенного

покрова – постепенно исчезают *Vaccinium myrtillus*, *Trientalis europaea*, *Maianthemum bifolium*, *Linnaea borealis*, появляются *Vaccinium vitis idaea* L., *Carex* sp., *Equisetum sylvaticum* L., *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. Зеленые мхи имеют угнетенный и усыхающий вид.

Средневозрастное лиственно-хвойное насаждение (ПП-3) развивается после сплошнолесосечной рубки, проведенной зимой 1969–1970 гг. в ельнике черничном. Древостой до рубки имел состав 7Е2Б1Пх, запас стволовой древесины 260 м³/га, полноту 0,7 и IV класс бонитета. В настоящее время древесный ярус формируют *Betula pubescens*, *Picea obovata*., *Abies sibirica*, *Populus tremula* L., он имеет состав 7Б2Е1Пх ед.Ос, запас стволовой древесины 187 м³/га, II класс бонитета. Средний диаметр ели 12, пихты 10, березы 10 см, средняя высота – соответственно 10, 8 и 15 м. Ель и пихта дорубочного, береза и осина послерубочного происхождения. Под пологом древостоя достаточно хорошо развит подрост ели (3,4 тыс. экз./га) послерубочного происхождения. В подросте имеются пихта (0,5 тыс. экз./га) и береза (1,1 тыс. экз./га). Травяно-кустарничковый ярус представлен *Vaccinium myrtillus* и травянистыми растениями с преобладанием *Trientalis europaea*, *Maintheum bifolium*, *Gymnocarpium Linnea*, *Oxalis acetosella*, *Carex globularis* L., *Stellaria bungeana* Fenz., *Dryopteris* (sp.) с проективным покрытием 40 %. Мохово-лишайниковый ярус имеет проективное покрытие 30 % и образован *Pleurozium schreberi*, *Dicranum polysetum* (Mich.) Sw., *Hylocomium splendens*.

Количество опада растений древесного яруса определяли с помощью опадоуловителей площадью 0,25 м² в 14-кратной повторности [9]. Опад собирали один раз в год (в июне 2007–2009 гг.) в тканевые мешочки, высушивали, разбирали по фракциям и подготавливали для химического анализа. В дальнейшем вычисляли средние за три года значения отдельных компонентов опада. Поверхностные воды из близлежащих ручьев отбирали дважды (в декабре 2009 г. и в июне 2010 г.).

Химический состав растительного опада определяли на базе экоаналитической лаборатории «Экоаналит» Института биологии Коми НЦ УрО РАН, аккредитованной в Системе аккредитации аналитических лабораторий (центров) Росстандарта России (аттестат РОСС RU.0001.511257 от 16 апреля 2009 г.). С и N в компонентах опада определяли методом газовой хроматографии на анализаторе EA-1100 («Carlo Erba», Италия). Минерализацию проб проводили согласно [8] с последующим детектированием на атомно-эмиссионном спектрофотометре ICP. Содержание углерода в водах диагностировали на анализаторе Shimadzu TOC-Vcpn, концентрации минеральных элементов – на атомно-эмиссионном спектрофотометре с индуктивно-связанной плазмой Spectro Cigos.

В зависимости от скорости разложения древесный опад подразделяют на активную и неактивную фракции [5]. К первой относятся листья, хвоя, семена, чешуйки, ко второй – медленно разлагающиеся ветви, шишки и кора. Качественный и количественный состав растительного опада, поступающего

Таблица 1

Масса, г/м² (на воздушно-сухую навеску), годовичного наземного опада древесного яруса (2006–2009 гг.)

| Компоненты | ПП-1 | | | | | ПП-2 | | | | | ПП-3 | | | | | | | | |
|------------------------|------------------|-------|------------------|------|------------------|------|------------------|------|------------------|------|------------------|-------|------------------|-------|------------------|---|------------------|---|--|
| | 2006, 2007 | | 2007, 2008 | | 2008, 2009 | | 2006, 2007 | | 2007, 2008 | | 2008, 2009 | | 2006, 2007 | | 2007, 2008 | | 2008, 2009 | | |
| | г/м ² | % | г/м ² | % | г/м ² | % | г/м ² | % | г/м ² | % | г/м ² | % | г/м ² | % | г/м ² | % | г/м ² | % | |
| Листья (хвоя): | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ели | 91,9 | 77,3 | 88,8 | 35,7 | 6,8 | 0,7 | 0,6 | 4,4 | 2,7 | 4,4 | 21,1 | 28,0 | 39,7 | 29,6 | 12,2 | | | | |
| лиственнич | 36,3 | 32,1 | 37,7 | 15,1 | 5,0 | 4,3 | 5,2 | 7,9 | 4,9 | 7,9 | 10,2 | 24,6 | 9,9 | 14,9 | 6,2 | | | | |
| березы, осины, рябины | 51,1 | 11,2 | 24,2 | 9,7 | 52,5 | 19,0 | 43,2 | 62,5 | 38,3 | 62,5 | 115,8 | 96,4 | 140,6 | 117,6 | 48,5 | | | | |
| Ветви: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ели | 21,8 | 8,7 | 14,0 | 5,6 | 2,3 | 0,2 | 0,4 | 1,6 | 1,0 | 1,6 | 1,1 | 2,8 | 1,6 | 1,8 | 0,8 | | | | |
| лиственнич | 2,6 | 39,5 | 24,8 | 10,0 | 1,1 | 0,5 | 1,1 | 1,5 | 0,9 | 1,5 | 1,4 | 3,8 | 3,9 | 3,0 | 1,2 | | | | |
| березы | 4,1 | 10,3 | 5,1 | 2,1 | 6,6 | 0,0 | 1,1 | 4,2 | 2,6 | 4,2 | 13,2 | 36,3 | 53,8 | 34,4 | 14,2 | | | | |
| осины | 0,9 | 0,0 | 2,1 | 0,8 | 0,4 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,7 | 21,4 | 16,7 | 12,9 | 5,3 | | | | |
| Репродуктивные органы: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| лиственнич | 10,6 | 3,7 | 32,5 | 13,1 | - | - | - | - | - | - | 2,4 | 0,0 | 41,8 | 14,7 | 6,1 | | | | |
| березы | - | 0,8 | 0,3 | 0,3 | - | 0,1 | - | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 0,4 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | | | | |
| Эпифитные лишайники | 2,9 | 4,8 | 5,2 | 1,7 | - | - | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | - | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | | | | |
| Прочие компоненты | 23,0 | 10,1 | 15,2 | 6,1 | 16,2 | 10,1 | 5,9 | 17,5 | 10,7 | 17,5 | 22,7 | 13,7 | 3,6 | 13,3 | 5,5 | | | | |
| <i>Итого</i> | 245,2 | 198,4 | 303,4 | 100 | 90,9 | 34,9 | 57,7 | 100 | 61,2 | 100 | 188,6 | 227,5 | 311,6 | 242,6 | 100 | | | | |

на поверхность почвы исследуемых сообществ, зависит от состава фитоценозов. В разновозрастном ельнике черничном масса годового опада изменяется от 198 до 303, в молодняке – от 34 до 91, в средневозрастном лиственнично-хвойном насаждении – от 188 до 312 г/м² (табл. 1). В составе опада для ельника характерно преобладание хвои ели и пихты при незначительном участии растительных остатков лиственных древесных растений. Основу древесного опада формирующихся на вырубках фитоценозов составляет опад листьев мелколиственных древесных растений: 62,5 % – в молодняке первого класса возраста, 48,5 % – в средневозрастном лиственнично-хвойном насаждении. В средневозрастном лиственнично-хвойном насаждении масса опада листьев в три раза больше. В неактивных фракциях опада лиственнично-хвойного насаждения значительно участие ветвей лиственных древесных пород, практически отсутствующих на участке молодняке первого класса возраста.

Одним из наиболее вариативных показателей, характеризующих состав опада, является количество репродуктивных органов. Значительный вклад шишек ели в общую массу опада выявлен в 2008–2009 гг. как в ельнике, так в средневозрастном хвойно-лиственном насаждении, что можно объяснить интенсивным плодоношением ели в вегетационный период 2008 г. В изучаемых лесных фитоценозах, наряду с массой опада, изменяется и сезонная динамика его поступления. Для ельника характерно преобладание поступления опада в зимне-весенний период [7, 11], в то время как для лиственных – в осенний. Это в свою очередь сказывается на процессах разложения компонентов опада в рассматриваемых ценозах.

Как видно из табл. 2, содержание азота и углерода в однотипных компонентах растительного опада ельника и производных лиственных фитоценозов статистически не различаются и близки к опубликованным ранее данным [2].

Таблица 2

**Содержание, % (на воздушно-сухую навеску), азота и углерода
в основных компонентах древесного опада**

| Компоненты | N | C | C/N |
|-----------------------|-----------|----------|-----|
| ПП-1 | | | |
| Листья (хвоя): | | | |
| ели | 1,05±0,19 | 48,8±1,6 | 54 |
| пихты | 1,57±0,28 | 52,2±1,7 | 39 |
| березы, осины, рябины | 1,80±0,30 | 49,0±1,6 | 32 |
| Ветви: | | | |
| ели | 0,85±0,15 | 50,2±1,6 | 69 |
| пихты | 1,24±0,22 | 52,5±1,7 | 50 |
| березы | 1,26±0,23 | 51,1±1,6 | 47 |
| осины | 1,02±0,10 | 48,1±1,6 | 55 |
| ПП-2 | | | |
| Листья (хвоя): | | | |
| ели | 1,05±0,19 | 48,9±1,6 | 54 |
| пихты | 1,40±0,30 | 52,8±1,7 | 44 |
| березы, осины | 1,90±0,30 | 48,7±1,6 | 30 |

Окончание табл. 2

| Компоненты | N | C | C/N |
|----------------|-----------|----------|-----|
| Ветви: | | | |
| ели | 1,17±0,21 | 51,1±1,6 | 51 |
| пихты | 0,61±0,11 | 50,1±1,6 | 96 |
| березы | 1,46±0,26 | 48,5±1,6 | 39 |
| осины | 1,10±0,20 | 46,5±1,6 | 49 |
| ПП-3 | | | |
| Листья (хвоя): | | | |
| ели | 0,79±0,14 | 46,8±1,5 | 69 |
| пихты | 1,10±0,20 | 52,1±1,7 | 54 |
| березы, осины | 1,70±0,30 | 48,7±1,6 | 34 |
| Ветви: | | | |
| ели | 0,96±0,17 | 50,4±1,6 | 61 |
| пихты | 1,00±0,20 | 51,4±1,6 | 60 |
| березы | 0,90±0,20 | 52,2±1,7 | 68 |
| осины | 1,10±0,20 | 52,0±1,7 | 54 |

Во всех исследуемых нами сообществах наиболее обогащены азотом листья березы. Наименьшее количество данного элемента содержится в ветвях ели и пихты. Схожие закономерности отмечены и для кальция, калия, марганца, железа, магния и фосфора (табл. 3).

Для большинства компонентов опада растений на вырубках характерна тенденция к увеличению содержания в них кальция по сравнению с ельником.

Масса и состав растительного опада в значительной степени определяют поступление углерода и азота на поверхность почвы, что наглядно выражено в резком снижении элементов, зафиксированных в растительных остатках фитоценоза молодняка (рис. 1).

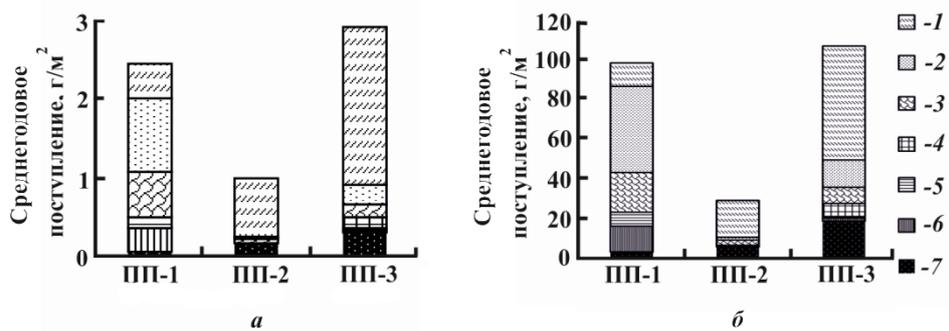


Рис. 1. Поступление азота (а) и углерода (б) с основными компонентами опада древесного яруса: 1 – листья березы, осины, рябины; 2 – хвоя ели; 3 – хвоя пихты; 4 – ветви осины; 5 – ветви ели; 6 – ветви пихты; 7 – ветви березы

Таблица 3

Химический состав, г/кг (на воздушно-сухую навеску), основных компонентов древесного опада

| Компоненты | Ca | K | Mn | Fe | Al | Mg | Na | P |
|-----------------------|----------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| III-1 | | | | | | | | |
| Листья (хвоя): | | | | | | | | |
| ели | 7,8±2,3 | 1,8±0,7 | 1,30±0,40 | 0,15±0,04 | 0,20±0,05 | 0,74±0,22 | 0,16±0,06 | 1,10±0,30 |
| лиственничные | 8,9±2,7 | 1,4±0,6 | 1,40±0,40 | 0,24±0,07 | 0,52±0,13 | 0,71±0,21 | 0,13±0,05 | 1,30±0,40 |
| березы, осины, рябины | 12,0±4,0 | 2,9±1,2 | 3,50±1,00 | 0,31±0,09 | 0,36±0,09 | 1,70±0,50 | 0,17±0,07 | 2,00±0,60 |
| Ветви: | | | | | | | | |
| ели | 5,3±1,6 | 1,5±0,6 | 0,55±0,16 | 0,25±0,07 | 0,29±0,07 | 0,52±0,16 | 0,15±0,06 | 0,81±0,20 |
| лиственничные | 6,0±1,8 | 2,4±1,0 | 1,30±0,40 | 0,23±0,06 | 0,41±0,11 | 1,00±0,30 | 0,13±0,05 | 0,97±0,30 |
| березы | 5,5±1,7 | 2,1±0,8 | 0,86±0,26 | 0,11±0,03 | 0,08±0,02 | 0,89±0,27 | 0,19±0,08 | 0,90±0,30 |
| III-2 | | | | | | | | |
| Листья (хвоя): | | | | | | | | |
| ели | 11,0±3,0 | 1,3±0,5 | 1,40±0,40 | 0,18±0,05 | 0,22±0,06 | 1,10±0,30 | 0,21±0,08 | 1,20±0,40 |
| лиственничные | 11,0±3,0 | 0,9±0,4 | 1,60±0,50 | 0,17±0,05 | 0,33±0,09 | 0,84±0,25 | 0,20±0,08 | 1,20±0,40 |
| березы, осины, рябины | 16,0±5,0 | 1,7±0,7 | 3,30±1,00 | 0,32±0,09 | 0,35±0,09 | 2,00±0,60 | 0,21±0,08 | 1,80±0,60 |
| Ветви: | | | | | | | | |
| ели | 7,0±0,2 | 1,2±0,5 | 0,51±0,15 | 0,22±0,06 | 0,22±0,06 | 0,68±0,20 | 0,27±0,11 | 0,86±0,26 |
| лиственничные | 5,4±1,6 | 1,0±0,4 | 0,60±0,18 | 0,22±0,06 | 0,29±0,08 | 0,86±0,26 | 0,23±0,09 | 0,58±0,17 |
| березы | 8,1±2,4 | 1,5±0,6 | 0,77±0,23 | 0,10±0,03 | 0,08±0,02 | 1,10±0,30 | 0,19±0,08 | 1,10±0,30 |
| III-3 | | | | | | | | |
| Листья (хвоя): | | | | | | | | |
| ели | 20,0±6,0 | 1,5±0,6 | 1,40±0,40 | 0,08±0,02 | 0,11±0,03 | 1,10±0,30 | 0,15±0,06 | 0,94±0,30 |
| лиственничные | 14,0±4,0 | 1,3±0,5 | 2,00±0,60 | 0,15±0,04 | 0,51±0,13 | 0,90±0,30 | 0,15±0,06 | 1,20±0,40 |
| березы, осины, рябины | 15,0±4,0 | 2,7±1,1 | 3,70±1,10 | 0,28±0,08 | 0,27±0,07 | 1,90±0,60 | 0,16±0,06 | 2,10±0,60 |
| Ветви: | | | | | | | | |
| ели | 8,2±2,4 | 1,4±0,6 | 1,30±0,40 | 0,27±0,08 | 0,43±0,07 | 0,85±0,30 | 0,15±0,06 | 1,00±0,30 |
| лиственничные | 9,1±2,7 | 2,6±1,0 | 1,00±0,30 | 0,12±0,03 | 0,18±0,05 | 1,30±0,40 | 0,17±0,07 | 1,00±0,30 |
| березы | 7,2±2,2 | 1,2±0,5 | 0,73±0,22 | 0,11±0,03 | 0,10±0,03 | 1,00±0,30 | 0,19±0,07 | 0,70±0,20 |
| осины | 9,1±2,7 | 1,8±0,7 | 2,10±0,60 | 0,28±0,08 | 0,43±0,11 | 1,30±0,40 | 0,15±0,06 | 1,10±0,30 |

Смена ели березой приводит к увеличению доли углерода, поступающего на поверхность почвы в виде опада листьев мелколиственных древесных растений. На поверхность почвы коренного ельника и средневозрастного хвойно-лиственного насаждения поступает примерно одинаковое валовое количество углерода и азота, но при этом существенно изменяется доминирующий компонент древесного опада. В коренном ельнике основное количество углерода и азота сосредоточено в хвое ели и пихты, в средневозрастном березняке – в листьях березы и осины. После рубки древостоя отмечено уменьшение поступления как зольных элементов, так и органических компонентов в составе древесного опада (ПП-2). По сравнению с ельником в лиственных фитоценозах наблюдается значительное увеличение поступления калия, фосфора, железа, натрия и более существенное возрастание кальция, магния, марганца. Увеличение количества марганца, наряду с изменением гидротермического режима, приводит к интенсификации процесса конкрециообразования в верхних минеральных горизонтах почв свежих вырубков [4]. В производных лиственно-хвойных насаждениях выявлено некоторое уменьшение количества поступающего на поверхность почв алюминия по сравнению с коренным ельником (рис. 2).

В фитоценозе молодняка первого класса возраста основную (66 % от общего его количества) долю в опаде занимают остатки растений напочвенного покрова в отличие от коренного ельника и средневозрастного лиственно-хвойного насаждения, где вклад растений напочвенного покрова составляет 33 и 19 % соответственно (табл. 4).

Таблица 4

Масса годичного опада растений напочвенного покрова (2006–2007 гг.)

| Компоненты | ПП-1 | ПП-2 | ПП-3 |
|-------------------|-------------|-------------|------------|
| Надземные органы: | | | |
| мхов | 20,6/16,8 | 33,0/28,0 | 4,2/7,2 |
| трав | 9,0/7,3 | 44,0/37,4 | 7,0/11,9 |
| кустарничков | 10,5/8,6 | 0,6/0,5 | 3,3/5,6 |
| Корни: | | | |
| деревьев | 65,0/53,0 | 17,3/14,7 | 35,9/61,3 |
| трав | 4,5/3,7 | 22,1/18,8 | 5,0/8,5 |
| кустарничков | 13,0/10,6 | 0,7/0,6 | 3,2/5,5 |
| <i>Итого</i> | 122,6/100,0 | 117,7/100,0 | 58,6/100,0 |

Примечание. В числителе – данные в граммах на метр квадратный (на воздушно-сухую навеску), в знаменателе – в процентах.

При этом увеличение массы опада происходит преимущественно за счет мхов и травянистых растений, доля которых увеличивается на вырубках. Необходимо учитывать, что после рубки леса в верхних горизонтах почв остается значительное количество тонких корней, основная часть которых в коренных еловых лесах сосредоточена в подстилке и верхних горизонтах почв [1].

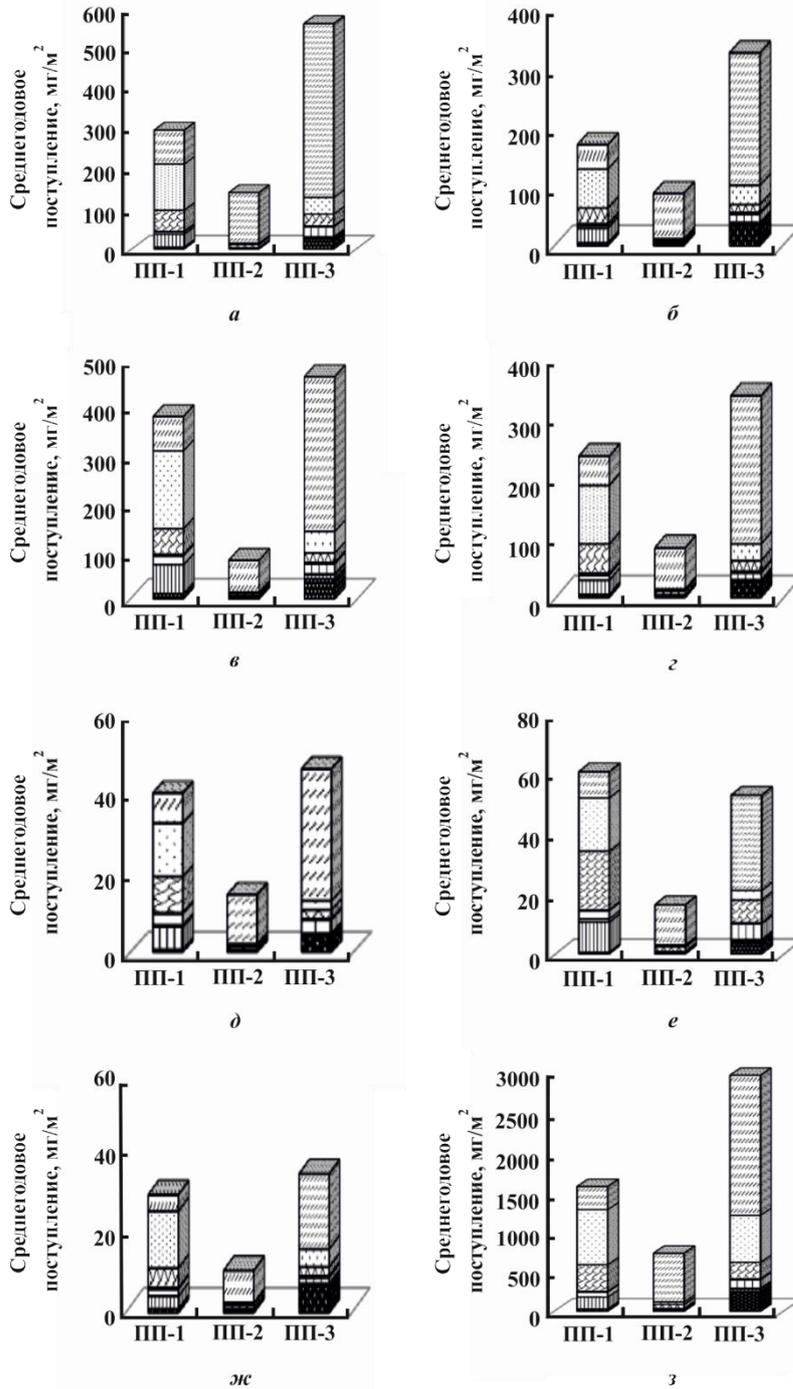


Рис. 2. Поступление с основными компонентами древесного опада зольных элементов: а – Mn; б – Mg; в – K; г – P; д – Fe; е – Al; ж – N; з – Ca (см. обозначения 1–7 на рис. 1)

Таблица 5

Химический состав, мг/дм³, воды из близлежащих ручьев*

| Место отбора | pH | Электропроводность, мкс/м | Собщ. | HCO ₃ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | Ca | Mg | Na | K | Fe | Al | Mn |
|--------------|-----------|---------------------------|------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|---------------|-----------|-------------|
| III-1 | 5,9 ± 0,1 | 30,0 ± 3,0 | 4,1 ± 1,2 | 10,0 ± 2,3 | 3,3 ± 0,8 | 2,20 ± 0,40 | 0,93 ± 0,14 | 1,03 ± 0,15 | 0,35 ± 0,08 | 0,102 ± 0,024 | 1,30 ± 30 | 0,92** |
| | 5,6 ± 0,1 | 18,5 ± 1,8 | 11,8 ± 2,4 | 4,0** | 2,7 ± 0,8 | 1,55 ± 0,25 | 0,62 ± 0,09 | 0,81 ± 0,20 | 0,30 ± 0,07 | 0,300 ± 0,070 | 550 ± 90 | 8,90 ± 2,90 |
| III-3 | 7,6 ± 0,1 | 206,0 ± 10,0 | 4,8 ± 1,3 | 196,0 ± 3,0 | 6,0 ± 0,8 | 45,00 ± 7,00 | 11,40 ± 1,70 | 3,30 ± 0,50 | 0,66 ± 0,16 | 0,023** | 23 ± 7 | 0,34** |
| | 6,7 ± 0,1 | 42,0 ± 4,0 | 18,0 ± 4,0 | 22,9 ± 2,4 | 2,6 ± 0,8 | 6,50 ± 1,00 | 1,65 ± 0,25 | 1,02 ± 0,15 | 0,29 ± 0,07 | 0,390 ± 0,090 | 540 ± 90 | 4,60 ± 1,50 |

* В числителе приведены данные за декабрь 2009 г., в знаменателе – за июнь 2010 г.

** Ниже предела обнаружения

На вырубках остается значительное количество крупных порубочных остатков [14] и пней [15], являющихся длительными источниками (очагами поступления) как органических, так и минеральных веществ.

Рубка древостоя и формирование вторичных лиственно-еловых насаждений в значительной степени изменяет биогеохимические циклы большинства химических элементов, что не может не отражаться на химическом составе близлежащих водоемов [10]. Анализ химического состава водотоков, расположенных вблизи коренного ельника и средневозрастного хвойно-лиственного насаждения, показал их существенные различия (табл. 5).

Воды ручья, характеризующие водосборную территорию лиственно-хвойного насаждения, сформировавшегося после рубки ельника, менее кислые. В них выше концентрации кальция, магния, натрия, калия, углерода, гидрокарбонат- и сульфат-анионов, существенно выше и электропроводность. При этом содержание железа, алюминия и марганца несколько меньше. Для химического состава вод характерна сезонность. Воды, отобранные в конце осени, более богаты практически всеми химическими элементами, за исключением алюминия и марганца, для которых наблюдается обратная зависимость. Известно, что на состав поверхностных вод значительное влияние оказывают почвообразующие породы [16]. При близком химическом составе почвообразующих пород (верхней метровой толщи) исследуемых лесных сообществ можно предположить, что различия в химическом составе вод в значительной степени определяются сменой растительности в процессе сукцессии после рубок и изменением биогеохимических циклов. Миграция наиболее подвижных форм органического вещества происходит преимущественно в виде коллоидных соединений [13], а после рубки леса и последующего возобновления территории вырубков лиственными породами происходит

существенное обогащение почвенных органических соединений. В первые годы после рубки, в результате залпового поступления порубочных остатков, а в процессе последующей вторичной сукцессии, проходящей через смену пород, наблюдается обогащение подстилки быстроразлагающимися компонентами опада. Это приводит к увеличению пулов активных органических соединений, накапливающихся в почве. Согласно ранее проведенным исследованиям [3], в почвах вторичных лиственно-хвойных молодняков происходит увеличение гидрофильности органического вещества и доли химически активных органических соединений, способных к комплексообразованию и последующему выносу органоминеральных соединений за пределы почвенного профиля, в том числе и латеральным стоком. Выносу освободившейся органики способствует избыток почвенной влаги. Интенсивность процессов переувлажнения определяется геоморфологическими особенностями территории. Можно предположить, что заболачивание вырубок на исследованной территории будет значительно менее выражено по сравнению плоскими водораздельными пространствами. Но при этом возможно увеличение «стока» илистых и коллоидных частиц, попадающих в близлежащие лесные ручьи, формирующие элементарный бассейн.

Выводы

Количественная и качественная характеристики растительного опада в коренном ельнике, молодняке первого класса возраста и средневозрастном лиственно-хвойном насаждении, формирующихся после сплошнолесосечных рубок, показали, что естественное лесовозобновление вырубок ельников, проходящее через смену пород, обуславливает изменение состава древесного опада. В первое десятилетие после рубки в составе растительного опада существенную роль играют растения напочвенного покрова. По мере развития фитоценоза на вырубках общая масса опада увеличивается и к 36–38-летнему возрасту становится близкой к коренному ельнику, при этом существенно изменяется его качественный состав. Увеличение доли опада лиственных древесных растений приводит к возрастанию поступления на поверхность почв кальция, марганца, магния и других элементов. Благодаря увеличению доли быстроразлагающегося опада листьев, наряду с залповым поступлением порубочных остатков после рубки, происходит возрастание доли органических соединений, способных к комплексообразованию и последующему выносу органоминеральных соединений в близлежащие водоемы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бобкова К.С. Биологическая продуктивность хвойных лесов Европейского Северо-Востока. Л.: Наука, 1987. 156 с.
2. Бобкова К.С., Тужилкина В.В. Содержание углерода и калорийность органического вещества в лесных экосистемах Севера // Экология. 2001. № 1. С. 69–71.
3. Дымов А.А. Изменение гидрофильно-гидрофобных свойств органического вещества почв, развитых на суглинистых отложениях, в процессе естественного

лесовозобновления // Материалы конф. «Актуальные проблемы биологии и экологии». Сыктывкар, 2009. С. 58–60.

4. Дымов А.А. Изменение почв в процессе естественного лесовосстановления (на примере подзолов средней тайги, сформированных на двучленных отложениях): автореф. дис. ... канд. биол. наук. Сыктывкар, 2007. 20 с.

5. Карпачевский Л.О. Лес и лесные почвы. М.: Лесн. пром-сть, 1981. 264 с.

6. Коренные еловые леса Севера: биоразнообразие, структура, функции / под ред. К.С. Бобковой, Э.П. Галенко. СПб.: Наука, 2006. 336 с.

7. Кузнецов М.А. Влияние условий разложения и состава опада на характеристики и запас подстилки в среднетаежном чернично-сфагновом ельнике // Лесоведение. 2010. № 6. С. 54–60.

8. ПУ 01–05. Методические указания по проведению разрушения органических веществ в природных, питьевых, сточных водах и пищевых продуктах на микроволновой системе «Минотавр-2». СПб., 2005. 20 с.

9. Родин Л.Е., Ремезов Н.П., Базилевич Н.И. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах. Л.: Наука, 1968. 145 с.

10. Трансформация экосистем севера в зоне интенсивной заготовки древесины / под ред. А.И. Таскаева, Ю.В. Лешко, В.Б. Ларина, И.В. Рапоты. Сыктывкар, 1997. 160 с. (Тр. Коми НЦ УрО РАН. № 154).

11. Фролова Л.Н. Особенности почвообразования в еловых лесах в связи со сменой пород в условиях Коми АССР: автореф. дис. ... канд. с.-х наук. М., 1965. 18 с.

12. Чертовской В.Г. Еловые леса европейской части СССР. М., 1978. 176 с.

13. Яшин И.М. Об эффекте «гумусовой занавески» в глее-подзолистых почвах северной тайги Архангельской области // Экология и почвы: сб. тр. Пушино: ИФХ и БПП РАН, 2006. С. 327–330.

14. Carbon and nitrogen pools in old-growth, Norway spruce mixed forest in eastern Finland and changes associated with clear-cutting / L. Finer, H. Mannerkoski, S. Piirainen, M. Starr // Forest Ecology and Management. 5880(2002). P. 1–14.

15. Carbon and nitrogen release from decomposing Scots pine, Norway spruce and silver birch stumps / M. Palviainen [et al.] // Forest Ecology and Management. 259 (2010). P. 390–398.

16. Consequences of nitrate leaching following stem-only harvesting of Swedish forests are dependent on spatial scale / M.N. Futter [et al.] // Environmental Pollution. 158 (2010). P. 3552–3559.

Поступила 31.03.11

A.A. Dymov¹, K.S. Bobkova¹, V.V. Tuzhilkina¹, D.A. Rakina²

¹ Institute of Biology, Komi Research Center, Ural Division of RAS

² Syktyvkar State University

Tree Waste in an Aboriginal Spruce Forest and Mixed Stands

Variation of quantitative and qualitative indicators of a plant formations tree waste during their succession subsequent to felling in whortleberry Spruce forests is disclosed. In the course of 36...38 years after felling the total tree waste increases under sufficient alteration of breakup and chemical composition. Tree waste in Birch stands recuperates more mineral elements at higher pace of engagement into geochemical cycle.

Key words: boreal forests, biogeochemical cycle, tree waste, chemical composition.

УДК 630*221.09:582.475.2

Ф.Н. Дружинин

Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина

Дружинин Федор Николаевич родился в 1980 г., окончил в 2002 г. Вологодскую государственную молочнохозяйственную академию, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой лесного хозяйства ВГМХА. Имеет 35 печатных работ в области селекции растений, освоения вторичных лиственных лесов в целях восстановления еловых формаций, а также по рубкам ухода и заготовке спелой и перестойной древесины. E-mail: drujinin@mail.ru



НАДЗЕМНАЯ ФИТОМАССА ПОДПОЛОВОЙ ЕЛИ ПОСЛЕ КОМПЛЕКСНЫХ РУБОК

Анализ формирования надземной фитомассы осуществлен на специально подготовленном стационаре. Комплексные рубки выполнены со сплошной выборкой листового полога в березовом насаждении и одновременным прореживанием подроста. Вариантами опыта предусмотрено сохранение подроста на последующее лесовыращивание в количестве 1,5; 3,0; 4,5; 6,0 тыс. экз./га. В результате исследования определена фитомасса подпологовой ели после рубок по фракционному составу.

Ключевые слова: комплексные рубки, надземная фитомасса, фракционный состав, морфометрические показатели, световая и теневая хвоя.

Оценка фактических запасов фитомассы лесов, содержащих около 80 % углерода всего растительного покрова планеты, является актуальной задачей [1]. Особенно важно оценить формирование фитомассы после различных лесохозяйственных мероприятий, в том числе направленных на восстановление хвойных насаждений на месте вторичных лиственных лесов. Обусловлено это особенностями сукцессионных процессов, морфологическими и биологическими показателями подпологового элемента леса (подроста), из которого будет формироваться хвойное насаждение.

Исследования выполнены на территории Сокольского лесничества (кв. 1, 2 Двиницкого участкового лесничества). Стационар заложен Вологодской лабораторией Северного НИИ лесного хозяйства в березовом насаждении черничного типа условий местопроизрастания. Полевые и камеральные работы при создании опытных объектов и в последующие годы осуществлены по общепризнанным в таксации и лесоводстве методам [2, 3, 6]. Тип леса установлен по типологии В.Н. Сукачева [5] с учетом схемы, принятой для условий Европейского Севера.

Рельеф участка равнинный. Микрорельеф выражен слабо, в основном в виде сгнивших приствольных и пневых повышений. Почва среднеподзолистая, супесчаная, свежая, на суглинке.

© Дружинин Ф.Н., 2012

Таблица 1

| Вариант опыта | Давность, рубка, лет | Состав | Средние по дровостою | | | Высота, м | Количество, шт./га | Поднога | | Бонитет | Запас, м ³ /га |
|---------------|----------------------|-------------------------------|----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------|-----------|---------------------------|
| | | | Возраст, лет | Диаметр, см | Возраст, лет | | | м ² /га | отн. ед. | | |
| I | 0 | 10Е | 35 | 2,1 | 1,7 | 1670 | – | 0,6 | 0,10 | V | 1 |
| | 10 | 10Е ед.Ос | 45 | 9,0 | 7,1 | 1870 | 1310 | 11,7 | 0,75 | V | 50 |
| | 27 | 10Е+Ос | 62 | 15,7 | 16,3 | 1620 | 305 | 32,5 | 1,07 | III | 265 |
| II | 0 | 10Е | 35 | 0,7 | 1,5 | 3220 | – | 0,1 | 0,05 | V | 1 |
| | 10 | 10Е | 45 | 7,0 | 6,1 | 2690 | 2490 | 10,4 | 0,73 | V | 41 |
| III | 27 | 10Е ед.Ос | 62 | 12,3 | 14,4 | 2850 | 107 | 32,2 | 1,25 | III | 254 |
| | 0 | 10Е | 35 | 1,1 | 1,6 | 4630 | – | 0,4 | 0,08 | V | 1 |
| IV | 10 | 10Е ед.Ив | 45 | 6,1 | 5,3 | 4270 | 1700 | 12,5 | 0,98 | V | 36 |
| | 27 | 10Е ед.Ос Ив Б | 62 | 10,6 | 13,0 | 3820 | 699 | 34,3 | 1,39 | IV | 230 |
| | 0 | 10Е | 35 | 1,1 | 1,6 | 6000 | – | 0,6 | 0,10 | V | 1 |
| V(контроль) | 10 | 10Е ед.Ос | 45 | 6,2 | 5,8 | 5470 | 2000 | 16,4 | 1,20 | V | 63 |
| | 27 | 10Е ед.Ос | 62 | 9,9 | 12,4 | 5070 | 889 | 39,1 | 1,62 | IV | 257 |
| | 0 | 10Е ед.Ос Ив 6Б1Ос3Е ед.Ив | 45 70 | 14,5 20,0 | 16,5 23,0 | 1390 1315 | 9940 6985 | 22,8 19,9 | 1,00 0,70 | II III | 173 190 |

Живой напочвенный покров, являющийся индикатором лесорастительных условий, до закладки стационара характеризовался типичным флористическим составом для вторичных березняков в черничных лесорастительных условиях с фрагментарным участием черники. Наряду с представителями лесного разнотравья значима доля злаковых растений.

Сформировавшиеся березняки характеризовались высокой производительностью древостоя. Формирование подраста ели происходило после образования лиственного полога, на что указывает его возраст (35 ± 7) лет. Средняя высота подраста – 1,6 м, размещение по площади равномерное. Его количество достигало 9...10 тыс. экз./га, что явилось определяющим для закладки опытов со сплошной рубкой лиственного полога и разной интенсивностью сохранения подраста: 1,5; 3,0; 4,5; 6,0 тыс. экз./га (опыты с I по IV в табл. 1). Площадь каждого варианта составляла 0,4 га. На контроле сохранен лиственный полог и подрост.

О жизнеспособности и потенциальных возможностях формирования ценных лесных насаждений можно судить по характеристикам развития и функционального состояния ассимиляционного аппарата деревьев. Степень и изменение охвоения после лесосечных работ определяют последующую продуктивность древостоев [4]. По надземной фитомассе и ее фракционному составу можно с высокой достоверностью оценивать эффективность лесохозяйственных мероприятий, в том числе и на ранней стадии после их проведения.

Для выявления надземной фитомассы и изменения ее фракционного состава в последующие после рубок годы осуществлен отбор модельных деревьев из трех наиболее представленных ступеней толщины [7]. У каждого дерева крону разделяли на три равные по длине части. Из каждой части после взвешивания отбирали 1-2 средние ветки для анализа. Фракционный состав (ветки, хвоя, кора, древесина) подразделяли на хвою и ветки 1-, 2-, 3-, 4–6-, 7-го годов и старше. Массу каждой фракции пересчитывали на абс. сухое вещество.

У большинства особей подроста ели до рубки в верхней части крон фиксировали наличие световой хвои. Через 3 года после рубки началось отмирание части теневой хвои старшего возраста, продолжительность ее жизни сократилась до (8 ± 1) лет, тогда как на контроле, под листовым пологом, продолжительность составляла (12 ± 2) лет.

При сравнении морфологических и морфометрических показателей до рубки и через 3 года после проведения комплексной рубки выявлено, что до рубки 40...50 % подроста ели имели световую хвою, доля которой в верхней части кроны в среднем составляла 20...25 %. Через 3 года после рубки световая хвоя на побегах текущих приростов доминировала (более 80 %). На контрольном варианте за это время усилилось угнетение ели листовым пологом, при этом уменьшилось количество деревьев со световой хвоей.

Из морфометрических показателей наибольшей изменчивостью характеризовалась длина хвои (табл. 2). Различия достигали 14...75 %. В вариантах с полной уборкой листового полога длина хвои колебалась в пределах 1,1...1,4 см, тогда как на контроле (без рубки) показатели находились в пределах 0,8...1,2 см.

Замечено, что у ели в вариантах опыта длина хвои в верхней части крон больше по сравнению с нижней. В отношении ширины хвои существенных различий по ее местоположению в кронах выявлено не было.

Таблица 2

Метрические показатели хвои

| Часть кроны | Возраст хвои, лет | Длина, см | | | | Ширина, мм | | | |
|----------------------------|-------------------|--------------|----------|----------|----------|--------------|----------|----------|----------|
| | | <i>M ± m</i> | <i>G</i> | <i>C</i> | <i>P</i> | <i>M ± m</i> | <i>G</i> | <i>C</i> | <i>P</i> |
| Среднее по вариантам опыта | | | | | | | | | |
| Верхняя | 1 | 1,4±0,03 | 1,52 | 1,08 | 2,4 | 0,9±0,02 | 0,12 | 1,19 | 2,2 |
| | 2 | 1,4±0,03 | 1,16 | 0,96 | 2,1 | 1,0±0,03 | 0,13 | 1,29 | 2,9 |
| | 3 | 1,5±0,03 | 1,13 | 0,80 | 1,9 | 1,1±0,02 | 0,25 | 1,80 | 4,2 |
| | 4–6 | 1,3±0,03 | 1,79 | 1,38 | 3,1 | 1,0±0,03 | 1,40 | 1,41 | 3,1 |
| Средняя | 1 | 1,3±0,03 | 1,21 | 1,05 | 2,2 | 0,9±0,02 | 1,00 | 1,07 | 2,4 |
| | 2 | 1,2±0,03 | 1,46 | 1,32 | 2,9 | 1,0±0,02 | 1,10 | 1,05 | 2,5 |
| | 3 | 1,2±0,03 | 1,28 | 1,09 | 2,4 | 1,0±0,02 | 1,10 | 1,12 | 2,4 |
| | 4–6 | 1,1±0,03 | 1,32 | 1,08 | 2,4 | 1,0±0,03 | 1,40 | 1,06 | 3,2 |
| | ≥7 | 1,3±0,02 | 1,46 | 1,49 | 2,4 | 1,0±0,02 | 1,10 | 2,31 | 2,6 |

Окончание табл. 2

| Часть кроны | Возраст хвои, лет | Длина, см | | | | Ширина, мм | | | |
|-------------|-------------------|-----------|------|------|-----|------------|------|------|-----|
| | | $M \pm m$ | G | C | P | $M \pm m$ | G | C | P |
| Нижняя | 1 | 1,2±0,03 | 1,54 | 1,22 | 2,7 | 1,0±0,02 | 0,90 | 0,97 | 2,2 |
| | 2 | 1,1±0,03 | 1,21 | 1,11 | 2,5 | 1,0±0,03 | 1,20 | 1,45 | 2,9 |
| | 3 | 1,1±0,03 | 1,42 | 1,27 | 2,8 | 1,0±0,03 | 1,20 | 1,21 | 2,7 |
| | 4–6 | 1,1±0,03 | 1,31 | 1,35 | 3,0 | 1,0±0,03 | 1,40 | 1,36 | 3,1 |
| | ≥7 | 1,1±0,04 | 1,87 | 1,70 | 3,8 | 1,0±0,03 | 1,30 | 1,30 | 2,9 |
| Контроль | | | | | | | | | |
| Верхняя | 1 | 0,8±0,03 | 1,06 | 1,25 | 2,8 | 0,9±0,03 | 1,30 | 1,56 | 3,4 |
| | 2 | 0,9±0,04 | 1,67 | 1,73 | 3,8 | 1,0±0,03 | 1,30 | 1,25 | 3,1 |
| | 3 | 1,0±0,03 | 1,10 | 1,11 | 2,6 | 1,0±0,03 | 1,30 | 1,22 | 2,8 |
| | 4–6 | 0,9±0,02 | 1,20 | 1,34 | 3,0 | 1,0±0,03 | 1,50 | 1,38 | 3,1 |
| | ≥7 | 0,9±0,03 | 1,38 | 1,50 | 3,4 | 0,9±0,03 | 1,50 | 1,56 | 3,5 |
| Средняя | 1 | 0,9±0,04 | 1,59 | 1,51 | 3,4 | 0,9±0,03 | 1,30 | 1,32 | 2,9 |
| | 2 | 0,9±0,03 | 1,28 | 1,28 | 2,9 | 1,0±0,03 | 1,40 | 1,37 | 3,0 |
| | 3 | 0,9±0,03 | 1,39 | 1,39 | 3,0 | 1,1±0,04 | 1,60 | 1,54 | 3,5 |
| | 4–6 | 1,0±0,02 | 1,43 | 1,43 | 3,1 | 1,1±0,03 | 1,40 | 1,31 | 3,0 |
| | ≥7 | 1,0±0,03 | 1,56 | 1,56 | 3,2 | 1,1±0,04 | 1,60 | 1,44 | 3,2 |
| Нижняя | 1 | 1,0±0,03 | 1,51 | 1,51 | 3,4 | 0,9±0,03 | 1,30 | 1,32 | 2,9 |
| | 2 | 1,0±0,03 | 1,28 | 1,28 | 2,9 | 1,0±0,03 | 1,40 | 1,37 | 3,0 |
| | 3 | 1,1±0,03 | 1,39 | 1,39 | 3,0 | 1,1±0,04 | 1,60 | 1,54 | 3,5 |
| | 4–6 | 1,0±0,03 | 1,43 | 1,43 | 3,1 | 1,1±0,03 | 1,40 | 1,31 | 3,0 |
| | ≥7 | 1,0±0,03 | 1,56 | 1,56 | 3,2 | 1,1±0,04 | 1,60 | 1,44 | 3,2 |

Примечание. M – среднее значение, m – ошибка среднего значения, G – среднеквадратичное отклонение, C – коэффициент изменчивости, %, P – точность опыта, %.

Таким образом, в опытных вариантах комплексных рубок при удалении листового полога происходит развитие световой хвои и увеличение ее линейных размеров по всей длине кроны, которое не зависит от интенсивности выборки подроста. Усиление роста ассимиляционного аппарата оказывает положительное влияние на общую фитомассу ели (табл. 3).

Через 10 лет после проведения комплексной рубки произошло увеличение фитомассы хвои подроста ели на 28...60 %. При этом фитомасса хвои по отношению к ветвям возросла в 1,8–2,8 раза. Заметно увеличилась масса стволовой древесины по отношению к ветвям.

Через 27 лет после рубок масса хвои ели снизилась прежде всего за счет нижней части крон. На контроле из-за угнетающего влияния листового полога наблюдалось заметное снижение фитомассы хвои и веток в верхней части крон ели. При этом характерен низкий показатель отношения массы хвои к ветвям (0,8).

Таким образом, в результате проведения комплексных рубок (удаление листового полога и части подроста ели) из березового насаждения сформирова-

ровано еловое. Через 27 лет после рубки во всех вариантах сохранения подроста (1,5; 3,0; 4,5; 6,0 тыс. экз./га) запас стволовой древесины выше, чем на контроле в лиственном насаждении с подпологовой елью. По общей надземной фитомассе наибольшей продуктивностью характеризуется древостой ели в варианте комплексной рубки с полной уборкой лиственного полога и прореживанием подроста до 1,5 тыс. экз./га.

Таблица 3

Надземная фитомасса ели через 27 лет после проведения комплексных рубок с разной интенсивностью выборки подроста*

| Фракции и показатели | Варианты опыта | | | | | Контроль | |
|------------------------------------|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | I** | I | II | III | IV | V** | V |
| Хвоя: | | | | | | | |
| верхняя | <u>1,0</u> | <u>3,5</u> | <u>1,8</u> | <u>0,8</u> | <u>1,0</u> | <u>0,8</u> | <u>0,7</u> |
| | 28 | 49 | 42 | 21 | 30 | 34 | 18 |
| средняя | <u>1,8</u> | <u>3,1</u> | <u>2,1</u> | <u>2,3</u> | <u>1,5</u> | <u>1,3</u> | <u>1,5</u> |
| | 50 | 44 | 49 | 61 | 46 | 52 | 41 |
| нижняя | <u>0,8</u> | <u>0,5</u> | <u>0,4</u> | <u>0,7</u> | <u>0,8</u> | <u>0,4</u> | <u>1,5</u> |
| | 22 | 7 | 9 | 18 | 24 | 14 | 41 |
| | <u>3,6</u> | <u>7,1</u> | <u>4,3</u> | <u>3,8</u> | <u>3,3</u> | <u>2,5</u> | <u>3,7</u> |
| | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Ветви живые: | | | | | | | |
| верхняя | <u>0,7</u> | <u>3,4</u> | <u>1,2</u> | <u>0,5</u> | <u>0,5</u> | <u>0,8</u> | <u>0,5</u> |
| | 7 | 49 | 36 | 15 | 20 | 11 | 11 |
| средняя | <u>2,3</u> | <u>3,0</u> | <u>1,2</u> | <u>1,3</u> | <u>1,1</u> | <u>4,6</u> | <u>1,7</u> |
| | 50 | 43 | 36 | 38 | 44 | 67 | 37 |
| нижняя | <u>1,2</u> | <u>0,6</u> | <u>0,9</u> | <u>1,6</u> | <u>0,9</u> | <u>1,5</u> | <u>2,4</u> |
| | 43 | 8 | 28 | 47 | 36 | 22 | 52 |
| | <u>4,2</u> | <u>7,0</u> | <u>3,3</u> | <u>3,4</u> | <u>2,5</u> | <u>6,9</u> | <u>4,6</u> |
| | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Ветви мертвые | 0,7 | 1,6 | 0,9 | 0,2 | 0,8 | 0,2 | 0,2 |
| Опад | 0,2 | 0,1 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | – |
| Кора (0,0001 м ³) | 37,0 | 251 | 104 | 138 | 96 | 30 | 415 |
| Древесина (0,0001 м ³) | 352 | 1185 | 829 | 509 | 487 | 229 | 482 |
| Отношение массы хвой: | | | | | | | |
| к ветвям | 0,9 | 1,0 | 1,3 | 1,1 | 1,3 | 0,4 | 0,8 |
| к древесине | 102 | 60 | 52 | 75 | 68 | 109 | 77 |
| Отношение массы веток к древесине | 119 | 59 | 40 | 67 | 51 | 30 | 95 |

*В числителе – в килограммах, в знаменателе – в процентах.

**Данные через 10 лет после рубки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вальтер Г. Растительность земного шара: пер. с нем. М.: Прогресс, 1974. 552 с.
2. ГОСТ 16128–70. Площади пробные лесоустроительные. Методы закладки. М.: Изд-во стандартов, 1971. 23 с.

3. ГОСТ 56-69–83. Площади пробные лесоустроительные. Метод закладки. Введ. 01.01.1984. М.: Изд-во стандартов, 1983. 10 с.

4. *Поротов В.Н.* Динамика массы хвои и древесины под влиянием рубок ухода // Материалы годичной сессии по итогам НИР за 1979 г. Архангельск: АИЛиЛХ, 1980. С. 75–76.

5. *Сукачев В.Н.* Динамика лесных биогеоценозов // Основы лесной биогеоценологии. М.; Л.: Наука, 1964. С. 5–49.

6. *Сукачев В.Н., Зонн С.В.* Методические указания к изучению типов леса. М.: АН СССР, 1961. 144 с.

7. *Усольцев В.А.* Биоэкологические аспекты таксации фитомассы деревьев. Екатеринбург: УрО РАН, 1997. 216 с.

Поступила 20.10.11

F.N. Druzhinin

The Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereshchagin

The Overground Phytomass of the Undercover Spruce after Complex Fellings

The analysis of the over ground phytomass formation has been carried out on a specially prepared permanent establishment. The complex fellings have been fulfilled along with the dense sampling of deciduous cover in birch plantation and simultaneous thinning of the undergrowth. The variants of our experiment have envisaged the undergrowth conservation for the next forest growing in the amount of 1.5, 3.0, 4.5, 6.0 thousand of trees per hectare. As a result of the given research under-shelter spruce phytomass after fellings according to the faction composition has been determined.

Key words: complex fellings, overground phytomass, faction composition, morphometric indices, light and shadow needles.

УДК 581.9: 502.7

В.Г. Сергиенко

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства

Сергиенко Валерий Гаврилович родился в 1947 г., окончил в 1974 г. Ленинградский государственный университет, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории лесоводства С.-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. Имеет более 65 печатных работ по вопросам экологии, охраны природы, биоразнообразия лесных и тундровых биогеоценозов, флористики, лесоводства и лесовосстановления.
E-mail: silvics@NP10489.spb.edu



ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ СЕВЕРО-ВОСТОКА ДВИНСКО-МЕЗЕНСКОЙ РАВНИНЫ И ПОЛУОСТРОВА КАНИН

Приведены сведения о действующих и предлагаемых для охраны особо охраняемых природных территорий (ООПТ) с редкими и охраняемыми видами растений, занесенных в Красные книги Ненецкого автономного округа (НАО) и Архангельской области.

Ключевые слова: особо охраняемые природные территории, биологическое разнообразие, ландшафты, Красная книга, редкие растения, охраняемые виды.

Комплексное освоение север-востока европейской части России (разведка, добыча и транспортировка углеводородного сырья) может нанести непоправимый ущерб природным экосистемам региона. Здесь, в тундре, притундровых лесах и редкостойной тайге, расположены обширные оленьи пастбища, места нереста лососевых и сиговых рыб, районы остановок птиц на миграционном пути, а также экотопы с местами обитания редких растений и животных, нуждающихся в охране.

Территория северо-востока Двинско-Мезенской равнины и п-ова Канин находится в условиях антропогенного влияния в связи с освоением нефтегазовых месторождений и других полезных ископаемых на шельфе Баренцева моря. Поэтому необходимо обеспечить охрану наиболее ценных природных объектов для сохранения целостности миграционных путей животных и снижения антропогенного воздействия на природу. Для охраны биоразнообразия здесь необходимо расширение системы особо охраняемых природных территорий (ООПТ) на комплексной ландшафтно-географической основе с учетом разнообразия зональных типов ландшафтов и растительности. Для каждой ландшафтной зоны должны быть организованы ООПТ, в том числе ботанические заказники и флористические памятники природы [2, 10, 11].

© Сергиенко В.Г., 2012

Исследования флоры и растительного покрова проводили в 1970–1976, 1982 г. и 2004 г. в 17 географических пунктах: 6 на северо-востоке Двинско-Мезенской равнины (Ручьи, Койда, Моржовец, Семжа, Мезень, Лешуконское) и 11 на п-ове Канин (Канин Нос, Тарханово, Камбальница, Микулкин, Шойна, Шомоховские сопки, Чижа, Чеша, Голубница, Несь, Вижас). В результате изучено 17 конкретных (локальных) флор. Кроме того, при кратковременном посещении изучали флору и растительность других районов: Яжма, Мгла, Михайловские сопки, мысы Конушин и Воронов, Б. Козлы, Долгощелье, Инцы, Каменка, Нисогора, Козьмогородское. При описании растительности, наряду с повсеместно распространенными, отмечали редкие виды.

Вся флора региона включает 714 таксонов, относимых к 86 семействам и 286 родам. Список видов, подлежащих охране, насчитывает 80 сосудистых растений (11,2 % от всей флоры). Эти виды с разной категорией охраны включены в Красные книги Архангельской области [3] и НАО [4]. На п-ове Канин два растения (*Dactylorhiza traunsteineri* и *Gentianella aurea*) относятся к исчезнувшим или возможно исчезнувшим (категория 0), под угрозой исчезновения находятся *Vahlodea atropurpurea* и *Veronica spicata* (категория 1). Среди охраняемых на северо-востоке Двинско-Мезенской равнины 16 и на п-ове Канин 21 вид нуждаются в особом внимании к их состоянию – в биологическом надзоре. Остальные отнесены к категориям 2–4. Анализ ареалов видов позволил выделить участки сосредоточения редких и охраняемых растений в мало нарушенных тундровых, лесотундровых и северотаежных ландшафтах. Сохранение этих видов непосредственно связано с охраной мест обитания в экотопах на ООПТ.

В настоящее время в регионе существует всего четыре ООПТ: государственный тундровый природный заказник регионального значения «Шоинский» на п-ове Канин; Онский биологический заказник; государственный Усть-Четласский ландшафтный заказник; ботанический памятник природы «Шегмас» в Лешуконском р-не Архангельской области.

Заказник регионального значения «Шоинский» (площадь 16,5 тыс. га) организован в 1997 г. на северо-западе п-ова Канин, в междуречье Торны и Шойны. Имеет международное значение как место гнездования и сезонных миграций водоплавающих птиц, нуждающихся в охране и воспроизводстве. Рекомендован для внесения в список водно-болотных угодий, охраняемых Рамсарской конвенцией. Охраняются также редкие виды, включенные в Красную книгу НАО [4]: *Draba incana*, *Gentianopsis detonsa*, *Gymnocarpium dryopteris*, *Lathyrus pilosus*, *Phyllodoce caerulea*, *Pinguicula villosa*, *Rhodiola rosea*, *Seseli condensatum*.

Онский биологический заказник (площадь 20,6 тыс. га) создан в 1976 г. [2]. Предназначен для охраны коренных лесов и болот в бассейне р. Оны (правый приток р. Мезени), 85 % площади его заняты мало нарушенными северотаежными лесными сообществами.

Усть-Четласский ландшафтный заказник (площадь 2,2 тыс. га) расположен против устья р. Четлас. Создан в 1987 г. в целях охраны северотаежных

ежного лесного комплекса на обнажениях карбонатных пород правого берега р. Мезенская Пижма [5]. Здесь произрастают редкие растения, занесенные в Красную книгу Архангельской области [3]: *Dactylorhiza traunsteineri*, *Epipogium aphyllum*, *Hammarbia paludosa*, *Gagea lutea*, *Juncus triglumis*, *Paeonia anomala*, *Pedicularis uralensis*, *Saxifraga nivalis*.

Ботанический памятник природы «Шегмас» (площадь 5 га) расположен на обнажениях р. Мезенская Пижма у дер. Шегмас. Охране подлежат редкие растения реликтового флористического комплекса, занесенные в Красную книгу Архангельской области [3]: *Agrostis korczaginii*, *Anemone sylvestris*, *Cypripedium calceolus*, *Dryas octopetala*, *D. punctata*, *Epipactis atrorubens*, *Gagea lutea*, *Paeonia anomala*, *Pinguicula alpina*, *Saxifraga cespitosa*, *Thymus thalijevii*, *Woodsia alpina*, *W. ilvensis*.

На существующих ООПТ присутствует всего 28 охраняемых видов растений. Для охраны других видов нужны новые ООПТ. Кроме того, существующие ООПТ не охватывают всего разнообразия экотопов в ландшафтах. Поэтому считаем возможным предложить территории для новых ООПТ, на которых отмечены редкие виды, занесенные в Красные книги: на п-ове Канин – 54 вида, на северо-востоке Двинско-Мезенской равнины – 25.

Для сохранения мало нарушенных ландшафтов с редкими и охраняемыми видами предлагаем 8 участков новых ООПТ: 7 ботанических заказников и 1 памятник природы. Эти территории уникальны по своим природным особенностям, средоточию охраняемых видов, подвержены антропогенному воздействию и нуждаются в сохранении. Часть из приведенных ниже ООПТ мы уже ранее рекомендовали [8, 9]. Даем краткую характеристику всех предлагаемых ООПТ.

1. «М и к у л к и н с к и й» – охране подлежит комплекс позднеледниковых реликтов и редких растений в устье р. Жемчужной на мысе Микулкин. Территория охватывает площадь от устья р. Жемчужной на север. Включает краевую юго-восточную часть кряжа Канинский Камень. Район представляет собой полого наклоненное на юго-восток плоскогорное плато до 100 м над уровнем моря, которое постепенно понижается к мысу Микулкин и оканчивается песчаной косой на берегу моря. Растительность представлена мелкоерниковой тундрой с различными вариантами кустарничковых и лишайниковых тундр, а также ивовыми зарослями на понижениях в рельефе и по долинам рек.

В приморских ценозах в устье р. Жемчужной фон создают *Honckenya peploides* subsp. *diffusa*, *Lathyrus japonicus* subsp. *pubescens*, *Leymus arenarius*, *Sagina saginoides* и эндемики северо-востока европейской части России – *Delphinium cryophilum*, *Taraxacum perfiljevii*, *Sonchus humilis*. Из редких растений, нуждающихся в охране, здесь встречаются *Castilleja lapponica*, *Coeloglossum viride*, *Delphinium cryophilum*, *Draba norvegica*, *Dryas octopetala*, *Gentiana verna* subsp. *arctica*, *Harimanella hypnoides*, *Lagotis glauca* subsp. *minor*, *Pinguicula alpina*, *Rhodiola rosea*, *Seseli condensatum*, *Viola microceras* [4, 9]. Такого скопления редких и эндемичных растений нет в других районах п-ова Канин.

2. «Североканинский» – растительность представлена типичными мелкоерниковыми тундрами на мысе Канин Нос. Район включает северо-западную оконечность кряжа Канинский Камень от урочища Тарханово на юге до побережья Баренцева моря на севере. Заказник предлагается для охраны горно-тундрового ландшафта с редкими видами: эндемики Европейского Севера *Astragalus frigidus* subsp. *grigorjewii*, *Gentiana verna* subsp. *arctica*, сибирский вид *Achoriphragma nudicaule*, находящийся здесь изолированно от своей основной части ареала, и папоротник *Athyrium distentifolium*. Западным для полуострова редким растением, отмеченным в НАО только на мысе Канин Нос, является *Gentianella aurea*. В районе становища Тарханово находится *Iocus classicus* эндемика Европейского Севера *Crepis nigrescens*. Кроме названных растений, в Красную книгу НАО [4] занесены *Carex saxatilis*, *C. maritima*, *Castilleja lapponica*, *Coeloglossum viride*, *Draba glacialis*, *Dryas punctata*, *Harimanella hypnoides*, *Lathyrus pilosus*, *Lomatogonium rotatum*, *Phyllodoce caerulea*, *Pinguicula alpina*, *Polygala amarella*, *Rhodiola rosea*, *Viola microceras*, *Saxifraga nivalis*.

3. «Конушинский» – участок с сообществами из *Picea obovata* на Шомоховских сопках, которые состоят из аллювиально-морских отложений на морене. Ландшафт представлен холмистой равниной. Берег в районе мыса Конушин обрывистый, и в слое торфа мощностью 3..4 м находятся хорошо сохранившиеся пни и участки стволов ели и березы, которые являются свидетельством теплого времени в конце голоцена.

Охране подлежит весь комплекс сопки в районе мыса Конушин. Особого внимания заслуживают 3 участка с небольшими еловыми островами и рединами – районы Каменного и Чешского озер и сопка Еловая с абсолютной высотой 81 м над уровнем моря. К охраняемым видам относятся *Athyrium distentifolium*, *Botrychium boreale*, *Calluna vulgaris*, *Carex glacialis*, *Coeloglossum viride*, *Draba incana*, *Gentianopsis detonsa*, *Gymnocarpium dryopteris*, *Pinguicula alpina*, *P. villosa*, *Primula farinosa*, *Viola rupestris* [4]. Здесь описан вид *Luzula wahlenbergii*, классическое местонахождение которого также надо сохранить.

4. «Яжемский» – расположен в долине р. Яжмы, в полосе притундровых редколесий в сочетании с южными тундрами. В район заказника входят луговые угодья и заболоченные берега реки. На приморских маршах, в крупноерниковой тундре и бугристых болотах отмечено обилие водоплавающих птиц (лебеди, гуси, утки и др.). Заказник может быть объявлен водноболотным угодьем для сохранения гнездящихся и перелетных птиц. В верхнем течении реки распространены редколесные сообщества *Picea obovata* и *Betula czerepanovii*.

В устье реки на засоленных почвах расположены приморские марши (лайды), периодически заливаемые во время приливов. На маршах обычна галофитная растительность на почвах разной степени засоления. На литорали в приливно-отливной полосе характерны группировки, в которых отмечены облигатные галофиты (эвгалофиты): *Agrostis stolonifera* subsp. *straminea*,

Atriplex nudicaulis, *Hippuris tetraphylla*, *Plantago subpolaris*, *Puccinellia capillaris*, *P. phryganodes*, *Salicornia herbacea* subsp. *pojarkovae*, *Stellaria humifusa*, *Triglochin maritimum*, *Tripolium vulgare*. Факультативные галофиты (мезогалофиты) занимают местообитания на средне- и слабозасоленных почвах и береговых дюнах – *Agrostis stolonifera*, *Arctophila fulva*, *Carex subspathacea*, *Cenolophium denudatum*, *Cochlearia arctica*, *Lathyrus japonicus* subsp. *pubescens*, *Ligusticum scothicum*. Здесь же присутствуют виды местной флоры (миогалофиты), предпочитающие экотонные к морю местообитания. К охраняемым в НАО относятся *Atriplex nudicaulis*, *Gentianopsis detonsa*, *Lathyrus japonicus* subsp. *pubescens*, *Ligusticum scothicum*, *Puccinellia phryganodes*, *Salicornia herbacea* subsp. *pojarkovae*, *Tripolium vulgare* [4].

5. «М и х а й л о в с к и й» – в районе Михайловских и Боровых сопки на мысе Михайловском в южной части п-ова Канин. Сопки тянутся на 1,5 км вдоль берега и распространяются на 700 м вглубь. В результате дефляционно-аккумулятивной деятельности ветра здесь образуются холмы и дюны высотой до 10...12 м. Дюны расположены в основном в зоне эпилиторали и заселяются растениями-псаммофитами. Дальше от берега небольшими участками между грядово-мочажинными болотами и мелководными озерами располагаются островки елового леса из *Picea obovata* с участием *Betula czerepanovii*, *B. nana* и кустарниковых ив. Растительность песчаных холмов представлена псаммофитными сообществами со слабо сомкнутым покровом в ценозах. На песчаных сопках в изобилии встречается редкий эндемик северо-востока европейской части России *Koeleria pohleana*. В Красную книгу НАО [4] занесены *Calluna vulgaris*, *Gymnocarpium dryopteris*, *Koeleria pohleana*, *Lathyrus japonicus* subsp. *pubescens*.

6. «Несский» – заказник предложен для охраны северных притундровых редколесных лиственничных сообществ *Larix sibirica* с участием *Alnus fruticosa*, *A. incana*, *Pinus sylvestris*, *Sorbus aucuparia* subsp. *glabrata* и грядово-мочажинных болот, расположенный в бассейне р. Несь на эрозионно-аккумулятивном ландшафте. Наиболее характерным районом с этими сообществами является междуречье Мглы, Неси и ее притока Кутины. Высота лиственничных редколесий не превышает 4...5 м. Стволы искривлены, подлесок почти отсутствует. Здесь лиственница находится на северном пределе распространения и занимает хорошо дренированные местообитания. Выше по течению, на надпойменной террасе по берегам р. Несь и ее притоков и в районе Несского озера, древостой образуют елово-березовые сообщества *Picea obovata* с примесью *Betula pubescens*. В подлеске присутствуют *Alnus incana*, *Padus avium*, ивы (*Salix dasyclados*, *S. phylicifolia*, *S. pyrolifolia*, *S. triandra*, *S. viminalis*), а также другие лесные и лесолуговые виды – *Atragene sibirica*, *Lonicera caerulea*, *Ribes nigrum*, *Rosa majalis*. К охраняемым видам в заказнике относятся *Actaea erythrocarpa*, *Calluna vulgaris*, *Dactylorhiza traunsteineri*, *Daphne mezereum*, *Gagea lutea*, *Goodyera repens*, *Gymnadenia conopsea*, *Gymnocarpium dryopteris*, *Larix sibirica*, *Naumburgia thyrsoiflora*, *Paeonia anomala*, *Pleurospermum uralense*, *Salix pyrolifolia*, *Veronica spicata* [4].

7. «Мыс Воронов» – район заказника расположен в Мезенском р-не Архангельской области, в районе мыса Воронов, и примыкает с юга к Полярному кругу, а на севере вдаётся в Мезенский залив. Охране подлежат экотопы открытых тундровых заболоченных ландшафтов с бугристыми и грядово-мочажинными болотными комплексами, зарослями ивовых кустарников в понижениях рельефа и березовым криволесьем из *Betula czerepanovii*. Здесь, на южном пределе своего распространения, находятся реликтовые арктические и гипоарктические виды: *Cochlearia arctica*, *Diapensia lapponica*, *Diphysastrum alpinum*, *Dupontia psilosantha*, *Gastrolychnis angustiflora*, *Juncus arcticus*, *Loiseleuria procumbens*, *Lomatogonium rotatum*, *Phyllodoce caerulea*, *Rhodiola rosea*, *Salix lapponum*, *Sibbaldia procumbens*, *Tofieldia pusilla*. К видам, подлежащим охране, относятся *Carex bicolor*, *C. glacialis*, *C. Norvegica*, *C. Recta*, *Draba incana*, *Lomatogonium rotatum*, *Puccinellia coarctata*, *P. phryganodes*, *Rhodiola rosea*, *Thymus serpyllum* subsp. *tanaënsis* [3].

8. «Лешуконский» – район памятника природы состоит из двух участков. Первый включает береговые обнажения мергеля пермского периода в устье р. Вашки (левый приток р. Мезени) по левому берегу между реками Енда и Ежуга. Длина участка 10 км. Второй участок с сосняком и ключевым болотом расположен на пойменной террасе правого берега р. Вашки напротив пос. Лешуконское [7]. Во флоре выходов мергелей отмечены редкие для Архангельской области виды: *Arenaria serpyllifolia*, *Astragalus australis*, *Cardaminopsis petraea*, *Cystopteris diskieana*, *Cotoneaster uniflorus*, *Dianthus deltoids*, *Epipactis atrorubens*, *Minuartia verna*, *Polygala amarella*, *Silene tatarica*, *S. wolgensis*, *Thymus serpyllum* subsp. *tanaënsis*, *T. talijevii*, *Viola rupestris*. Некоторые из них находятся в отрыве от основной части ареала или на его границе. На обнажениях произрастают бореально-степные виды (*Anemone sylvestris*, *Astragalus danicus*, *Eremogone saxatilis*, *Scorzonera humilis*, *Silene tatarica*, *Spirea media*, *Veronica spicata*) и бореально-неморальные (*Carex digitata*, *Lathyrus vernus*, *Melica nutans*, *Milium effusum*) виды. По склонам берега р. Вашки они довольно обильны. На аллювиальной почве пойменной террасы, в травяном покрове, также отмечены редкие виды: *Artemisia tanacetifolia*, *Anthyllis arenaria*, *Calamagrostis lapponica*, *Coryspermum algidum*, *Eremogone saxatilis*, *Leucorchis albida*, *Polygala vulgaris*, *Pilosella officinarum*.

Часть видов во флоре обнажений и пойменной террасы подлежит охране в Архангельской области [3]: *Anemone sylvestris*, *Artemisia tanacetifolia*, *Astragalus australis*, *Cardaminopsis petraea*, *Dactylorhiza traunsteineri*, *Epipactis atrorubens*, *Eremogone saxatilis*, *Gentianopsis doluchanovii*, *Leucorchis albida*, *Nymphaea tetragona*, *Paeonia anomala*, *Pedicularis uralensis*, *Poa tanfiljewii*, *Scorzonera humilis*, *Thymus serpyllum* subsp. *tanaënsis*, *T. talijevii*, *Viola mauritii*.

Кроме перечисленных ООПТ, на северо-востоке Двинско-Мезенской равнины ранее был предложен памятник природы «Лиственничник на Сёмже» [6]. Здесь, на повышениях рельефа, развиты лиственничные редколесья с примесью ели и березового криволесья, перемежающиеся сфагновыми грядово-мочажинными болотами.

Для охраны северотаежных верховых болот ранее были выделены две болотные системы: «Кольцо» – в 2 км западнее г. Мезень на площади 71,2 тыс. га, «Вадь» – в 10 км юго-западнее пос. Олема (левый берег р. Вашки) на площади 1,2 тыс. га [1].

В 2008 г. в Проекте схемы территориального планирования НАО, разработанном ФГУП «РосНИПИУрбанистика», в перечень проектов создания новых ООПТ на далекую перспективу внесено предложение по организации ряда заказников на п-ове Канин для охраны водно-болотных угодий и включения их в перспективный список Рамсарской конвенции.

На северо-востоке Двинско-Мезенской равнины специалистами Института экологических проблем Севера УрО РАН планируются ландшафтные заказники в бассейнах рек, впадающих в Мезенский залив Белого моря, и разрабатывается предложение по созданию национального парка площадью до 400 тыс. га с коренными мало нарушенными лесными массивами на отрогах возвышенности Тиманский кряж с включением в его территорию бассейна р. Мезенская Пижма.

Вновь предлагаемые ООПТ с охраняемыми видами растений в экотопах позволят сохранить в естественном состоянии типичные и уникальные природные комплексы и объекты живой природы, которым может грозить деградация и уничтожение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боч М. С., Мазинг В.В. Экосистемы болот СССР. Л.: Наука, 1979. 188 с.
2. Ермолин Б.В. Охраняемый природный фонд Архангельской области // Социально-экологические проблемы Европейского Севера. Архангельск, 1991. С. 163–174.
3. Красная книга Архангельской области. Архангельск, 2008. 351 с.
4. Красная книга Ненецкого автономного округа. Нарьян-Мар, 2006. 450 с.
5. Лащенко А.Н., Непомилуева Н.И. Редкие растительные сообщества Среднего Тимана, нуждающиеся в охране // Охрана и рациональное использование растительных ресурсов на Севере. Сыктывкар, 1982. С. 28–36.
6. Мироненко О.Н. Нуждающиеся в охране растения и фитоценозы Архангельской области // Проблемы охраны природы в бассейне Белого моря. Мурманск, 1984. С. 64–70.
7. Сергиенко В.Г. К охране флоры выходов мергелей в долине реки Мезень // Ботан. журн. 1986. Т. 71, № 1. С. 108–112.
8. Сергиенко В.Г. Территории Канино-Мезенского региона, предлагаемые для охраны // Проблемы организации природно-исторических национальных парков и развития сети охраняемых природных территорий на Русском Севере. Архангельск, 1988. С. 11–13.
9. Сергиенко В.Г. Нуждающиеся в охране ботанические объекты севера Восточной Европы // Ботан. журн. 2000. Т. 85, № 8. С. 123–131.
10. Сергиенко В.Г. Формирование сети особо охраняемых природных территорий и охрана природных экосистем в связи с хозяйственной деятельностью на Европейском Севере. СПб.: ФГУ СПбНИИЛХ, 2005. 194 с.

11. *Сергиенко В.Г.* Проблемы охраны и видовое разнообразие охраняемых растений Европейского Севера// Биоразнообразие растительного покрова Крайнего Севера: инвентаризация, мониторинг, охрана. Сыктывкар, 2007. С. 138–151.

Поступила 30.03.09

V.G. Sergiyenko

Saint-Petersburg Forestry Research Institute

Development Prospects of the Conservation Areas of the Northeastern Part of the Dvina-Mezen Plain and the Kanin Peninsula

The article presents information regarding the red-listed rare and preserved plant species inhabiting in existing and projected conservation areas of the Nenets Autonomous Okrug and Arkhangelsk Region.

Key words: nature reserve, biodiversity, landscapes, the Red Book, rare plants, preserved species.



УДК 630*232

Е.В. Золотарева¹, Е.Н. Самошкин²

¹Орловский государственный аграрный университет

²Брянская государственная инженерно-технологическая академия

Золотарева Елена Васильевна родилась в 1964 г., окончила в 1987 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры садово-паркового и ландшафтного строительства Орловского государственного аграрного университета. Имеет около 60 научных работ в области экологии, интродукции и акклиматизации древесных и травяных растений.
E-mail: flower64@mail.ru



ВИДОВОЙ СОСТАВ И СОСТОЯНИЕ ДРЕВЕСНЫХ ИНТРОДУЦЕНТОВ В НАСАЖДЕНИЯХ г. ОРЛА

Установлено, что в г. Орле произрастает 44 интродуцированных вида деревьев, кустарников и лиан, которые относятся к 18 семействам.

Ключевые слова: деревья, кустарники, лианы, Европа, Кавказ, американский континент, Восточная Азия.

Городские насаждения – необходимые элементы городского ландшафта. Они оказывают благоприятное влияние на его микроклимат, обогащают атмосферу кислородом, поглощают углекислый газ, т.е. улучшают качество городской среды. В урбоэкосистеме формируются специфические растительные сообщества со своеобразным видовым составом. С одной стороны, исчезают многие виды растений, свойственные данному региону, с другой – появляются новые. Их доля может достигать до 40 %. Порой они вытесняют из городской флоры аборигенные виды, которым сложно акклиматизироваться в городе. Лучше приживаются ксерофиты и галофиты [1].

Ведущее место в городах обычно занимают лиственные виды: часто – липа мелколистная, клен остролистный, тополь бальзамический, ясень пенсильванский, вяз гладкий, береза повислая, реже – вяз шершавый, дуб черешчатый, сосна обыкновенная, клен американский, каштан конский обыкновенный, тополя берлинский, канадский, черный и китайский, липа крупнолистная, ель обыкновенная, лиственница европейская [3].

Интересно, что флористический состав насаждений городов разных климатических зон очень похож: 15 % видов растений являются общими для всех городов Европы, а в центрах городов – до 50 % [2].

В связи с тем, что в г. Орле не было учета зеленых насаждений, нами по методике [4] проведена инвентаризация видового состава, изучены особенности роста, развития и состояния древесных растений.

В городе произрастает 44 интродуцированных вида деревьев, кустарников и лиан, которые относятся к 18 семействам (табл. 1, 2).

Таблица 1

Встречаемость интродуцентов в городских насаждениях

| Семейство | Количество таксонов | | Количество экземпляров, % |
|------------------|---------------------|------|---------------------------|
| | шт. | % | |
| Сосновые | 4 | 9,1 | 1,4 |
| Кипарисовые | 2 | 4,5 | 5,4 |
| Самшитовые | 1 | 2,3 | 0,5 |
| Ильмовые | 1 | 2,3 | 0,1 |
| Буковые | 1 | 2,3 | 0,1 |
| Ивовые | 2 | 4,5 | 1,7 |
| Липовые | 1 | 2,3 | 2,4 |
| Гортензиевые | 2 | 4,5 | 4,9 |
| Крыжовниковые | 2 | 4,5 | 0,1 |
| Розоцветные | 13 | 29,5 | 39,1 |
| Бобовые | 3 | 6,8 | 2,4 |
| Сумаховые | 1 | 2,3 | 0,2 |
| Кленовые | 1 | 2,3 | 20,1 |
| Конскокаштановые | 1 | 2,3 | 8,7 |
| Виноградовые | 1 | 2,3 | 0,1 |
| Лоховые | 1 | 2,3 | 0,1 |
| Маслинные | 5 | 11,4 | 11,0 |
| Жимолостные | 2 | 4,5 | 1,7 |

Наиболее представлены семейства розоцветных, маслинных, сосновых, бобовых; 14 семейств имеют по 1 или 2 вида.

Больше всего растений относится к семействам розоцветные, кленовые (в основном за счет клена ясенелистного), маслинные (сирени обыкновенной), конскокаштановые (традиционно используется конский каштан обыкновенный). Численность таксонов остальных семейств не превышает 5 %. Преобладают виды из Европы и Кавказа (40,9 %), американского континента (38,6 %), Восточной Азии (13,6 %). Весьма малое количество видов и форм растений (6,8 %) поступает из Центральной и Северной Азии.

Таблица 2

Состояние древесных интродуцентов в городских насаждениях

| Семейство | Вид | Количество экземпляров, %, по состоянию | | |
|-------------|-----------------------|-----------------------------------------|--------------------|--------|
| | | Хорошее | Удовлетворительное | Плохое |
| Сосновые | Ель колочая | 81 | 18 | 1 |
| | Ель канадская | 100 | – | – |
| | Сосна Веймутова | 95 | – | 5 |
| | Лжетсуга Мензиса | 100 | – | – |
| Кипарисовые | Туя западная | 85 | 11 | 4 |
| | Можжевельник казацкий | 58 | 30 | 12 |

Окончание табл. 2

| Семейство | Вид | Количество экземпляров, %, по состоянию | | | |
|------------------|------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------|--------|---|
| | | Хорошее | Удовлетворительное | Плохое | |
| Самшитовые | Самшит вечнозеленый | 78 | 22 | – | |
| Ильмовые | Вяз перистоветвистый | 100 | – | – | |
| Буковые | Дуб красный | 100 | – | – | |
| Ивовые | Тополь бальзамический | 55 | 37 | 8 | |
| | Тополь пирамидальный (итальянский) | 11 | 67 | 22 | |
| Липовые | Липа крупнолистная | 80 | 13 | 7 | |
| Гортензиевые | Чубушник венечный | 37 | 61 | 2 | |
| | Гортензия пепельная | 100 | – | – | |
| Крыжовниковые | Смородина черная | 100 | – | – | |
| | Крыжовник европейский | – | 100 | – | |
| Розоцветные | Кизильник блестящий | 90 | 10 | – | |
| | Боярышник сибирский | 100 | – | – | |
| | Ирга круглолистная | 88 | 11 | 1 | |
| | Пузыреплодник калинолистный | 72 | 19 | 9 | |
| | Спирея иволистная | 72 | 25 | 3 | |
| | Спирея японская | 73 | 25 | 2 | |
| | Спирея дубровколистная | 69 | 22 | 9 | |
| | Лапчатка кустарниковая | 100 | – | – | |
| | Роза морщинистая | 74 | 22 | 4 | |
| | Малина душистая | 91 | – | 9 | |
| | Вишня птичья | 100 | – | – | |
| | Вишня войлочная | 94 | 6 | – | |
| | Абрикос обыкновенный | – | 100 | – | |
| | Бобовые | Робиния лжеакация | 83 | 14 | 3 |
| | | Аморфа кустарниковая | 85 | 15 | – |
| | Сумаховые | Карагана древовидная | 73 | 26 | 1 |
| Сумах пушистый | | 86 | 14 | – | |
| Кленовые | Клен ясенелистный | 74 | 21 | 5 | |
| Конскокаштановые | Конский каштан обыкновенный | 88 | 10 | 2 | |
| Виноградовые | Виноград девичий пятилисточковый | 100 | – | – | |
| Лоховые | Облепиха крушиновидная | 100 | – | – | |
| Маслинные | Ясень ланцетный | 73 | 18 | 9 | |
| | Сирень обыкновенная | 83 | 13 | 4 | |
| | Сирень венгерская | 100 | – | – | |
| | Бирючина обыкновенная | 52 | 45 | 3 | |
| Жимолостные | Форзиция промежуточная | 100 | – | – | |
| | Снежнаягодник белый | 43 | 14 | 43 | |
| | Жимолость обыкновенная | 12 | 70 | 18 | |

В группе лиственных деревьев наиболее часто встречаются клен ясенелистный, конский каштан обыкновенный, липа крупнолистная. В хорошем состоянии находится дуб красный. Конский каштан обыкновенный часто не переносит повышенной загазованности и высокой температуры: к середине лета его листовые пластинки по краям «подгорают».

Хвойные деревья представлены туей западной, елями колючей и канадской, сосной веймутовой, лжетсугой Мензиса. Они давно введены в культуру, состояние их хорошее. Сосна веймутова, кроме того, переносит загазованность атмосферы, малотребовательна к почвам, морозо- и засухоустойчива.

Из лиственных кустарниковых видов преобладают сирень обыкновенная, кизильник блестящий, пузыреплодник калинолистный, спирея иволистная, чубушник венечный, ирга круглолистная, робиния лжеакация, роза морщинистая. Состояние изученных видов хорошее, но рекомендуется своевременная обрезка (в том числе омолаживающая) и желательна подкормка. Из хвойных кустарников перспективен можжевельник казацкий, его состояние хорошее.

В качестве источника поступления декоративных растений для дальнейшей интродукционной работы в условиях г. Орла наиболее перспективны Европа, Кавказ, Северная Америка, Восточная Азия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Александрова В.Д., Залесская Л.С.* Озеленение городов: справ. архитектора. Т. 3, полутом 2. М.: Госстройиздат, 1960. 463 с.
2. *Курбатов А.С., Башкин В.Н., Касимов Н.С.* Экология города. М.: Наука, 2001. 333 с.
3. *Кузьмина Т.Ф.* Планировка, застройка и озеленение городских улиц в условиях Средней Азии // Гигиена и санитария. 1970. № 10. С. 21–23.
4. Методика инвентаризации городских зеленых насаждений. М.: АКХ, 1997. 14 с.

Поступила: 24.08.09

*E.V. Zolotaryova*¹, *E.N. Samoshkin*²

¹Orel State Agrarian University

²Bryansk State Engineering-Technological Academy

Species Composition and State of Arboreal Alien Crops in the Orel City Stands

Wood stands in the city of Orel enclose: forty plant species, thirty eight species of brushwood and one form of liana. Number of the aliens: forty four, indigenous species – thirty four.

Key words: plants, brushwood, liana, Europe, Caucasus, american continent, Eastern Asia.

УДК 581.192

П.П. Силкин, Н.В. Екимова

Сибирский федеральный университет

Силкин Павел Павлович родился в 1969 г., окончил в 1994 г. Красноярский государственный университет, кандидат биологических наук, доцент кафедры биотехнологии, заведующий лабораторией функционирования лесных экосистем Института фундаментальной биологии и биотехнологии Сибирского федерального университета. Имеет более 50 печатных работ в области биофизики, дендрологии, дендрэкологии.
E-mail: ppsilk@forest.akadem.ru; ppsilk@rambler.ru



Екимова Наталья Викторовна родилась в 1972 г., окончила в 1996 г. Иркутский государственный университет, кандидат биологических наук, докторант Сибирского федерального университета. Имеет более 40 печатных работ в области эволюционной биологии, дендрологии, дендрэкологии, популяционной генетики, биологии и стратегии выживания видов, экологического мониторинга, интродукции и ландшафтного дизайна.
E-mail: ekimova_n@mail.ru



ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СОДЕРЖАНИЯ КАЛЬЦИЯ В КЛЕТОЧНЫХ СТЕНКАХ ГОДИЧНЫХ КОЛЕЦ ХВОЙНЫХ НА РЕЗУЛЬТАТЫ РЕНТГЕНОВСКОЙ ДЕНСИТОМЕТРИИ*

Рассмотрено влияние содержания ионов кальция в клеточных стенках трахеид на результаты рентгеновской денситометрии годовичных колец хвойных. Проведены теоретические оценки рентгенографической плотности веществ основных компонентов клеточной стенки.

Ключевые слова: ионы кальция, клеточные стенки, рентгеновская денситометрия, годовичные кольца, плотность пектиновых веществ.

Рентгеновская денситометрия годовичных колец деревьев получила широкое распространение в мировой практике не только как надежный метод оценки качества древесины, но и как инструмент исследования в экологии и климатологии [12]. Согласно современным данным [12], годовичные вариации плотности в разных зонах годовичного кольца связаны с увлажнением и температурным режимом вегетационных периодов. Наиболее четко подобные связи проявляются в условиях действия одного лимитирующего фактора, например, в высоких широтах произрастания деревьев, где ограничивающим рост фактором является температура [5]. Однако работы, где бы рассматривался вопрос

* Работа поддержана грантом РФФИ 08-04-00296 и аналитической ведомственной целевой программой «Развитие научного потенциала высшей школы (2009-10 гг.)». «История климата голоцена Евразии по дендроклиматическим данным», №2.1.1/6131.

© Силкин П.П., Екимова Н.В., 2012

о влиянии элементного состава клеточных стенок трахеид годовичных колец на результаты рентгеновской денситометрии, фактически отсутствуют. В статье К. Пернестала и Б. Джонсона [11] представлены данные подобных исследований, согласно которым может реализоваться ситуация, когда элементный состав годовичных колец внесет в результаты рентгеновской денситометрии ошибку более 2 %. Из результатов, полученных нами ранее [8, 13], следует, что существует хорошо выраженная связь между рентгенографической плотностью* клеточной стенки древесины двух видов хвойных (лиственница и сосна) и ее толщиной. При этом абсолютные значения рентгенографической плотности клеточных стенок в ранней древесине приближаются к плотности алюминия [8]. Данный результат является неожиданным, так как принято считать, что реальная гравиметрическая плотность годовичного кольца полностью совпадает с ее рентгенографической плотностью, измеренной методами рентгеновской денситометрии [12]. Причину различия между рентгенографической и гравиметрической плотностью годовичных колец хвойных следует искать в наличии минеральных включений в клеточных стенках, которые более эффективно, по сравнению с органогенными элементами, поглощают рентгеновское излучение, что может приводить к завышению результатов рентгеновской денситометрии. Наиболее высокие концентрации в клеточных стенках имеет кальций, который входит в состав пектиновых веществ [1, 6], поэтому в данной работе акцент сделан именно на нем.

Методы и материалы

Теоретическая оценка влияния содержания кальция в клеточных стенках на результаты рентгеновской денситометрии на данном этапе исследований представляется наиболее эффективным методом, позволяющим получить данные об эффекте, анализ которого покажет перспективность дальнейших экспериментальных исследований. В качестве минерального включения рассматривался пектат кальция, наличие которого в срединной пластинке годовичных колец хвойных не вызывает сомнений [1, 6].

Рентгеновская денситометрия годовичных колец основана на явлении поглощения рентгеновских лучей конденсированным веществом по следующему закону [4]:

$$I = I_0 e^{-\mu x}, \quad (1)$$

где I_0 , I – интенсивности пучка до попадания в вещество и после прохождения в нем расстояния x ;

μ – линейный коэффициент ослабления рентгеновского излучения, см^{-1} .

* В контексте данной статьи под термином «рентгенографическая плотность» подразумевается физическая плотность вещества, измеренная методами рентгеновской денситометрии.

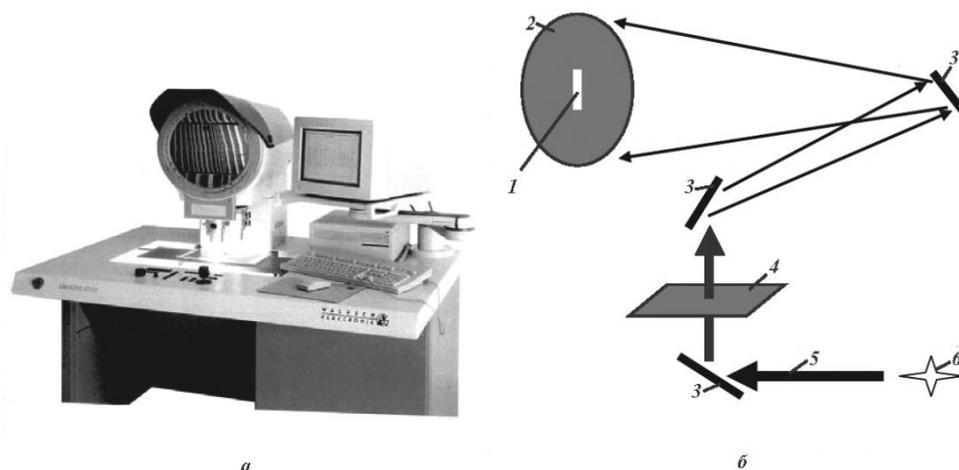


Рис. 1. Общий вид денситометра DENDRO-2003 (а) и его оптическая схема (б): 1 – оптический сенсор, 2 – матовый экран, 3 – система зеркал, 4 – рентгеновское изображение годичных колец, 5 – калиброванный пучок света

Величина $1/\mu$ равна расстоянию, на котором пучок фотонов ослабляется в e раз и является средним свободным пробегом фотона в веществе до взаимодействия с атомом.

В качестве измерителя плотности годичных колец использовали денситометрический комплекс DENDRO-2003 производства фирмы «Walesch Electronics» (Швейцария). На рис. 1 приведены фотография и оптическая схема собственно измерителя плотности. Кроме того, денситометрический комплекс включает в себя рентгеновский аппарат, экстракционную установку (аппарат Сокслета) и двухлезвенный фрезерный станок, с помощью которого из образцов древесины выпиливаются плоскопараллельные пластинки одинаковой толщины (рис. 2, а). Плоскость распила должна проходить перпендикулярно направлению трахеид в образце. С помощью аппарата Сокслета из образцов удаляются смолы, так как они дополнительно к клеточным стенкам поглощают рентгеновское излучение, что приводит к ошибкам измерения плотности [12]. Подготовленные таким образом пластинки экспонируются в рентгеновских лучах в целях получения высококонтрастного рентгеновского снимка годичных колец. Экспонирование проводится в диапазоне мягкого рентгеновского излучения небольшой интенсивности в течение продолжительного времени. Как правило, устанавливают следующий режим работы рентгеновской трубки: напряжение на аноде – 8...15 кВ, ток анода – 18 мА, время экспозиции – в пределах 1 ч. После проявки рентгеновской пленки получается изображение годичных колец в рентгеновском диапазоне длин волн вместе с изображением калибровочного клина из ацетата целлюлозы (рис. 2, б). Собственно плотность годичных колец измеряют по изменению интенсивности пучка света (см. рис. 1, б), проходящего через изображение участка годичного

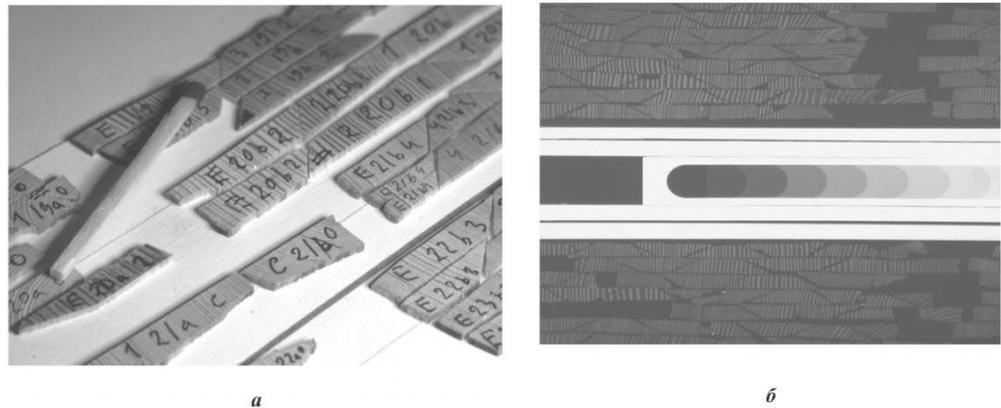


Рис. 2. Образцы годовичных колец лиственницы, подготовленные для рентгенографии (а) и участок рентгеновской пленки с изображением годовичных колец и калибровочного клина (б)

кольца на рентгеновской пленке, с последующим пересчетом в физическую плотность. Пространственное разрешение данной аппаратуры достаточно велико. Толщина проекции фотосенсора на плоскость рентгеновской пленки составляет 10 мкм при шаге ее перемещения с помощью электрических приводов 3 мкм, что позволяет измерять профиль плотности годовичных колец вдоль радиального направления. Более подробно с методами рентгеновской денситометрии можно ознакомиться в [7, 9, 12].

Анализ работы денситометра DENDRO-2003 показал, что измеренная с его помощью рентгенографическая плотность P образца связана с физическими характеристиками μ и x следующим выражением [9]:

$$P = 0,4x\mu. \quad (2)$$

Здесь μ – линейный коэффициент ослабления рентгеновского излучения образца толщиной x .

Линейный коэффициент ослабления рентгеновского излучения химическим соединением можно рассчитать с помощью выражения [4]:

$$\mu = \frac{\rho}{M} \sum_{i=1}^k n_i M_i \mu_{mi}, \quad (3)$$

где ρ и M – гравиметрическая плотность и молярная масса химического соединения;

n_i – количество атомов i -го элемента в соединении;

M_i и μ_{mi} – относительная атомная масса и массовый коэффициент ослабления i -го элемента.

Таким образом, зная химическую формулу вещества, с помощью выражений (2) и (3) можно рассчитать теоретическое значение его рентгенографической плотности, не прибегая к прямому измерению с помощью денситометра DENDRO-2003. Для сравнения, кроме рентгенографической плотности пектата кальция, рассчитывали рентгенографическую плотность лигнина, целлюлозы и пектинового вещества без ионов кальция.

Результаты и выводы

Молекула пектата кальция образована несколькими молекулами *d*-галактуроновой кислоты, два атома водорода в которой замещены ионами Ca^+ [1, 6]. В работе использовалась химическая формула пектата кальция $\text{C}_{32}\text{H}_{36}\text{O}_{28}\text{Ca}_2$ [6, 10]. Для сравнения рассматривалась химическая формула пектата кальция, в которой ионы кальция заменены ионами водорода ($\text{C}_{32}\text{H}_{38}\text{O}_{28}$), а также два других основных компонента клеточной стенки: целлюлоза ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$) и лигнин ($\text{C}_{57}\text{H}_{60}\text{O}_{10}$) [6, 10]. Рентгенографическую плотность рассчитывали согласно выражениям (2) и (3). Массовые коэффициенты ослабления элементов были взяты из рентгеноспектрального справочника [3] для длины волны $\lambda = 2,1874 \text{ \AA}$, соответствующей максимальной интенсивности тормозного излучения рентгеновской трубки при напряжении на аноде 8,5 кВ [2]. Гравиметрическую плотность вещества принимали равной $1,4 \text{ г/см}^3$, толщину образцов – 0,1 см (как при приготовлении образцов для рентгеновской денситометрии).

Результаты расчетов с помощью выражений (2) и (3) рентгенографических плотностей и линейных коэффициентов ослабления рентгеновского излучения целлюлозы, лигнина и пектата кальция приведены в таблице.

| Вещество | μ , см^{-1} | P , г/см^3 |
|--------------------------------------------|--------------------------|-----------------------|
| Целлюлоза | 33,2 | 1,37 |
| Лигнин | 22,0 | 0,95 |
| Пектат кальция | 77,7 | 3,20 |
| Формула пектата кальция без атомов кальция | 31,3 | 1,29 |

Согласно анализу полученных результатов можно заключить, что целлюлоза, лигнин и пектат кальция без атомов кальция не имеют высоких рентгенографических плотностей. Рентгенографическая плотность пектата кальция имеет высокое значение, превышающее плотность алюминия, равную $2,7 \text{ г/см}^3$. Сравнение рентгенографических плотностей пектата кальция и пектата кальция без атомов кальция (с метилированными участками карбоксильных групп) показало, как сильно может повлиять на результаты рентгеновской денситометрии относительно небольшое изменение химического состава клеточных оболочек. Данный факт может служить основой для объяснения высокой рентгенографической плотности клеточных стенок в ранней древесине за счет повышения содержания в них ионов кальция.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бардинская М.С. Растительные клеточные стенки и их образование. М.: Наука, 1964. 160 с.
2. Блохин М.А. Физика рентгеновских лучей. М.; Л.: Гос. изд-во техн.-теорет. лит-ры, 1957. 518 с.

3. *Блохин М.А., Швейцер И.Г.* Рентгеноспектральный справочник. М.: Наука, 1982. 376 с.
4. *Бокий Г.Б., Порай-Кошиц М.А.* Рентгеноструктурный анализ. М.: Изд-во МГУ, 1964. Т. 1. 492 с.
5. *Ваганов Е.А., Шашкин А.В.* Рост и структура годичных колец хвойных. Новосибирск: Наука, 2000. 214 с.
6. *Раздорский В.Ф.* Анатомия растений. М.: Сов. наука, 1949. 524 с.
7. *Силкин П.П.* Метод измерения массы и плотности клеточных стенок трахеид хвойных. Оценка работоспособности метода//Материалы III конф. молодых ученых, посвященной М.А. Лаврентьеву. Новосибирск, 2003. С. 129–133.
8. *Силкин П.П.* Измерение сезонного накопления массы клеточными стенками трахеид //Реакция растений на глобальные и региональные изменения природной среды: тез. докл. Всеросс. совещания. Иркутск, 2000. С. 89.
9. *Силкин П.П.* Многопараметрический анализ структуры годичных колец в дендрозокологических исследованиях: автореф. дисс. ... д-ра биол. наук. Красноярск: ИПК СФУ, 2009. 34 с.
10. Химическая энциклопедия. М.: Изд-во БЭС, 1998. Т. 5. С. 662–667.
11. *Pernestal K., B. Jonsson B.* On the accuracy of density measurement by means of x-ray absorption. The influence of the elementary composition of wood on the mass absorption coefficient //Avdelningen för skogsuppskattning och skogsindelning. Rapport. 1991. N 22. P. 1–28.
12. *Silkin P.P.* Cell-wall masses of conifer tree ring //Tree Rings and People: Abstracts of International Conference on the Future of Dendrochronology. Davos, Switzerland, 2001. P. 202.
13. *Schweingruber F.H.* Tree-Ring: Basics and Applications of Dendrochronology. Dordrecht: Reidel. Publ., 1988. 276 p.

Поступила 07.12.09

P.P. Silkin, N.V. Yekimova
Siberian Federal University

Theoretical Assessment of Effect of Calcium Content in the Cell Walls of Annual Rings of Coniferous Species on the x-ray Densitometry Results

Effect of calcium ions content in the tracheid cell walls on the x-ray densitometry results of annual rings of coniferous species has been studied. Rapid increase of x-ray densitometry of pectine compared to other components leads to high density of cell wall in a whole.

Key words: calcium content, cell wall, densitometry, coniferous species, pectin, annual ring.

УДК 630*[228.125+ 165.3]

А.В. Жигунов¹, А.С. Бондаренко², М.А. Николаева¹

¹Санкт-Петербургский НИИ лесного хозяйства

²ФГУ «Рослесозащита»

Жигунов Анатолий Васильевич родился в 1950 г., окончил в 1972 г. Ленинградский государственный университет, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заместитель директора Санкт-Петербургского НИИ лесного хозяйства. Имеет более 140 печатных работ в области лесных культур, лесоведения, лесоводства.

E-mail: spb-nilh@inbox.ru



Бондаренко Александр Сергеевич родился в 1975 г., окончил в 1998 г. Санкт-Петербургскую государственную лесотехническую академию, кандидат сельскохозяйственных наук, начальник отдела «Ленинградская лесосеменная станция» филиала ФГУ «Рослесозащита» – «ЦЗЛ Ленинградской области». Имеет 19 печатных работ в области лесного семеноводства.

E-mail: asbond@mail.ru



Николаева Марина Алексеевна родилась в 1960 г., окончила в 1984 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат сельскохозяйственных наук, зав. лабораторией лесного семеноводства Санкт-Петербургского НИИ лесного хозяйства. Имеет более 30 печатных работ в области лесных культур и лесного семеноводства.

E-mail: spb-nilh@inbox.ru



ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОТБОРА ЭЛИТНЫХ ДЕРЕВЬЕВ ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Выполнено изучение роста семей плюсовых деревьев в испытательных культурах ели европейской биологического возраста 43 года. Получены данные о динамике изменения рангового положения семей и их сохранности. По результатам опыта впервые в России даны рекомендации по выделению отдельных плюсовых деревьев в категорию элитных.

Ключевые слова: испытательные культуры, семья, семенное потомство, плюсовые деревья, элитные деревья, наследуемость.

Испытательные культуры, создаваемые с использованием семенного потомства плюсовых деревьев, необходимы для оценки их генетических свойств. Указанная оценка производится в возрасте, когда стабилизируется ранговое положение деревьев относительно друг друга. Именно в этот период становится возможным делать вывод о генетически обусловленном преимуществе в росте тех или иных семей. По результатам исследования семьи с хорошей сохранностью растений, показавшие достоверное превышение в скоро-

сти роста над контролем, подлежат переводу в категорию элитных. При этом контроль создается с использованием семян селекционной категории «нормальные». В соответствии с «Указаниями по лесному семеноводству в Российской Федерации» [4] окончательная оценка семенных потомств плюсовых деревьев в испытательных культурах производится в возрасте потомств не менее 1/2 возраста рубки главного пользования или возраста спелости, принятого для данного вида лесных растений в конкретной лесорастительной зоне.

Одни из старейших в России испытательных культур, заложенных весной 1969 г. сотрудниками Ленинградского НИИ лесного хозяйства на территории Ленинградской области в Гатчинском лесничестве (Орлинское участковое лесничество, кв. 48), в настоящее время относятся к 3-му классу возраста и достигли периода, в котором возможна окончательная оценка семенного потомства плюсовых деревьев и выделение перспективных плюсовых деревьев в категорию элитных. В перспективе вегетативным потомством отобранных элитных плюсовых деревьев предполагается выполнить закладку лесосеменных плантаций второго порядка.

Объект и методика

Задачами данного исследования являются оценка сохранности и скорости роста семей ели европейской в испытательных культурах и обоснование выделения перспективных семей плюсовых деревьев в категорию элитных.

Исследуемые культуры заложены в соответствии с методикой Ленинградского НИИ лесного хозяйства, положенной в основу методических рекомендаций института [1]. Схема закладки опыта соответствует действующим в настоящее время требованиям [3]. Семьи плюсовых деревьев представлены различным числом повторностей – от 1 до 12. Контроль представляет собой семенное потомство местных насаждений нормальной селекционной категории. Посадка произведена в пласт плужных борозд четырехлетними саженцами с размещением 6×1 м. Дополнение семей выполнено осенью 1969 г.

В испытательных культурах в 2008 г. проведен сплошной пересчет деревьев с измерением основных биометрических показателей: диаметр на высоте груди (с точностью до 0,1 см) и высота (с точностью до 10 см). На основании сплошного пересчета деревьев рассчитана также сохранность потомств.

В связи с высокой плотностью изучаемых культур измерение высот деревьев всех семей выполнить затруднительно, поэтому высоты замерены у части деревьев в количестве от 2 до 13 для каждой из семей. При расчете средней высоты для каждой семьи использована линейная зависимость высоты от диаметра, поскольку в начальный период хода роста для деревьев ели характерна линейная связь высоты с диаметром. При количестве выполненных измерений высот более 3-х в пределах одной семьи произведен индивидуальный расчет коэффициентов регрессии для каждой семьи. При меньшем количестве измерений (3 и менее) для расчета средней высоты семьи использовали коэффициенты регрессии, рассчитанные для всей совокупности растений в данных

испытательных культурах. По результатам вычисления линейной регрессии для каждой семьи получены коэффициенты регрессии и рассчитаны соответствующие средние высоты для всех исследованных семей плюсовых деревьев (табл. 1).

Таблица 1

Средние значения высоты для семей плюсовых деревьев ели европейской

| Номер семьи | Количество деревьев, шт. | Диаметр, см | Количество замеренных деревьев, шт. | Коэффициенты уравнения линейной регрессии $Y = a + bX^*$ | | Средняя высота, м |
|-------------|--------------------------|-------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------|-------------------|
| | | | | <i>a</i> | <i>b</i> | |
| 12-26 | 25 | 23,8 ± 1,41 | 3 | 9,20 | 0,38 | 18,2 |
| 7-83 | 28 | 20,6 ± 1,05 | 4 | 3,54 | 0,69 | 17,7 |
| 35-54 | 215 | 20,0 ± 0,38 | 13 | 11,86 | 0,31 | 18,0 |
| 20-54 | 95 | 19,2 ± 0,48 | 2 | 9,20 | 0,38 | 16,5 |
| 29-54 | 191 | 19,0 ± 0,43 | 8 | 14,92 | 0,13 | 17,3 |
| 3-26 | 284 | 19,0 ± 0,37 | 2 | 9,20 | 0,38 | 16,4 |
| 47-54 | 147 | 18,1 ± 0,52 | - | 9,20 | 0,38 | 16,1 |
| К-54 | 97 | 17,8 ± 0,61 | 2 | 9,20 | 0,38 | 16,0 |
| 18-54 | 325 | 17,7 ± 0,29 | 10 | 15,09 | 0,13 | 17,5 |
| 28-54 | 408 | 17,6 ± 0,30 | 12 | 7,45 | 0,50 | 16,2 |
| 11-83 | 63 | 17,0 ± 1,47 | 3 | 9,20 | 0,38 | 15,7 |
| 11-26 | 104 | 16,9 ± 0,48 | 10 | 6,68 | 0,51 | 15,3 |
| Контроль | 227 | 16,8 ± 0,34 | 8 | 10,84 | 0,33 | 16,4 |
| 9-26 | 355 | 16,7 ± 0,36 | 12 | 10,27 | 0,32 | 15,6 |
| 8-83 | 48 | 16,4 ± 0,75 | 3 | 9,20 | 0,38 | 15,4 |
| 36-54 | 284 | 16,2 ± 0,32 | 10 | 9,05 | 0,40 | 15,5 |
| 44-54 | 248 | 16,1 ± 0,37 | 6 | 10,78 | 0,22 | 14,3 |
| 2-26 | 259 | 15,8 ± 0,33 | 4 | 8,09 | 0,40 | 14,5 |
| Среднее | 3506 | 17,5 ± 0,10 | 112 | 9,20 | 0,38 | 15,9 |

* Зависимость высоты от диаметра.

С целью определения уровня аддитивной генетической составляющей в фенотипической изменчивости признаков использован коэффициент варьирования в узком смысле, рассчитываемый как доля межсемейной дисперсии соответствующего биометрического показателя в его общей фенотипической изменчивости (дисперсии).

Для определения достоверности различий между биометрическими показателями семей плюсовых деревьев и контроля использован t-критерий Стьюдента для независимых выборок.

Результаты и обсуждение

В целях определения уровня аддитивной генетической составляющей в фенотипической изменчивости биометрических показателей выполнен расчет

коэффициента наследуемости в узком смысле. По результатам измерения диаметров на исследуемом участке испытательных культур наследуемость в узком смысле составила 0,05, что говорит о достаточно низком уровне вклада аддитивной генетической вариации в общую изменчивость признака (различия между семьями по среднему значению диаметра невелики). Это может быть обусловлено как недостаточной интенсивностью и низким качеством отбора плюсовых деревьев, так и тем фактом, что плюсовые деревья отобраны в пределах одного лесного массива и генетически обусловленный уровень варьирования показателей низок за счет высокой интенсивности обмена генетическим материалом в пределах популяции.

По результатам измерений хода роста деревьев в испытательных культурах, а также на основе использования методики расчета средних высот, изложенной выше, получены средние значения объема ствола для каждой из семей. На основании рекомендаций «Лесотаксационного справочника» [2] видовое число принято равным 0,494. Результаты измерений и рассчитанные на их основе средние высоты и объемы ствола в испытательных культурах приведены в табл. 2 для семьи, в которой упорядочены по среднему значению диаметра.

В соответствии с полученными данными семь семей плюсовых деревьев достоверно (на уровне значимости 0,05) превышают контроль по значению диаметра. К ним относятся (по уменьшению среднего диаметра) семьи № 12-26, 7-83, 35-54, 20-54, 29-54, 3-26, 47-54. При этом превышение среднего значения диаметра для указанных семей над контролем составляет от 8 (№ 47-54) до 42 % (№ 12-26). По высоте превышение достигает 11 %, по среднему объему ствола – 13 ... 123 %.

Одна семья (№ 2-26) по среднему значению диаметра достоверно отличается в меньшую сторону от контроля и является, таким образом, основным претендентом на исключение из состава возможных кандидатов в элиту. Несмотря на самые лучшие показатели роста, семьи № 7-83 и № 12-26 также не следует причислять к элитным в связи со слишком малой их представленностью (по одной повторности). Тем не менее, следует отметить их высокую скорость роста и по возможности продолжить испытания в рамках других опытов.

Средняя сохранность деревьев в испытательных культурах составляет 69 %, при этом различия между исследуемыми семьями по данному показателю сравнительно небольшие (от 49 до 79 %), что говорит о сопоставимом уровне устойчивости изучаемых семей к неблагоприятным факторам среды. Таким образом, повреждаемость неблагоприятными факторами среды не является определяющим показателем при отборе перспективных семей в данном опыте. Следует отметить, что контроль демонстрирует наилучшую сохранность растений (79 %). Средняя сохранность семей колеблется от 49 (№ 12-26) до 78 % (№ 36-54). Семьи № 12-26 и № 7-83 показывают сравнительно низкую сохранность растений (49 и 53 % соответственно). Данный факт в определенной степени объясняет высокие показатели скорости роста оставшихся особей.

Таблица 2

Средние значения биометрических показателей для семей плюсовых деревьев ели европейской

| Номер семьи | Количество деревьев, шт. | Количество повторностей, шт. | Средняя сохранность, % | Диаметр | | Высота | | Объем ствола | | Достоверность отличия по диаметру от контроля ($P = 0,05$) |
|-------------|--------------------------|------------------------------|------------------------|-------------|---------------|--------|---------------|----------------|---------------|--------------------------------------------------------------|
| | | | | см | % от контроля | м | % от контроля | м ³ | % от контроля | |
| 12-26 | 25 | 1 | 49 | 23,8 ± 1,41 | 142 | 18,2 | 111 | 0,401 | 223 | + |
| 7-83 | 28 | 1 | 53 | 20,6 ± 1,05 | 122 | 17,7 | 108 | 0,291 | 162 | + |
| 35-54 | 215 | 6 | 75 | 20,0 ± 0,38 | 119 | 18,0 | 110 | 0,280 | 156 | + |
| 20-54 | 95 | 2 | 75 | 19,2 ± 0,48 | 114 | 16,5 | 101 | 0,235 | 131 | + |
| 29-54 | 191 | 5 | 69 | 19,0 ± 0,43 | 113 | 17,3 | 105 | 0,243 | 135 | + |
| 3-26 | 284 | 8 | 66 | 19,0 ± 0,37 | 113 | 16,4 | 100 | 0,229 | 128 | + |
| 47-54 | 147 | 5 | 63 | 18,1 ± 0,52 | 108 | 16,1 | 98 | 0,204 | 113 | + |
| К-54 | 97 | 4 | 54 | 17,8 ± 0,61 | 106 | 16,0 | 97 | 0,197 | 110 | - |
| 18-54 | 325 | 11 | 73 | 17,7 ± 0,29 | 105 | 17,5 | 106 | 0,213 | 118 | - |
| 28-54 | 408 | 12 | 73 | 17,6 ± 0,30 | 105 | 16,2 | 99 | 0,195 | 109 | - |
| 11-83 | 63 | 2 | 72 | 17,0 ± 1,47 | 101 | 15,7 | 95 | 0,175 | 98 | - |
| 11-26 | 104 | 4 | 75 | 16,9 ± 0,48 | 100 | 15,3 | 93 | 0,169 | 94 | - |
| Контроль | 227 | 6 | 79 | 16,8 ± 0,34 | 100 | 16,4 | 100 | 0,180 | 100 | - |
| 9-26 | 355 | 10 | 72 | 16,7 ± 0,36 | 99 | 15,6 | 95 | 0,167 | 93 | - |
| 8-83 | 48 | 2 | 48 | 16,4 ± 0,75 | 97 | 15,4 | 94 | 0,160 | 89 | - |
| 36-54 | 284 | 8 | 78 | 16,2 ± 0,32 | 96 | 15,5 | 94 | 0,157 | 87 | - |
| 44-54 | 248 | 9 | 61 | 16,1 ± 0,37 | 96 | 14,3 | 87 | 0,144 | 80 | - |
| 2-26 | 259 | 9 | 63 | 15,8 ± 0,33 | 94 | 14,5 | 88 | 0,140 | 78 | + |
| Среднее | 3506 | - | 69 | 17,5 ± 0,10 | 104 | 15,9 | 97 | 0,189 | 105 | - |

Низкая сохранность этих семей, помимо недостаточного количества повторностей, является еще одним аргументом в пользу отбраковки их из кандидатов в элиту. Другие семьи (№ 35-54, 20-54, 29-54, 3-26, 47-54), демонстрирующие достоверно высокие показатели скорости роста, характеризуются достаточно высокими показателями сохранности (от 63 до 75 %), что свидетельствует в пользу выделения указанных семей в элиту.

В целях определения стабильности проявления наследственных свойств плюсовых деревьев по скорости роста в семенном потомстве выполнена ранговая оценка в разном возрасте (табл. 3). Данные были упорядочены по рангу семьи в возрасте растений 43 года. Для сопоставимости результатов в анализ не включены семьи, для которых по каким-либо причинам имеются данные не за все годы наблюдений.

Таблица 3

**Изменение рангового положения семей плюсовых деревьев
или европейской по диаметру ствола**

| Номер семьи | Ранг семьи по возрасту растений | | | |
|-------------|---------------------------------|--------|--------|---------|
| | 3 года | 17 лет | 29 лет | 43 года |
| 35-54 | 2 | 3 | 1 | 1 |
| 20-54 | 7 | 9 | 9 | 2 |
| 29-54 | 11 | 14 | 4 | 3 |
| 3-26 | 8 | 5 | 4 | 4 |
| 47-54 | 1 | 1 | 6 | 5 |
| 18-54 | 12 | 6 | 10 | 6 |
| 28-54 | 9 | 10 | 7 | 7 |
| 11-26 | 10 | 4 | 2 | 8 |
| Контроль | – | 12 | 7 | 9 |
| 9-26 | 6 | 11 | 12 | 10 |
| 36-54 | 5 | 2 | 11 | 11 |
| 44-54 | 3 | 13 | 14 | 12 |
| 2-26 | 14 | 6 | 13 | 13 |

Приведенные результаты показывают, что до возраста 29 лет наблюдается значительное изменение рангового положения практически всех ранжированных семей. В последующий период (от 29 до 43 лет) ранговое положение большинства семей стабилизируется. Существенное повышение ранга наблюдается у семьи № 20-54, а понижение – у № 11-26. Следует отметить быстрорастущую семью № 35-54 (плюсовое дерево № 478 по государственному реестру), которая проявляет стабильность рангового положения, на протяжении всего периода роста занимая высшие ранги. Данную семью можно рекомендовать к переводу в элиту, как имеющую стабильно высокое ранговое положение и достоверно отличающуюся (на уровне значимости 0,05) от контроля. По результатам испытания на данном участке культур семья № 35-54 в возрасте 43 лет в шести повторностях по диаметру показала превышение над контролем на 19, по высоте – на 10, по объему ствола – на 56 %. Напротив, семья № 47-54, которая до 17 лет демонстрировала наилучшие среди всех

семей показатели роста, в последующем утратила лидерство, однако по результатам последних измерений находится в числе лидеров и по среднему значению диаметра достоверно отличается от контроля. Учитывая ухудшение рангового положения данной семьи, отсутствие непосредственных замеров высоты, а также тот факт, что эта семья по среднему значению диаметра занимает последнее место среди семей, достоверно отличающихся от контроля, целесообразно в настоящее время не относить ее к элитным и продолжить наблюдения для уточнения степени стабильности биометрических показателей.

Следует отметить, что до настоящего времени в России отсутствовали плюсовые деревья, отнесенные к категории элитных по результатам проверки их семенного потомства в испытательных культурах, поэтому полученные результаты можно считать первым шагом в этом направлении.

Заключение

Совокупность семей в исследуемых испытательных культурах характеризуется низким уровнем генетической изменчивости признаков продуктивности (коэффициент наследуемости в узком смысле для диаметра ствола составляет 0,05), что вероятнее всего связано с происхождением семенного материала из одной популяции.

Семьи испытываемых плюсовых деревьев характеризуются сходным уровнем сохранности (49 ... 78 %).

Отбраковке из кандидатов в элитные деревья подлежит семья № 2-26, по скорости роста достоверно отстающая по диаметру на 12 % от контроля и имеющая стабильно низкие ранги биометрических показателей в процессе хода роста насаждения.

Среди семей плюсовых деревьев, имеющих достаточное для принятия решения об их генетических свойствах количество повторностей, наилучшими показателями скорости роста и стабильностью рангового положения характеризуется семья № 35-24 (плюсовое дерево № 478 по государственному реестру). Превышение средних значений биометрических показателей данной семьи над контролем по диаметру составляет 19, по высоте – 10, по объему ствола – 56 %. Превышение над контролем по диаметру достоверно на уровне значимости 0,05. Таким образом, в соответствии с [4] плюсовое дерево № 478 по государственному реестру рекомендуется к переводу в категорию элитных. Рекомендуются также к переводу в категорию элитных плюсовые деревья, являющиеся материнскими для семей № 20-54, 29-54, 3-26 (плюсовое дерево № 408 по госреестру). Указанное семенное потомство характеризуется высокой скоростью роста (достоверное превышение по диаметру составляет 13...14 %) и стабильностью рангового положения в ряду других семей.

Необходимо продолжить наблюдения в испытательных культурах ели европейской в целях выявления кандидатов как в категорию элитных, так и подлежащих отбраковке. В отношении всех исследованных плюсовых деревьев требуется выполнение работ по приведению в соответствие номеров плюсового

деревя по государственному реестру и номеров семей в испытательных культурах, а также установлению наличия вегетативного потомства соответствующих плюсовых деревьев на имеющихся лесосеменных плантациях Северо-Запада России. Указанная информация необходима для планирования дальнейшей работы с потомством плюсовых деревьев (как семенным, так и вегетативным), вплоть до создания в будущем лесосеменных плантаций второго порядка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долголиков В.И., Осьминина Р.Ф. Испытание потомства сосны и ели на Северо-Западе РСФСР: метод. рек. Л.: ЛенНИИЛХ, 1984. 44 с.
2. Лесотаксационный справочник / Грошев Б.И., Сеницын С.Г., Мороз П.И., Сеперович И.П. 2-е изд., перераб. М.: Лесн. пром-сть, 1980. 288 с.
3. Основные положения методики закладки испытательных культур плюсовых деревьев основных лесобразующих пород. Воронеж: Гослесхоз СССР, 1982. 18 с.
4. Указания по лесному семеноводству в Российской Федерации. Утв. приказом Рослесхоза 11.01.2000. М, 2000. 198 с.

Поступила 07.12.10

A.V. Zhigunov¹, A.S. Bondarenko², M.A. Nikolayeva¹

¹Saint-Petersburg Forestry Research Institute

²Russian Center of Forest Health

Primary Results of the Spruce Elite Trees Selection in the Leningrad Region

Growth of the Spruce (*Picea abies*) elite trees families in the trial forest plantation at biological age of 43 years has been investigated. Data regarding growth rank dynamics and families preservation are obtained. Recommendation on the reference of the plus trees to the elite category are put forward.

Key words: trial forest plantation, sylvatic family, seminal posterity, plus trees, elite trees, heritability.

УДК 630*165.62

Н.А. Демина¹, Д.Х. Файзулин¹, Е.Н. Наквасина², Н.Р. Артемьева¹

¹Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства

²Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

Демина Надежда Александровна родилась в 1987 г., окончила в 2009 г. Архангельский государственный технический университет, аспирантка кафедры лесоводства и почвоведения Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова, младший научный сотрудник СевНИИЛХ. Имеет 5 печатных работ в области изучения географической изменчивости хвойных пород.
E-mail: nadya2100@mail.ru



Файзулин Даньял Ханбалович родился в 1957 г., окончил в 1984 г. Архангельский лесотехнический институт, старший научный сотрудник СевНИИЛХ. Имеет 40 печатных работ в области селекции и семеноводства хвойных пород.
Тел. 8 (8182) 61-79-55



Наквасина Елена Николаевна родилась в 1952 г., окончила в 1975 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры лесоводства и почвоведения САФУ. Имеет более 210 печатных работ в области исследований экосистем, биогеоценозов, биологии и экологии хвойных.
E-mail: nakvasina@agtu.ru



Артемьева Наталья Райнгольдовна родилась в 1968 г., окончила в 1994 г. Архангельский лесотехнический институт, младший научный сотрудник СевНИИЛХ. Имеет 4 печатные работы в области изучения географической изменчивости хвойных пород.
E-mail: artemieva.tisher@yandex.ru



УТОЧНЕНИЕ ГРАНИЦ ЛЕСОСЕМЕННОГО РАЙОНИРОВАНИЯ СОСНЫ НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРЕ

На основе изучения географической изменчивости сосны обыкновенной 2-го класса возраста в географических культурах на Европейском Севере проведена корректировка границ возможных перебросок семян для целей лесовосстановления по сравнению с действующим «Лесосеменным районированием...» 1982 г.

Ключевые слова: лесосеменное районирование, географические культуры, географическая изменчивость, инорайонные семена, переброска семян, корректировка границ.

На Европейском Севере России лесосеменное районирование сосны и ели выполнено сотрудниками Архангельского института леса и лесохимии (ныне Северный НИИ лесного хозяйства) [6, 7] на основе изучения опытных

© Демина Н.А., Файзулин Д.Х., Наквасина Е.Н., Артемьева Н.Р., 2012

географических культур, созданных в 1959–1963 гг. и 1976–1978 гг., а также с учетом производственных культур, выращенных из семян инорайонного происхождения. Основные его положения включены в «Лесосеменное районирование основных лесобразующих пород в СССР» (1982 г.) [4]. На Европейском Севере (Мурманская, Архангельская, Вологодская области и Республика Коми) по сосне обыкновенной выделено 5 лесосеменных районов, отличающихся друг от друга климатическими и лесорастительными условиями, генетической структурой популяций и наследственными особенностями.

Однако на момент исследования возраст географических культур государственной сети (1976–1978 гг. закладки) не превышал 6 лет, что не позволило сделать надежные выводы о поведении отдельных климатипов сосны и ели в местах испытания [2, 10]. Для получения достоверных результатов необходимо проведение длительных поэтапных наблюдений. Многие авторы считают, что окончательно подвести итоги по состоянию, росту и развитию провениенций возможно при достижении ими возраста, равного 1/3 возраста рубки, принятого для данной породы [1, 8]. По мере накопления и обобщения результатов испытания потомств в географических культурах государственной сети встал вопрос о необходимости корректировки границ переброски семян [2, 3, 5, 9].

В период с 2008 г. по 2010 г. проводилось изучение географической изменчивости сосны в географических культурах, достигших возраста 31...34 года, во всех пунктах испытаний на Европейском Севере России, на основании которого для всех лесосеменных районов (подрайонов) предлагается уточнение границ возможной поставки семян.

Выявлена общая закономерность сужения границ переброски инорайонных семян сосны по сравнению с действующим «Лесосеменным районированием...» (1982 г.), а также с ранее установленными границами по результатам изучения потомства климатипов, проведенного в конце 1-го класса возраста [2], из-за продолжающегося снижения устойчивости южных потомств относительно места испытания.

Необходимо отдавать предпочтение местному семенному материалу из высокопродуктивных и качественных насаждений, которые являются более приспособленными к условиям региона. При отсутствии или нехватке местных семян допускается использование семян из других районов. Условия произрастания семян из других лесосеменных районов должны соответствовать или быть близки по климатическим характеристикам к региону испытания, т.е. необходимо использовать семена из близлежащих лесосеменных районов.

В суровых климатических условиях Мурманской области (Кольский лесосеменной район) для лесовосстановления целесообразно использовать только местные семена сосны (см. таблицу). В данном районе местными считаются семена, заготовленные на территории лесничества. В южной части области допускаются поставки инорайонных семян с севера Республики Карелия, Коми и с севера и северо-востока Архангельской области (севернее 64° с.ш.).

Уточнение действующих границ переборки семян сосны на Европейском Севере

| Лесосеменной район | Лесосеменной подрайон | | Лесосеменные районы-поставщики по действующему «Лесосеменному районированию...» (1982 г.) | | Уточнение границ переборки семян в 2011 г. | |
|------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Наименование | Территория, область, край, республика | № | Территория, область, край, республика | № | Территория, область, край, республика |
| Кольский | | Мурманская область Запорожский, Кандалакшский, Кировский, Ковдорский, Кольский, Ловозерский, Мончегорский, Печенгский, Полярный, Терский | 1, 2а, 2б, 3а, 3б, 4а, 4б, 5, 6а, 6б | Мурманская, Карелия, Архангельская, Коми | 1, 2а, 3а (ч), 3б (ч) | Мурманская, Карелия (с), Архангельская (с-в, с), Коми (с) |
| Двинско-Мезенский | 3а Нижне-двинский | Архангельская область (севернее 63° с. ш.) Архангельский, Емецкий, Лешуконский, Онежский, Холмогорский, Мезенский, Обозерский, Каргопольский, Пинежский, Сурский, Северодвинский | 2а, 2б, 3а, 3б, 4а, 4б, 6а, 6б, 6в, 8а | Архангельская (с, ю), Карелия (с, ц), Коми, Вологодская (с, ю) | 2а, 2б, 3а, 3б, 4а, 4б, 6а, 6б | Архангельская (с, ю), Карелия (с, ц), Коми |
| | 3б Верхне-мезенский | Республика Коми (севернее 63° с. ш.) Усть-Цумский, Ижемский, Ерттомский, Удорский, Выжский, Сосногорский, Ухтинский | 2а, 2б, 3а, 3б, 4а, 4б, 6б, 6в, 8а, 10а | Коми, Архангельская (с, ю), Вологодская, Пермский (с), Карелия (с, ц) | 3а, 3б, 4а, 4б, 6а, 6б, 10а | Коми, Архангельская (с, ю), Пермский (с) |
| Северный Предуральский | 4а Средне-печорский | Республика Коми Вуктыльский, Каджеромский, Печорский | 3а, 3б, 4а, 4б, 6а, 6б, 6в, 10а | Коми, Архангельская, Пермский (с), Вологодская (с) | 3а (ч), 3б, 4а, 4б, 6б, 10а | Коми, Архангельская (с-в), Пермский (с) 59...67° с.ш. |
| | 4б Верхне-печорский | Республика Коми Троицко-Печорский, Печоро-Ильинский, Комсомольский | 4б, 6а, 6б, 6б, 8а, 9б, 9а, 10а, 10б, 45а, 45б, 45в | Коми (ю, ю-в), Архангельская (ю), Удмуртия, Пермский, Свердловская (с), Вологодская, Кировская, Тюменская (з, с-з) | 4б, 6а (ч), 6б, 9а (ч), 10а, 45б, 45в | Коми (ю, ю-в), Архангельская (ю-в), Пермский (с), Кировская (с), Тюменская (з, с-з) |
| Верхне-двинский | 6а Южно-архангельский | Архангельская область (южнее 63° с. ш.) Плесецкий, Березниковский, Приозерный, Пукосозерский, Верхнетоемский, Вайский, Каргопольский, Няндомский, Шенкурский, Конюшский, Вельский, Яренский, Котласский, Вилегодский, Устьянский, Красноборский | 2б, 4б, 5, 6а, 6б, 6в, 7а, 8а, 8б, 9а | Архангельская (ю), Карелия (ц, ю), Ленинградская, Вологодская (с, ю), Кировская, Коми (ю, ю-в), Костромская (с) | 2б, 5, 6а, 6б, 6в | Архангельская (ю), Карелия (ц, ю), Вологодская (с), Коми (ю-з) |

59°30' ... 63° с.ш.

Окончание таблицы

| Лесосеменной район | Лесосеменной подрайон | | Лесосеменные районы-поставщики по действующему «Лесосеменному районированию ...» (1982 г.) | | Уточнение границ переборки семян в 2011 г. | |
|----------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Наименование | Территория, область, край, республика | № | Территория, область, край, республика | № | Территория, область, край, республика |
| | 6б Выче- годский | Республика Коми (южнее 63° с.ш.) Айклинский, Железнодорожный, Сторожевский, Помозвинский, Сыктывкарский, Сыктывдинский, Корткеросский, Усть-Немский, Усть- Куломский, Прилузский, Койгородский, Кажимский, Летский | 6а, 6б, 6в, 8а, 8б, 9а, 9б, 10а, 10б, 45а, 45б | Коми (ю, ю-в), Архангельская (ю), Вологодская, Кировская, Костромская, Удмуртия, Пермский, Свердловская | 4б, 6а, 6б, 6в (ч), 8а (ч), 9а, 10а | Коми (ю, ю-в), Архангельская (ю), Вологодская (ю-в, с-в), Кировская, Пермский (с) 59 ... 63° с.ш. |
| | 6в Северо- вологодский | Вологодская область (севернее 59° 30' с.ш.) Андомский, Онежский, Ковжинский, Бор- Судский, Белозерский, Вашкинский, Криповский, Вожегодский, Верховажский, Гарноцкий, Нюккенский, Велько-Устюнский, Харовский, Сямженский, Тотемский | 2б, 5, 6а, 6в, 7а, 7б, 8а, 8б, 9а, 17а | Вологодская, Архангельская (ю), Карелия (ю, ц), Ленинградская, Новгородская, Тверская, Ярославская, Костромская, Кировская, Пензенская | 2б, 5, 6а, 6в, 7а (ч), 7б (ч), 8а, 8б (ч), 9а (ч) 17а (ч) | Вологодская, Архангельская (ю), Карелия (ю, ц), Ленинградская (в), Новгородская (с-в), Тверская (с-в), Ярославская, Костромская (с), Кировская (с) 58... 63° с.ш. |
| Сухоно- Унженский | 8а Южно- вологодский | Вологодская область (южнее 59°30' с.ш.) Бабучинский, Никольский, Кич-Городицкий, Бабавский, Череповецкий, Вологодский, Устюженский, Грязовецкий, Вохтоцкий, Кадниковский, Кадуйский, Чаголошненский | 6а, 7а, 7б, 8а, 8б, 9а, 17а, 17б, 18а | Вологодская, Костромская, Ленинградская, Псковская, Новгородская, Тверская, Ярославская, Кировская, Ивановская, Нижегородская (д/б Волги), Владимирская, Московская, Мари-Эл | 6а, 7а (ч), 8а, 8б, 9а, 17а, 17б, 17в, 18а | Вологодская, Костромская, Ленинградская (вост.32° в.д.), Тверская, Ярославская, Кировская, Ивановская, Нижегородская (д/б Волги), Владимирская, Московская, Мари-Эл, 55 ... 61°30' с.ш. |

Примечание. Курсивом выделены области, которые подлежат исключению (полностью или частично) после уточнения лесосеменного районирования.

Для северной части Архангельской области (севернее 63° с.ш; Двинско-Мезенский лесосеменной район, Нижнедвинский подрайон) переброску семян сосны следует ограничить югом Архангельской области. Из числа районов-поставщиков семян исключению подвергаются лесничества из всей Вологодской области из-за существенных различий в климатических характеристиках (длинный вегетационный период, среднегодовая температура воздуха, сумма температур выше +5 °С и т.д.).

Для южной части Архангельской области (южнее 63° с.ш; Южно-архангельский лесосеменной подрайон) на момент 20-летнего испытания климатипов был исключен ввоз семян сосны из Ленинградской и севера Костромской областей. Как показали исследования 30-летних географических культур сосны, необходимо дальнейшее сужение границ переброски семян путем исключения поставки семян из Кировской и южной части Вологодской областей. Остальные районы-поставщики семян соответствуют установленным «Лесосеменным районированием...» (1982 г.).

В Архангельской области в меридианальном направлении стоит ограничить переброску семян сосны расстоянием от места закладки семян 10...12° в.д., или 1000...1500 км [5].

Для создания лесных культур в северо-западной части Республики Коми (лесосеменной подрайон 3б) следует закупать семена сосны в Архангельской области и на севере Пермского края (севернее 59° с.ш.). На данный момент результаты наблюдений показывают, что из числа районов-поставщиков семян необходимо исключить Вологодскую область и Республику Карелия. Значительная переброска климатипов по долготе и широте оказывает негативное влияние на состояние деревьев, что в дальнейшем может отразиться на запасе стволовой древесины.

В северо-восточной части Республики Коми (лесосеменной подрайон 4а) районы-поставщики семян сосны такие же, как и в предыдущем лесосеменном районе, но стоит отметить, что целесообразнее будет закупать семена с северо-востока Архангельской области.

Переброску семян сосны в юго-восточную часть Республики Коми (Верхнепечорский лесосеменной подрайон 4б) необходимо ограничить с севера – 63° с.ш., с юга – 59° с.ш., с запада – 43...44° в.д. Самой восточной границей перемещения семян является запад и северо-запад Тюменской области.

Юго-западная часть Республики Коми (южнее 63° с.ш; лесосеменной подрайон Вычегодский 6б) ограничивается ввозом семян сосны с юга Архангельской области, восточной части Вологодской и Кировской областей, с севера Пермского края. Исключаются полностью поставщики семян из Удмуртии и Свердловской области. Климатипы из этих районов имеют низкие показатели приживаемости, что существенно сказывается на запасе стволовой древесины.

Для северной части Вологодской области (севернее 59°30' с.ш; лесосеменной подрайон 6в) лучшими поставщиками семян сосны являются лесничества, находящиеся на территории Вологодской и южной части Архангельской областей, южной и центральной частей Республики Карелия, северной части

Костромской, Кировской, Ярославской областей, северо-восточной части Новгородской и Тверской областей, восточной части Ленинградской области. Использование семян из данных областей позволит выращивать насаждения по продуктивности, не уступающие местным популяциям.

Южная часть Вологодской области (лесосеменной подрайон 8а) включает лесничества, расположенные южнее 59°30' с.ш. На момент 20-летнего испытания климатипов сосны был исключен ввоз семян из Псковской области в связи с невысокой приживаемостью и небольшим запасом стволовой древесины. Как показали исследования 30-летних географических культур, необходимо дальнейшее сужение границ переброски путем исключения Новгородской области из списка районов-поставщиков в южную часть Вологодской области.

Семена сосны рекомендуется ввозить из восточной части Ленинградской области, граничащей с Вологодской. Перечень других районов-поставщиков семян для данного лесосеменного района соответствует рекомендуемому «Лесосеменному районированию...» (1982 г.).

Уточнение лесосеменного районирования основных лесобразующих пород позволит обеспечить выращивание высокопродуктивных насаждений на Европейском Севере страны. Однако при этом необходимо учитывать, что при перемещении инорайонных семян сосны на Кольский полуостров следует проводить строгий контроль за подбором популяций в связи с суровым климатом и весьма ограниченными возможностями переброски семян. В северной и средней подзонах тайги допустимо использование семян сосны из районов, климатические характеристики которых соответствуют или близки к условиям региона испытания. В более благоприятных климатических условиях Вологодской области (южная подзона тайги) возможности перемещения инорайонных семян основных лесобразующих пород шире.

При заготовке и перебросках семян с целью лесовосстановления следует учитывать основополагающие принципы успешного выращивания продуктивных насаждений:

проводить заготовку семенного материала на лесосеменных плантациях, постоянных (временных) лесосеменных участках, в плюсовых и нормальных насаждениях;

при использовании семян основных лесобразующих пород учитывать не только их географическое положение, но и условия произрастания материнских насаждений, которые должны быть предельно схожи с условиями лесокультурной площади;

целесообразно использовать в северных лесничествах лесосеменного района (подрайона) семена из северной части района-поставщика семян, в южных лесничествах лесосеменного района – из всего района-поставщика семян.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барнишкис Э.К. Изучение роста географических культур сосны в Литовской ССР // Лесн. хоз-во. 1980. № 3. С. 40–41.

2. Географические культуры в ген-экологических исследованиях на Европейском Севере /Е.Н. Наквасина [и др.]. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2008. 309 с.

3. Географические культуры – основа совершенствования лесосеменного районирования / Е.Н. Наквасина, С.Н. Тарханов, Н.В. Улиссова, И.И. Сизов // Развитие генетики и селекции в лесохозяйственном производстве. М., 1988. С. 39–40.

4. Лесосеменное районирование основных лесобразующих пород в СССР. М.: Лесн. пром-сть, 1982. 366 с.

5. Наквасина Е.Н., Гвоздухина О.А. Испытание потомств климатипов сосны и ели в географических культурах и совершенствование лесосеменного районирования в Архангельской области // Некоторые вопросы лесоведения и лесоводства на Европейском Севере России: сб. науч. работ кафедры лесоводства и почвоведения. Архангельск, 2005. С. 178–189.

6. Попов В.Я., Непогодьева Т.С. Лесосеменное районирование ели обыкновенной и ели сибирской на Европейском Севере СССР // Материалы годичной сессии по итогам НИР за 1981 г. Архангельск: АИЛиЛХ, 1982. С. 37–43.

7. Попов В.Я., Непогодьева Т.С. Лесосеменное районирование сосны обыкновенной на Европейском Севере СССР // Материалы годичной сессии по итогам НИР за 1979 г. Архангельск: АИЛиЛХ, 1980. С. 31–36.

8. Ростовцев С.А., Куракин Б.Н. Географические культуры ели обыкновенной в Европейской части СССР // Лесн. хоз-во. 1981. №12. С. 14–17.

10. Тарханов С.Н. Изменчивость ели в географических культурах Республики Коми. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 195 с.

9. Совершенствование лесосеменного районирования на Европейском Севере /Е.Н. Наквасина, С.Н. Тарханов, Н.В. Улиссова, Т.В. Бедрицкая // Эколого-географические проблемы сохранения и восстановления лесов Севера. Архангельск, 1991. С. 247–248.

Потупила 22.06.11

N.A. Demina¹, D.H. Faysulin¹, E.N. Nakvasina², N.R. Artemieva¹

¹Northern Scientific-research Institute of Forestry

²Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

Update of Seminal Zoning Boundaries of Pine in the European North

Based on studies of geographic variability of Scots Pine (*Pinus sylvestris*) of second age class in the territorial stands of the European north, proposals of update of boundaries of eventual seeds transfers has been put forward. The updated boundaries of reforestation procedure differentiate from the acting rules.

Key words: forest seminal zoning, geographic zones, geographic variability, extraneous seeds, seeds transfer, update of the boundaries.



УДК 624.131.52

В.С. Морозов

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

Морозов Владимир Станиславович родился в 1955 г., окончил в 1978 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры строительной механики и сопротивления материалов Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет более 70 печатных работ в области строительства и эксплуатации зимних лесовозных дорог.
E-mail: v.morozov@agtu.ru



РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СЖИМАЮЩИХ НАПРЯЖЕНИЙ В ОСНОВАНИИ ИЗ МЕРЗЛОГО ТОРФА

Рассмотрена методика расчета напряженно-деформированного состояния оснований из мерзлого торфа (или грунта) с учетом нелинейности его модуля деформации.

Ключевые слова: мерзлый торф, напряжения, прочность, модуль упругости.

Промышленное строительство в северных районах России зачастую ведется на заторфованных территориях. Поэтому для повышения несущей способности торфяных грунтов при устройстве временных дорог, складских площадок, оснований временных сооружений и т. п. используют естественное и искусственное промораживание болот. Это обуславливает необходимость исследования прочностных и деформационных свойств мерзлых торфяных грунтов и их работы под нагрузкой.

Для определения напряженного состояния массива мерзлого торфа можно использовать зависимость относительной деформации ε от напряжения σ [1]:

$$\varepsilon = \varepsilon(\sigma).$$

Учитывая, что модуль деформации

$$dE = d\sigma/d\varepsilon,$$

после соответствующих преобразований получаем

$$E = D(T, t)\sigma^k, \quad (1)$$

где $D(T, t) = mA^{1/m}$;

m – коэффициент упрочнения, характеризующий связь между σ и ε ;

A – коэффициент, характеризующий деформационные свойства грунта в зависимости от его температуры T и времени действия нагрузки t ;

$$k = \frac{m-1}{m}.$$

Уравнение (1) в общем виде выражает зависимость модуля деформации мерзлого торфа от действующих в грунтовом массиве напряжений σ , характера распределения температурного поля T и времени действия нагрузки t .

Деформации мерзлых грунтов и торфов можно определить, применяя положения общей теории упруго-пластичных деформаций [2], например метод конечных элементов, дающий решение нелинейной системы уравнений в численном виде. Однако в общем случае пространственной нелинейной задачи решение пока не доведено до практического применения ввиду сложности вычислений, поэтому наряду с точными методами расчета допустимо использовать и приближенные.

Ниже рассмотрен сравнительно простой приближенный метод определения напряженно-деформированного состояния основания из мерзлого торфа, сущность которого заключается в том, что нелинейная задача сводится к линейной. Для этого грунтовый массив в соответствии с эпюрой распределения напряжений $\sigma(z)$, полученной при решении линейной задачи (первое приближение), и видом зависимости $E(\sigma_z)$ разбивается на несколько слоев. Далее предполагается, что в каждом из них грунт обладает линейно-деформируемыми свойствами и модуль деформации определяется уровнем действующих в слое напряжений.

Расчет ведется по методу последовательных приближений.

В первом приближении однородный грунтовый массив рассматривается как однослойный. При воздействии на него внешней равномерно-распределенной нагрузки интенсивностью p напряжения σ_z в массиве изменяются от p до 0. В этом диапазоне зависимость (1) аппроксимируем уравнением прямой $E = E_c = \text{const}$. Используя интегральный метод наименьших квадратов, получаем

$$E_c = \frac{D(T, t)}{k + 1} p^k. \quad (2)$$

При $E = E_c = \text{const}$ грунтовый массив представляет собой линейно-деформируемое тело, для которого нетрудно определить зависимость распределения напряжений σ_z по оси, проходящей через центр основания (рис. 1).

Такое решение является еще слишком грубым. Для его уточнения необходимо выполнить второе и последующие приближения. С этой целью разобьем массив на несколько слоев произвольной толщины. Используя решение, полученное в первом приближении, находим значения σ_z на границе каждого слоя. Это позволяет определить расчетные модули деформации грунта для каждого слоя. Формула для вычисления E_c ,

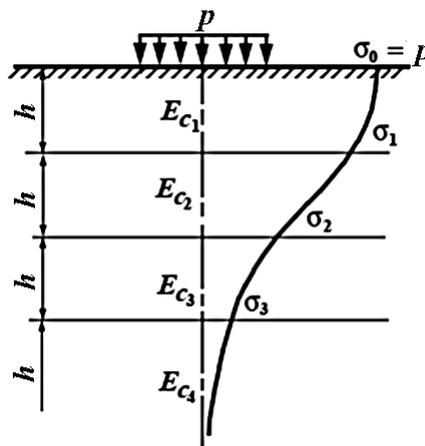


Рис. 1. Схема разбивки грунтового массива на слои

полученная с помощью способа наименьших квадратов, имеет следующий вид:

$$E_c = \frac{D(T, t)}{k + 1} \frac{\sigma_{i-1}^{k+1} - \sigma_i^k}{\sigma_{i-1} - \sigma_i}.$$

При условии, что температурное поле в массиве грунта является однородным ($T = \text{const}$), а деформации затухающими ($d\varepsilon/dt \approx 0$), имеем $D(t) = D = \text{const}$, т.е.

$$E_c = \frac{D}{k + 1} \frac{\sigma_{i-1}^{k+1} - \sigma_i^k}{\sigma_{i-1} - \sigma_i}.$$

Замена однородного грунтового массива многослойным при определении модуля деформации грунта для каждого слоя в зависимости от уровня действующих в нем напряжений равносильна замене фактической зависимости $E(\sigma_z)$ ступенчатой линией (рис. 2). Увеличивая число слоев и уменьшая их толщину, можно добиться хорошей степени аппроксимации фактической зависимости $E = E(\sigma_z)$ расчетной.

Второе приближение заканчивается расчетом напряженно-деформированного состояния многослойного основания, что позволяет уточнить значения σ_z на границе каждого слоя и вычислить по ним новое значение E_{c_i} . Затем переходим к третьему и последующим приближениям. Итерационный процесс продолжается до тех пор, пока E_{c_i} каждого слоя не достигнет практически постоянной величины. Как показали наши вычисления, для этого обычно достаточно трех приближений.

Метод последовательных приближений достаточно прост. Он позволяет использовать программы расчета линейно-деформируемого многослойного полупространства и хорошо учитывает нелинейные свойства среды.

Для проверки степени соответствия предлагаемого метода расчета фактическим условиям расчетные значения σ_z сравнивали с опытными данными при $t = \text{const}$, когда $d\varepsilon/dt \approx 0$.

Опыты проводили в массиве мерзлого торфа размером $100 \times 100 \times 50$ см. Лоток с грунтом находился в морозильной камере, где во время опытов поддерживали постоянную температуру. Внешнюю нагрузку на массив создавали при нагружении его силой 3140 Н через круглый штамп диаметром 20 см. Средняя интенсивность давления по подошве штампа составляла 0,1 МПа, абсолютная влажность торфа – 740 %, степень разложения – 13 %.

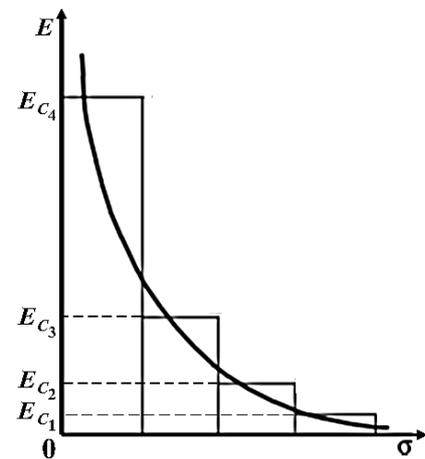


Рис. 2. Аппроксимация зависимости $E = E(\sigma_z)$ ступенчатой линией

Напряжения определяли с помощью датчиков давления мембранного типа, расположенных по оси штампа и на расстоянии 10 и 20 см от его оси. Датчики устанавливали во время послойного загрузки торфа в лоток. Нижний ряд был уложен на дне лотка, остальные – на расстоянии 10 см один от другого по глубине. Верхний ряд датчиков находился на расстоянии 2 см от поверхности массива.

Перед началом опытов массив торфа промораживали в течение 10 дней. Температуру слоев определяли с помощью терморезисторов. В ходе экспериментов температура в слоях торфа составляла от -10 до -12 °С, т.е. температурное поле массива было примерно однородным.

В качестве регистрирующей аппаратуры использовали цифровой измерительный мост ЦГМ. Показания снимали один раз в сутки в течение 7 дней (к этому времени деформации ползучести торфа практически затухали).

Расчетные значения σ_z определяли для условий опытов. Влияние днища лотка имитировали слоем бетона неограниченной толщины. Результаты опытов и расчетов приведены на рис. 3, где точками показаны опытные данные, а сплошными линиями – расчетные эпюры для 1-, 2-, 3-го циклов итераций. Степень приближения оценивали по способу наименьших квадратов. Были найдены отклонения Δ_i расчетных значений σ_z от экспериментальных и вычислена сумма квадратов отклонений $\sum \Delta_i^2$, которая для 1-го цикла равнялась 0,00619, для 2-го – 0,00591, для 3-го – 0,00474. Отсюда видно, что по мере увеличения числа циклов итераций расчетная эпюра σ_z приближается к экспериментальной, это же наглядно показывают и кривые на рис. 3. При увеличении числа слоев точность расчета возрастает.

Таким образом, предлагаемая приближенная методика позволяет уточнить расчет напряженно-деформированного состояния оснований из мерзлого торфа (или грунта) с учетом нелинейности его модуля деформации $E(\sigma_z)$ при $T = \text{const}$ и $d\varepsilon/dt \approx 0$.

С помощью данного метода можно учесть и влияние неоднородности температурного поля, если использовать серию кривых, выражающих зависимость $E(\sigma_z)$ от температуры T_i .

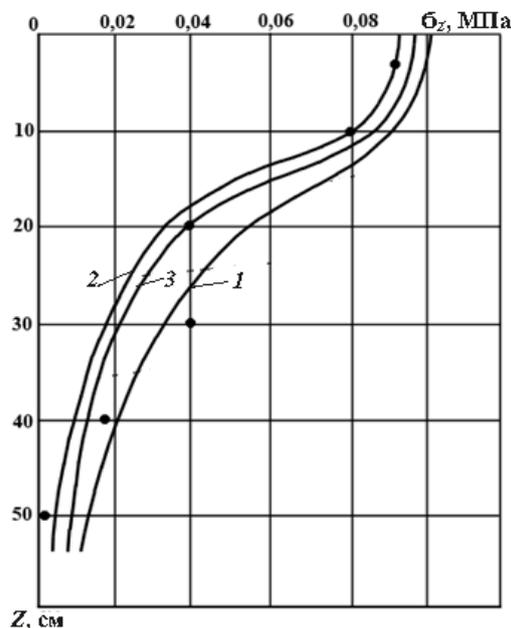


Рис. 3. Расчетные и фактические напряжения в массиве мерзлого торфа для 1-, 2- и 3-го циклов приближения (номер кривой совпадает с номером цикла)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прочность и ползучесть мерзлых грунтов в расчете ледогрунтовых ограждений /С.С. Вялов [и др.]. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 356 с.
2. *Цытович Н.А.* Механика мерзлых грунтов. М.: Высш. шк., 1978. 243 с.

Поступила 20.10.11

V.S. Morozov

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

Distribution of Compression Stresses in a Frozen Peat Substructure

Design procedure for deflected mode of a frozen peat (or soil) substructure subject to nonlinearity of its modulus of deformation has been considered.

Key words: frozen peat, strain, durability, modulus of elasticity.

УДК 630*377.49

И.Н. Кручинин

Уральский государственный лесотехнический университет

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



ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Предложены динамические методы оценки изменения физико-механических свойств щебеночных оснований лесовозных автомобильных дорог в процессе их уплотнения. Проведен анализ применения различных местных каменных материалов для устройства конструктивных слоев дорожных одежд. Обосновано использование смеси щебеночно-песчаной из малопрочных осадочных пород в конструктивном слое в целях повышения эксплуатационного состояния лесовозных автомобильных дорог.

Ключевые слова: лесовозные автомобильные дороги, уплотнение каменных материалов, повышение эксплуатационного состояния дорог.

Наличие лесовозных автомобильных дорог различного функционального назначения рассматривается как важнейшее условие эффективного освоения и воспроизводства лесных ресурсов с позиции устойчивого лесопользования. При этом лесовозная транспортная сеть и ее транспортно-эксплуатационное качество должны соответствовать нормам региональной дорожной сети и отвечать интересам пользователей и окружающей среды. Однако ограниченное финансирование и значительная стоимость дорожно-строительных материалов не позволяют обеспечивать необходимые темпы прироста лесовозной сети и поддерживать ее состояние на требуемом эксплуатационном уровне.

Целью работы является анализ возможности применения различных каменных материалов для строительства конструктивных слоев лесовозных автомобильных дорог применительно к условиям Свердловской области.

В качестве объектов исследования были рассмотрены щебеночные основания лесовозных автомобильных дорог из каменных материалов: участок 1 – щебеночно-песчаная смесь С-4 из осадочной породы (г. Богданович, ООО КСМ); участок 2 – щебень фракции 40...70 с расклинцовкой из осадочной породы (г. Богданович, ООО КСМ); участок 3 – щебень фракции 40...70

с расклинцовкой из изверженной породы (Курманский каменно-щебеночный карьер (гранодиариты)); участок 4 – щебень фракции 40...70 с расклинцовкой из изверженной породы (Уральский горно-обогатительный комбинат).

Щебеночные основания являются наиболее распространенным типом дорожных конструкций и обладают высокой технологичностью, отсутствием сезонности при проведении строительных работ и способностью к созданию изотропных слоев дорожных одежд.

В основу расчета их прочности положен метод измерения такой физической характеристики, как прогиб, что нашло свое отражение в методике проектирования щебеночных оснований в качестве конструктивных слоев дорожных одежд [3]. Трудности в оперативном определении этого параметра при производстве работ и отсутствие методики оценки изменения физико-механических свойств каменного материала в процессе уплотнения привели к тому, что в процессе проектирования прочностные показатели закладываются по формальным признакам.

В целях преодоления этих противоречий оценка изменения физико-механических свойств щебеночных оснований в процессе производства работ нами проводилась по другому показателю – динамическому модулю упругости E_{vd} .

Под термином «динамический модуль упругости» будем понимать модуль упругости, установленный на основе среднеарифметических значений упругих прогибов, полученных на динамической установке. И хотя этот параметр фактически оценивает степень жесткости всей дорожной конструкции, он не является нормативным, а имеет лишь статистическую связь с модулем упругости (исследования Дорстройпроекта и филиала СоюздорНИИ (С.-Петербург) [2]), но при этом позволяет качественно оценить способность каменного материала создавать конструктивные слои дорожных одежд.

На рис. 1 представлены статистические зависимости изменения динамического модуля упругости E_{vd} от количества приложенных циклов нагружения $n_{ц}$ (номер кривой с 1 по 4 соответствует номеру участка). Измерения проводили при помощи легкого прибора с падающим грузом ZFG 04 фирмы «ZORN».

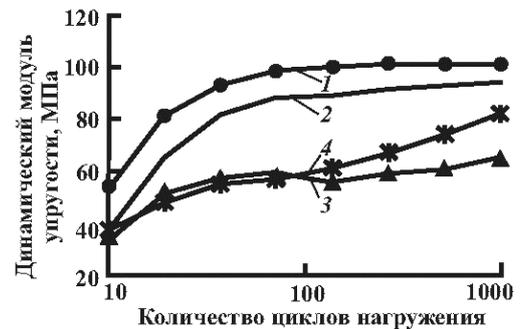


Рис. 1. Зависимость динамического модуля упругости от количества приложенных циклов нагружения

В процессе уплотнения оснований были выявлены следующие закономерности. На прочность конструктивного слоя оказывает влияние не только вид внешнего воздействия, но и сам материал. Наиболее интенсивно прочность слоя возростала на смеси щебеночно-песчаной и щебня из осадочной породы. Как показали исследования, для достижений нормативных показателей достаточно приложить 50...70 циклов нагружения, что соответствует 10...12 проходам по одному следу виброкатка массой не менее 9 т. Для достижения таких же результатов на высокопрочных материалах из изверженной породы или отходов горной промышленности требуется сверхнормативное количество проходов катка.

В процессе производства работ в щебеночных основаниях происходит интенсивное накопление деформаций. Учитывая зависимость между прочностными показателями дорожных конструкций и динамическим модулем деформации, введем индекс средней интенсивности накопления модуля упругих динамических деформаций (рис. 2):

$$\bar{E}'_{vd,i} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{E}_{vd,i}}{n_{ц}},$$

где $\bar{E}'_{vd,i}$ – индекс средней интенсивности накопления модуля упругих динамических деформаций в i -м сечении дорожной конструкции, МПа;

$\bar{E}_{vd,i}$ – среднее значение динамического модуля упругости в i -м сечении дорожной конструкции, МПа;

$n_{ц}$ – количество циклов нагружения.

Анализ изменения прочностных свойств слоев щебеночных оснований, оцениваемых по индексу средней интенсивности накопления модуля упругих динамических деформаций, показал, что накопление деформаций у различных каменных материалов имеет схожую тенденцию. Особенно интенсивно происходит накопление деформаций на первых десяти проходах виброкатка. Это видно по резкому изменению индекса. Однако для получения сопоставимой прочности на материалах участков 3 и 4 требуется значительно большее количество проходов.

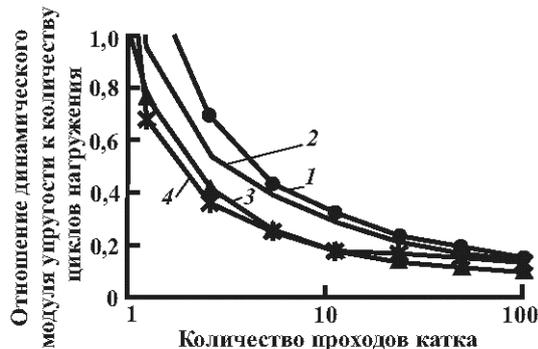


Рис. 2. Индекс средней интенсивности накопления модуля динамических упругих деформаций

Результаты сравнительных испытаний конструктивных слоев из различных материалов при статическом и динамическом нагружении приведены в таблице. Модуль упругости (E , МПа) получен по методике [1] с помощью рычажного прогибомера короткобазового ПГ-1Ф.

| Номер участка | Нормативный модуль упругости (по ГОСТ 25607–94) | Фактический расчетный модуль упругости $E_{\text{оф.р}}$ (по ВСН 52–89) | Среднее арифметическое значение динамического модуля упругости $E_{\text{д}}$ (прибор ZFG 04) |
|---------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 275 | 497 | 91,4 |
| 2 | 450 | 462 | 81,9 |
| 3 | 350 | 312 | 48,2 |
| 4 | 350 | 372 | 55,8 |

Проведенный комплекс экспериментальных исследований показал, что по обобщенному показателю (прочностные свойства, способность создавать высокоплотные слои, устойчивость к эксплуатационным нагрузкам, технологичность и цена) наиболее эффективным материалом для строительства лесовозных автомобильных дорог следует признать смеси щебеночно-песчаные из малопрочных осадочных пород (участок 1).

Именно на этом материале достигается увеличение сверхнормативного модуля упругости основания, что приводит к росту общего модуля упругости дорожной одежды и может быть расценено как предпосылка к повышению ее межремонтного срока и транспортно-эксплуатационного качества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ВСН 52–89. Указания по оценке прочности и расчету усиления нежестких дорожных одежд. Введ. 1989-10-03. М.: ЦБНТИ Минавтодора РСФСР, 1989.
2. Костелов М.П., Никольский Ю.Е., Райский Ю.Э. Методы и средства контроля качества уплотнения дорожного земляного полотна, щебеночного основания и асфальтобетонного покрытия. Режим доступа: www.lib.prokachka.ru.
3. ОДН 218.046–01 Проектирование нежестких дорожных одежд. Введ. 2001-01-01. М.: ГП «Информавтодор», 2003.

Поступила 05.05.10

I.N. Kruchinin

Ural State Forestry University

Improvement of the Logging Roads Service Properties

Dynamic methods of evaluation of variation of physical-mechanical properties of the crushed rock substructures of the logging roads during compaction are put forward. Application of various domestic rock materials for road pavement construction has been analyzed. Usage of stone bedding with sand crushed rock for the road understructure is validated.

Key words: logging roads, stone materials compacting, improvement of service properties of the roads.

УДК 630*383

А.А. Камусин, Д.М. Левушкин

Московский государственный университет леса

Камусин Альберт Абетдинович родился в 1938 г., окончил в 1967 г. Уральский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой транспорта леса Московского государственного университета леса, заслуженный работник высшей школы РФ, действительный член РАЕН по секции наук о лесе. Имеет более 100 печатных работ, включая 6 авторских свидетельств, 1 учебник и 9 учебных пособий для вузов.

E-mail: kamusin@mgul.ac.ru



Левушкин Дмитрий Михайлович родился в 1980 г., окончил в 2003 г. Московский государственный университет леса, старший преподаватель кафедры транспорта леса МГУЛ. Имеет около 15 печатных работ в области совершенствования процесса транспорта леса.

E-mail: levushkin@mgul.ac.ru



ИССЛЕДОВАНИЕ АДГЕЗИОННЫХ СВОЙСТВ МОДИФИЦИРОВАННЫХ БИТУМОВ

Приведены результаты исследований по сохранности рабочего слоя лесовозных автомобильных дорог в зависимости от применяемого модификатора и свойств модифицированных битумов. Показаны зависимости сохранности слоя покрытия лесовозных автомобильных дорог от вида вяжущего, крупности применяемого щебня и температурного режима при испытаниях.

Ключевые слова: лесовозная дорога, дорожная одежда, проезжая часть, модифицированный битум, фракции щебня, испытания.

Оценка работоспособности и установление срока службы дорожных одежд – один из наиболее сложных и существенных вопросов эксплуатации автомобильных дорог.

Свойства и состояние проезжей части значительно изменяются в течение длительного периода службы под воздействием как автомобильных нагрузок и природных факторов, так и климатических условий. Таким образом, эксплуатационные качества дорожных одежд изменяются в процессе службы, что приводит к изменению условий движения автомобилей.

Исследования работоспособности дорожных одежд действующих лесовозных дорог позволяют установить зависимость между конструкцией дорожной одежды, дорожно-строительными материалами конструктивных слоев, интенсивностью и составом дорожного движения, а также природно-климатическими факторами.

В последнее время по дорогам общего пользования с асфальтобетонным покрытием перевозится значительный объем лесных грузов. Общая масса

© Камусин А.А., Левушкин Д.М., 2012

лесовозных автопоездов составляет 40 т и более при достаточно высоких скоростях движения. Это вызывает повышенный износ рабочего слоя, в связи с чем появилась необходимость в поиске более прочных материалов слоя износа дорожных покрытий.

Работоспособность зависит от прочности дорожной одежды. Если строительство земляного полотна и конструктивных слоев дорожной одежды производилось без отклонений от проекта и с соблюдением технологии, то речь должна идти прежде всего о сохранности слоя износа (поверхностной обработки). Его работоспособность и сохранность в значительной мере зависят от адгезионных связей между битумом и щебнем и когезионных связей в вяжущем. Поэтому перед нами стояла задача выявить связи между вяжущим на основе битумов с применением каучуков и поверхностно-активных веществ (ПАВ) и щебня различных фракций.

В процессе исследований использовали битумно-каучуковые вяжущие (БКВ) с применением синтетических каучуков общего назначения (СКД, СКС-ЗОАРКПН, СКС-ЗОАРК, СКС-ЗОАРКМ-27, СКС-30 АРКМ-15) с содержанием полимера в вяжущем в количестве 2,0 ... 3,0 %, а также полимерно-битумное вяжущее (ПБВ) марки ПБВ 60, содержащее 3,5 % модификатора ДСТ 30-01, и битум марки БНД 60/90 с применением полимерного ПАВ «Мобит» в количестве 2,0 % по массе. ПБВ отличается от битума повышенной температурой размягчения и более высокими показателями деформативных свойств. Битум с добавкой «Мобит» за счет применения ПАВ имеет более высокое сцепление с гранитом. Наилучшими показателями физико-механических свойств обладают БКВ с повышенными деформативными свойствами (растяжимость и глубина проникания иглы при 0 °С) и сцеплением с минеральным материалом.

Испытания проводили по методу Vialit. При этом на металлическую пластину размером 15×15 см и толщиной 3,0 мм наносили соответствующее горячее вяжущее из расчета 0,3 л/м². На пластину с вяжущим укладывали 50 чистых сухих гранитных щебенки кубовидной формы различных узких фракций размером 5,0...7,0; 7,...10,0; 10,0...12,5 и 12,5...15,0 мм. Подготовленные таким образом пластины выдерживали при различных температурах от –10 до +50 °С. В качестве вяжущих использовали вяжущее марки ПБВ 60, содержащее 3,5 % модификатора ДСТ 30-01, и битум марки БНД 60/90 с применением полимерного ПАВ «Мобит».

Результаты испытаний покрытия с применением вяжущего ПБВ 60 и битума с добавкой ПАВ «Мобит» по методу КиШ приведены на рис. 1.

Анализ гистограмм (рис. 1) позволяет сделать следующий вывод. Битум с добавкой ПАВ обеспечивает во всем диапазоне исследуемых температур более высокую степень сцепления щебенки в рабочем слое по сравнению с полимерно-битумным вяжущим. Это можно объяснить более прочными адгезионными связями вяжущего со щебнем и когезионными связями в вяжущем.

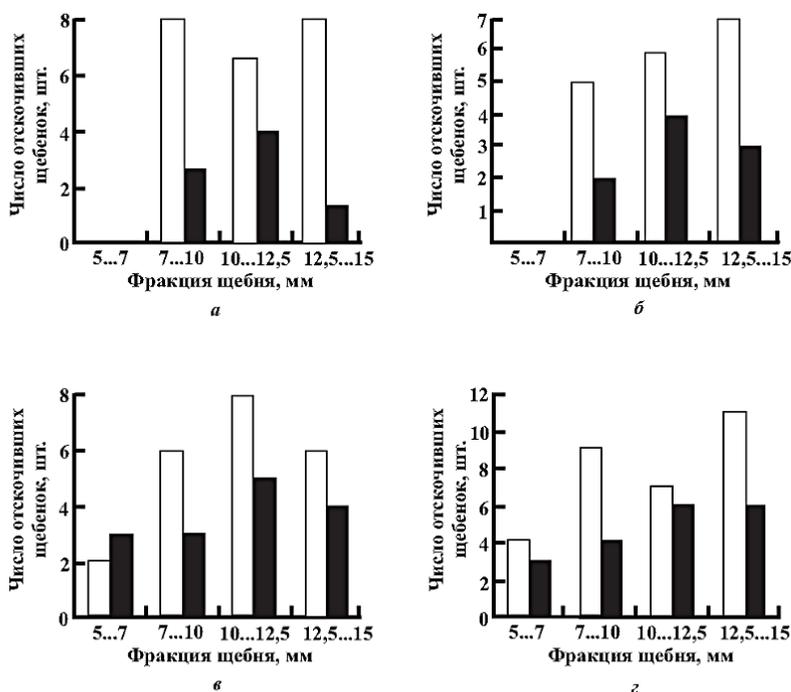


Рис. 1. Зависимость сохранности рабочего слоя от вида вяжущего, крупности применяемого щебня и температуры t испытания: а – $t = -10$ °C; б – 0; в – +10; г – +20 °C; □ – ПВБ 60; ■ – БНД + «Мобит»

Исследования также выявили, что при температурах до +50 °C увеличение эффективности модифицированного битума объясняется его более высокой теплоустойчивостью, что отражается на его повышенной деформативности и лучших адгезионных связях с минеральными материалами.

В ходе эксперимента установлено, что размер щебенки является одним из определяющих факторов их сохранности в рабочем слое. На рис. 1 видно, что чем меньше размер щебня, тем выше его сохранность в слое во всем диапазоне исследуемых температур. Этот эффект можно объяснить тем, что щебень более мелких фракций лучше обволакивается вяжущим, чем щебень крупных фракций. Если принять относительный условный показатель обволакивания щебня фракции 5,0...7,0 мм вяжущим за единицу, то у фракции 15,0...20,0 мм – 0,35. Эта закономерность сохраняется для различных расходов вяжущего, но зависит от его свойств.

На рис. 2 представлены результаты испытаний опытных образцов со щебнем различных фракций, обработанных БКВ с содержанием полимера от 2 до 3 %.

Анализ результатов показал более высокую сохранность рабочего слоя при относительном условном показателе обволакивания, близком к единице, с более высоким расходом вяжущего и в диапазоне температур –10 ... +20 °C.

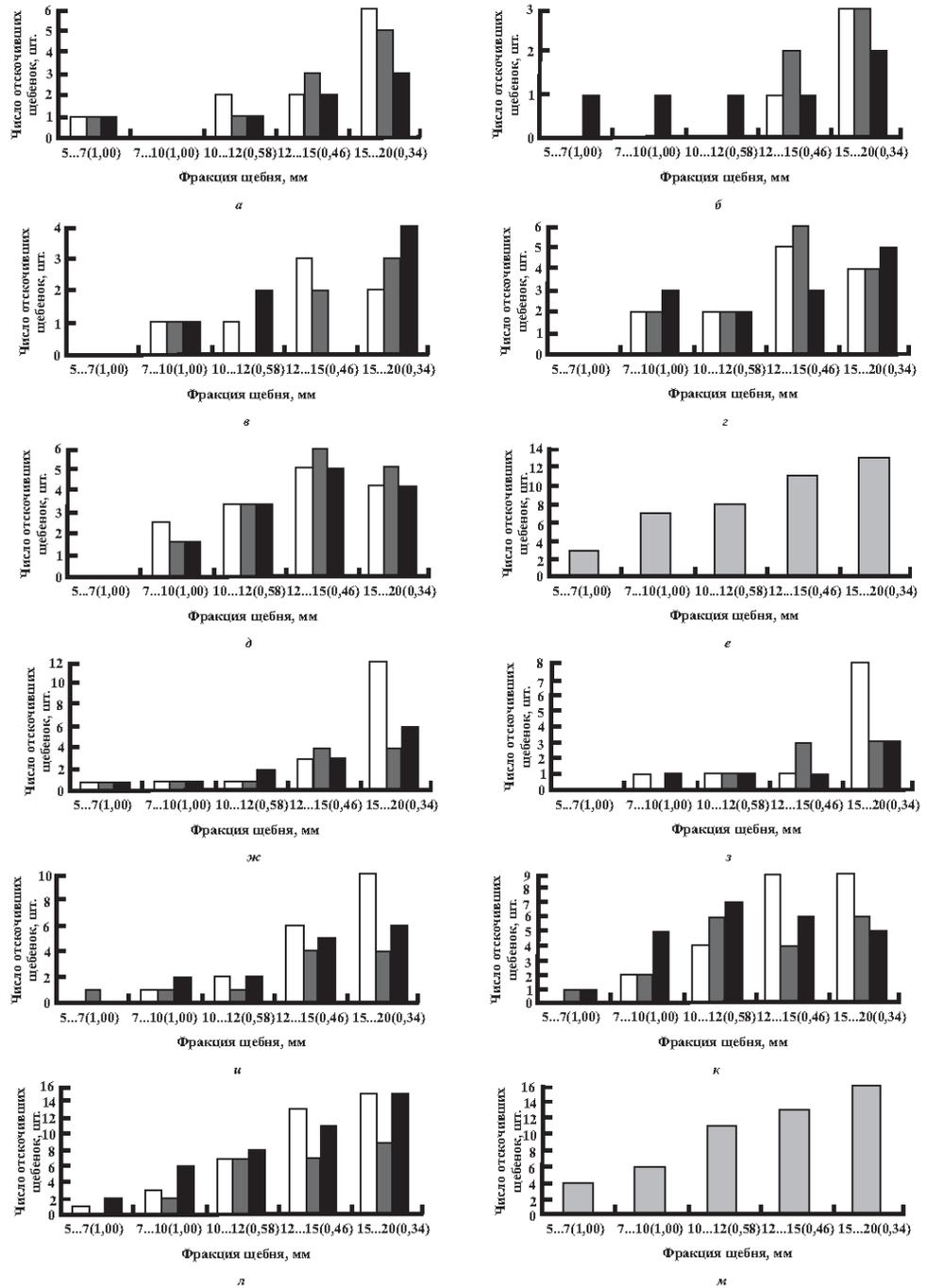


Рис. 2. Зависимость сохранности рабочего слоя на основе БКВ (расход вяжущего 0,4 л/м; температура $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (а – е) и $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ж – л) от типа синтетического каучука (а, ж – СКС-30АЗКМ-27; б, з – СКС-30АРКМ-15; в, и – СКС-30АРКПН; г, к – СКС-30АРК; д, л – СКД), его содержания (\square – 2,0 %; \blacksquare – 2,5 %; \blacksquare – 3,0 %) и фракции щебня (5...7; 7...10; 10...12; 12...15; 15...20 мм): а – д – БНД 60/90 + каучук; ж – л – каучук; е, м – БНД 60/90

При низких показателях обволакивания, меньшем расходе вяжущего и повышенных (до +50 °С) температурах наблюдается наименьшая сохранность рабочего слоя.

Максимальная сохранность рабочего слоя была достигнута при использовании в качестве модификатора каучуков СК-АРКПН и СКС-30 АРКМ-15, менее эффективным оказалось применение СКД и СКС-30 АРКМ-27. Дорожный битум марки БНД 60/90 во всем диапазоне исследуемых температур и при любых значениях показателя обволакивания частиц щебня и расходе вяжущего показал самую низкую сохранность рабочего слоя (наибольшее количество отскочивших щебенков).

Таким образом, проведенный эксперимент выявил более высокую эффективность применения модифицированных битумов в композиции слоев износа. Сохранность слоя также зависела от вида и расхода вяжущего и фракции щебня.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Скрыпников А.В., Кондрашова Е.В.* Технический отчет оценки прочности дорожной одежды автомобильной дороги местного значения «Ираель–Ижма–Усть-Цильма». Сыктывкар, 2009. 32 с.
2. *Калгин Ю.И.* Дорожные битумо-минеральные материалы на основе модифицированных битумов. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2006. 272 с.
3. *Кретов В.А., Руденский А.В.* Проблемы повышения качества дорожных битумов: экономические и технические аспекты // Дороги России 21-го века. 2002. № 3. С. 62–65.

Поступила 18.05.11

A.A. Kamusin, D.M. Levushkin
Moscow State Forestry University

Adhesion Properties of Modified Bitumen Investigation

The results of the logging roads pavement durability studies in dependence on properties of the bitumen used are presented in the article. It is shown that pavement preservation depends on the binding agent type, crushed rock coarseness and the temperature regime during tests.

Key words: logging road, pavement, carriageway, modified asphalt, rock coarseness, test.



МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.093

А.М. Копейкин, Н.О. Задраускайте, В.Г. Турушев, Е.Д. Гельфанд

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

Копейкин Адольф Михайлович родился в 1936 г., окончил в 1959 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры лесопильно-строгальных производств Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет более 130 печатных работ в области рационального раскроя пиломатериалов на заготовки.
E-mail: l.talchikova@narfu.ru.



Задраускайте Наталья Оеговна родилась в 1987 г., окончила в 2009 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры лесопильно-строгальных производств Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет 2 печатных работы в области рационального раскроя пиломатериалов на заготовки.
E-mail: natalii7@mail.ru



Турушев Валентин Гурьянович родился в 1928 г., окончил в 1952 г. Ленинградскую лесотехническую академию. Доктор технических наук, профессор кафедры лесопильно-строгальных производств Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет 156 печатных работ по проблемам лесопиления и деревообработки.
E-mail: l.talchikova@narfu.ru



Гельфанд Ефим Дмитриевич родился в 1936 г., окончил в 1959 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры биотехнологии Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет 340 печатных трудов в области автоматизирования технологии переработки древесины.
E-mail: biotech@agtu.ru



К ВОПРОСУ АВТОМАТИЗИРОВАНИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФЕКТНЫХ УЧАСТКОВ НА ПИЛОМАТЕРИАЛЕ

Описан процесс создания системы оптимизации, способной учитывать расположение дефектных участков на всех поверхностях пиломатериала.

Ключевые слова: заготовка, пиломатериал, дефектные зоны, матрица, кодировка.

Многие ученые исследовали встречаемость пороков в пиловочном сырье и пилопродукции. Изучались виды пороков, наиболее распространенных на пиломатериалах, а также их местоположение. Предпринимались попытки

© Копейкин А.М., Задраускайте Н.О., Турушев В.Г., Гельфанд Е.Д., 2012

создать систему, которая бы оптимизировала процесс раскроя пиломатериалов на заготовки. Так, специалистами технического университета в Дрездене был разработан опытный образец такой системы. Суть оптимизации заключалась в приближенном изображении доски в виде системы прямоугольников, дающих информацию о дефектных зонах, размерах доски и ее контурах. С помощью специальной программы определяли оптимальные линии для продольного и поперечного раскроя. Эту программу использовали в основном для составления схем раскроя необрезных пиломатериалов на заготовки различных размеров. Данная система позволяла оценить пиломатериал только с одной стороны. Возможно ли рационально раскроить доску, оценивая ее лишь по одной поверхности?

Для проверки объективности данной системы нами были проведены исследования.

В зависимости от сечения, породы и других признаков пороки пиломатериала располагаются либо только на одной пласти или кромке; либо сразу на двух пластях или кромках; либо сразу на одной пласти и двух кромках или на одной кромке и двух пластях; либо одновременно на одной пласти и одной кромке или на двух пластях и двух кромках.

В ходе обработки результатов исследований выяснилось, что неэффективно оценивать качество пиломатериалов лишь по одной поверхности (например, по пласти), так как наиболее часто встречаются следующие расположения пороков: одна пласть и одна кромка одновременно; одна пласть; две пласти и одна кромка одновременно.

Таким образом, возникла необходимость в создании такой системы, которая позволяла бы учитывать пороки на всех поверхностях пиломатериала при планировании последующего раскроя.

На рис. 1 представлена развертка поверхности доски: первая и третья строки обозначают пласти доски, вторая и четвертая – кромки. Вертикальными линиями доска условно разделена на участки с градацией 0,3 м (для примера взято 19 частей).

Темные области имеют порок древесины. Для автоматизация обработки всех результатов было предложено использовать компьютер. Для ввода в компьютер это изображение нужно закодировать, т.е. представить его в виде некоторой комбинации символов, понятной для машины.

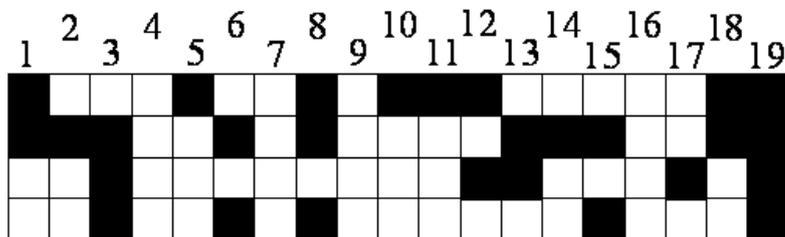


Рис. 1. Развертка поверхности доски

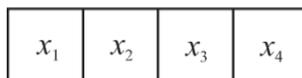


Рис. 2. Матрица

Для кодировки было предложено использовать матрицу, представленную на рис. 2, где x_1 – первая пласти, x_2 – первая кромка, x_3 – вторая пласти, x_4 – вторая кромка. На рис. 3 приведены возможные комбинации кодировок.

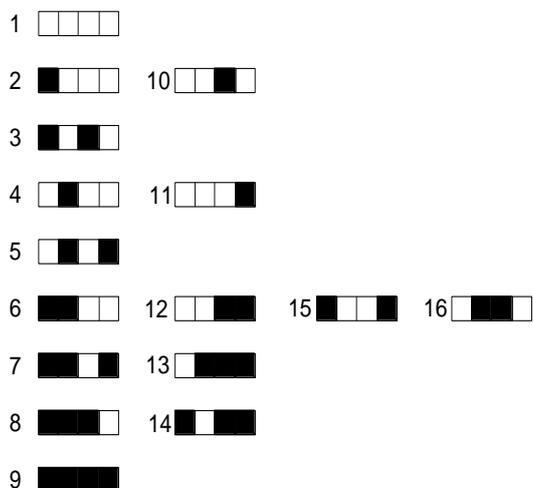


Рис. 3. Возможные виды матриц

Если не учитывать, какую из двух пластей (лицевую/оборотную) или кромок рассматриваем, то некоторые матрицы будут идентичны друг другу: 2 и 10; 4 и 11; 6, 12, 15 и 16; 7 и 13; 8 и 14. В итоге было получено девять основных матриц, сгруппированных в левом столбце.

Обозначим темные элементы цифрой 1, а светлые – 0. Таким образом, каждая область доски (один из пронумерованных вертикальных столбцов на рис. 1) будет отображаться своим кодом, состоящим из единиц и нулей. Однозначное соответствие между кодами и изображениями в дальнейшем позволит оперировать только кодами. При этом изображение всегда может быть воспроизведено по его коду.

Согласно полученным матрицам, доску (см. рис. 1) можно представить в понятном для машины виде (рис. 4).

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | | | | | | | | | |
| 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 | 19 | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |

Рис. 4. Кодировка доски

Таким образом, программа, разработанная на основе двоичного кода, позволит значительно снизить трудоемкость процесса обработки данных и сократит время принятия решения о последующем раскрое пиломатериалов на заготовки, а также даст возможность автоматически оценивать пиломатериал со всех сторон для последующего рационального раскроя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боровиков А.М. Качество пиломатериалов. М.: Лесн. пром-сть, 1990. 256 с.
2. Экспресс-информ.: сер. «Деревообработка». Вып. № 9. М., 1990. 24 с.

Поступила 13.10.11

A.M. Kopeykin, N.O. Zadrauskayte, V.G. Turushev, E.D. Gelfand
Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

Automation of Defective Spots Detection of a Sawn Timber

The work presents a generation process of an automated system that characterizes defective spots location on all sides, edges and ends of a sawn timber.

Key words: workpiece blank, sawn timber, defective spot, matrix, coding.

УДК 674.093

*Л.С. Суровцева, А.В. Старкова, Н.И. Богданович, А.Э. Пиир,
А.Е. Земцовский*

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

Суровцева Любовь Савватьевна родилась в 1944 г., окончила в 1966 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор кафедры лесопильно-строгальных производств Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет более 100 научных трудов в области комплексного рационального использования древесины, совершенствования технологического процесса лесопильно-деревообрабатывающих производств.

Тел.: 8 (8182) 21-61-66



Старкова Анна Владимировна родилась в 1975 г., окончила в 1998 г. Архангельский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры лесопильно-строгальных производств Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет более 10 научных трудов в области лесопиления.

Тел.: 8(8182) 21-61-66



Богданович Николай Иванович родился в 1943 г., окончил в 1969 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой лесохимических производств Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, заслуженный работник высшей школы РФ. Имеет более 320 печатных трудов в области совершенствования технологий переработки древесины.

Тел.: 8 (8182) 21-89-46



Пиир Адольф Эдвардович родился в 1940 г., окончил в 1962 г. Архангельский государственный лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры промышленной теплоэнергетики Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет более 150 научных работ в области теории теплофикационных энергоустановок и конвективного теплообмена в ребристых поверхностях нагрева лесосушительных камер.

Тел.: 8 (8182) 21-61-75



Земцовский Алексей Екимович родился в 1962 г., окончил в 1985 г. Архангельский лесотехнический институт, доцент кафедры древесиноведения и тепловой обработки древесины Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет 20 печатных работ в области деревообрабатывающих производств.

E-mail: alz@atnet.ru



АНАЛИЗ ПРИЗНАКОВ ДРЕВЕСИНЫ РАЗЛИЧНЫХ СТАНДАРТОВ ЭКСПОРТНЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ. 1. АНАЛИЗ ОСНОВНОГО СОРТООБРАЗУЮЩЕГО ПОРОКА ДРЕВЕСИНЫ

Анализ стандартов экспортных пиломатериалов северной сортировки и нордических пиломатериалов показал, что имеются различия в допускаемых размерах и количестве основного сортобразующего порока – сучков. Пилопродукция, выпускаемая по

© Суровцева Л.С., Старкова А.В., Богданович Н.И., Пиир А.Э., Земцовский А.Е., 2012

скандинавским правилам, удовлетворяет большее количество покупателей, что расширяет рынок продукции по сравнению с пилопродукцией, вырабатываемой в соответствии с ГОСТ 26002–83.

Ключевые слова: признаки древесины, сучки, пилопродукция, стандарты, допускаемые размеры.

Одним из основных направлений развития и стабильной работы предприятия, перерабатывающего древесину, является выпуск продукции, которая найдет своего постоянного покупателя и даст дополнительную прибыль.

Древесина каждой породы отличается своими природными свойствами. Получаемая пилопродукция по качеству весьма разнообразна и должна соответствовать требованиям покупателя.

На лесопильных предприятиях возможен выпуск пиломатериалов в соответствии с различными стандартами. Анализ стандартов пиломатериалов северной сортировки и нордических пиломатериалов скандинавских правил показал, что они различаются в плане измерения, учета пороков древесины и дефектов обработки, определяющих ее качество. Это же отмечено и для отклонений размеров пилопродукции и отклонений размеров различных пороков древесины и дефектов обработки [1, 2].

По скандинавским правилам установлены одинаковые требования к допускаемым размерам пороков древесины и дефектов обработки как для сосновых, так и для еловых пиломатериалов. В ГОСТ 26002–83 размеры допускаемых пороков древесины различны для сосны и ели, причем для сосновых пиломатериалов они более жесткие.

Цель данной работы – проведение сравнительного анализа допускаемых пороков древесины для сосновых экспортных пиломатериалов северной сортировки и нордических хвойных пиломатериалов.

Основным сортообразующим пороком в пиломатериалах являются сучки. В табл. 1, 2 приведены размеры и количество здоровых сросшихся сучков в пилопродукции различного назначения и сорта.

По скандинавским правилам в сорте D сучки любых размеров и качества допускаются. Введение сорта D дает возможность покупателю приобрести такие пиломатериалы, где нет ограничения по сучкам любого вида и размера, а поставщику реализовать такую продукцию.

В соответствии с ГОСТ 26002–83 в 4-м и 5-м сортах здоровые сросшиеся сучки как на пласти, так и на кромке допускаются в досках всех размеров и не ограничиваются по количеству. В сортах B и C имеются ограничения по размерам и количеству сучков. Сучки по кромке в сорте A1 не допускаются, а в 1-м сорте северной сортировки допускаются до 6 мм в количестве от 1 до 4 шт. в зависимости от толщины пиломатериалов.

Таблица 1

Допускаемые размеры, мм, и количество, шт., сросшихся здоровых сучков на пласти

| Толщина доски, мм | Сорт по ГОСТ 26002-83 | | | 4 | 5 | Сорт по скандинавским правилам | | | | | |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------------------------|-------------|-------------|--------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | Бессорные | | | | | A | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | | | A1 | A2 | A3 | A4 | B | C |
| 16...25 | 10...14 <i>n</i> = 1 | 15...18 <i>n</i> = 1 | 19...22; <i>n</i> = 2 22...32; <i>n</i> = 1 | Допускаются | Допускаются | Узкие пиломатериалы (75, 115, 125, 150 мм) | | | | | |
| 32...38 | | | | | | 8 | 10 | 10...15 | 20...25 | 35...40 | 50...55 |
| 44...50 | | | | | | 8...10 | 10...15 | 15...20 | 25...30 | 40...45 | 55...60 |
| 63...75 | 13...17 <i>n</i> = 1 | 18...27 <i>n</i> = 1 | 25; <i>n</i> = 2 25...38; <i>n</i> = 2 | Допускаются | Допускаются | Широкие пиломатериалы (175, 225 мм) | | | | | |
| 16...22 | | | | | | 8 | 15 | 20 | 30 | 45 | 60 |
| 32...38 | | | | | | 10 | 20 | 25 | 35 | 50 | 65 |
| 44...50 | 63...75 | 18...27 <i>n</i> = 1 | 28...38; <i>n</i> = 2 38...50; <i>n</i> = 1 | Допускаются | Допускаются | 15 | 25 | 35 | 45 | 60 | 75 |
| 63...75 | | | | | | <i>n</i> = 1 | <i>n</i> = 2 | <i>n</i> = 3 | <i>n</i> = 4 | <i>n</i> = 5 | <i>n</i> = 6 |

Примечание. Размер и количество сучков *n* (здесь и далее, в табл. 2, 3, 5) указывают по наружной пласти на худшем метре длины пиломатериалов.

Таблица 2

Допускаемые размеры, мм, и количество, шт., сросшихся здоровых сучков на кромке (на всей длине доски)

| Толщина доски, мм | Сорт по ГОСТ 26002-83 | | | Сорт по скандинавским правилам | | | | | | | | | | | |
|----------------------|-----------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------|----|----|----|----|----|----|----|---|---|-------|
| | Бессортные | | | 4 | 5 | A | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | | | A1 | A2 | A3 | A4 | B | C | D | | | |
| 16...19 | < 6 n = 1-2 | 7... 10; n = 1-2 | < 2/3 толщины доски; n = 2 | Допускаются | Допускаются | 8 | 10 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | * | * | * |
| 22...25 | < 6 n = 2-3 | 7... 12; n = 2-4 13... 19; n = 2-3 | 13... 16; n = 2-4 > 16 до 3/4 толщины доски; n = 2... 4 | | | | | | | | | | | | |
| 32...38 | < 6 n = 3-4 | 7... 12; n = 3-5 13... 19; n = 3-5 | 13... 16; n = 5-6 16... 25; n = 3-5 25... 32; n = 3 | Допускаются | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 50 | * | * | * | |
| 44... 50 | | | | | | | | | | | | | | | n = 1 |
| 63... 75 | | | | | | | | | | | | | | | |

* Сучок, равный толщине пиломатериалов.

Таблица 3

Допускаемые размеры, мм, и количество, шт., несросшихся здоровых (сухих) сучков на пласти

| Толщина доски, мм | Сорт по ГОСТ 26002-83 | | | | 5 | Сорт по скандинавским правилам | | | | |
|-------------------------|-----------------------|-------|-------|--------------------------------------------|-------------------|--------------------------------|---------|-------------------------------------|---------|---------|
| | Бессортные | | | 4 | | А | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | | | A1 | A2 | A3 | A4 | |
| 16...25 | Не допускаются | 13 | 38 | Узкие пиломатериалы (75, 115, 125, 150 мм) | 7 | 7...10 | 14...17 | 24...28 | 50...55 | |
| 32...38 | | | | | | 10...14 | 17...21 | 28...32 | | 55...60 |
| 44...50 | | | | | | 10 | 21...24 | 32...35 | | |
| 63...75 | Не допускаются | 19 | 50 | Отверстия от выпавших сучков ≤ 32 мм | 14 | 17...21 | 4...28 | 35...38 | 65...70 | |
| 16...25 | | | | | Не допускаются | 13 | 38 | Широкие пиломатериалы (175, 225 мм) | | |
| 32...38 | 2/3 ширины пласти | 10 | 14 | 21 | | | | 32 | 60 | |
| 44...50 | 2/3 ширины пласти | 14 | 17 | 24 | | | | 35 | | 65 |
| 63...75 | Допускаются | 25 | 63 | 17 | | | | 24 | 32 | |
| | | n = 1 | n = 1 | | n = 1 | n = 3 | n = 4 | n = 5 | n = 6 | |

В табл. 3 приведены допускаемые размеры здоровых несросшихся сучков. Для обоих стандартов в высших сортах 1, 2 и А1 такие сучки не допускаются. В остальных сортах они допускаются, их размерная сетка имеет больший диапазон по скандинавским правилам. В соответствии с ГОСТ 26002–83 для всех толщин досок допустим только один несросшийся сучок. По скандинавскому стандарту в зависимости от сорта допускаемое количество сучков увеличивается от 1 до 6 шт.

Сучки на пласти загнившие, гнилые и табачные для пиломатериалов сорта А и бессортных в обоих стандартах не допускаются, а в 5-м сорте и сорте D допускаются любые. Для тонких и средних пиломатериалов в ГОСТ 26002–83 наличие данных сучков размером 19 мм возможно только в 4-м сорте, для толстых (63...75 мм) – размером 25 мм в количестве не более 1 шт. как в узких, так и в широких пиломатериалах. По скандинавским правилам в сортах В и С загнившие, гнилые и табачные сучки на пласти допускаются (табл. 4).

Таблица 4

Допускаемые размеры и количество загнивших, гнилых и табачных сучков на пласти (скандинавские правила)

| Сорт | Ширина доски, мм | Размеры сучков, мм, при толщине доски, мм | | | | Количество сучков <i>n</i> , шт. |
|------|------------------|-------------------------------------------|---------|---------|---------|----------------------------------|
| | | 16...25 | 32...38 | 44...50 | 63...75 | |
| В | 75...150 | 18...20 | 20...23 | 23...25 | 25...28 | 3 |
| | 175...225 | 23 | 25 | 28 | 30 | |
| С | 75...150 | 45...50 | 50...54 | 54...58 | 58...63 | 4 |
| | 175...225 | 54 | 58 | 63 | 68 | |

В табл. 5 приведены требования к сучкам загнившим, гнилым и табачным на кромке. Данные сучки в сорте А, а также в 1-м и 2-м сортах (ГОСТ 26002–83) не допускаются. В остальных сортах размеры и количество сучков изменяется в сторону увеличения к более низкому сорту.

В скандинавском стандарте выделен порок «сучки с корой», причем ограничения даны только для сортов А3, А4, В и С (табл. 6). Все сучки, имеющие кору, независимо от занимаемого периметра классифицируются как сучки с корой. Сучок, окруженный корой менее чем $\frac{1}{4}$ периметра, оценивают и классифицируют как сухой сучок. В сортах А1 и А2 эти сучки не допускаются.

В соответствии с ГОСТ 26002–83 сучки с корой можно отнести к сросшимся сучкам, если прослойка коры занимает менее $\frac{1}{4}$ периметра разреза сучка.

Сучки здоровые торцовые по скандинавским правилам не учитываются ни в одном сорте. По правилам северной сортировки в 1-м и 2-м сортах сучки на торце не допускаются. Ограничения по сучкам на торце имеются и в 3-м сорте – допускаются размером 25 мм в количестве 1 шт. В 4-м и 5-м сортах допускаются любые.

Таблица 5

Допускаемые размеры, мм, и количество, шт., загнивших, гнилых и табачных сучков на кромке

| Толщина доски, мм | Сорт по ГОСТ 26002-83 | | | | | Сорт по скандинавским правилам | | | |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|--------------------------------|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | A | B | C | D |
| 16...19 | В пиломатериалах шириной 75 мм всех толщин не должны превышать 1/3 ширины пласти 1/2 ширины пласти 2/3 ширины пласти 13; n = 1...2 38; n = 2...4 Допускаются | | | | | Не допускаются | | | |
| 22...25 | | | | | | Допускаются | | | |
| 32...38 | | | | | | Допускаются | | | |
| 44...50 | | | | | | Допускаются | | | |
| 63...75 | | | | | | Допускаются | | | |

Таблица 6

Допускаемые размеры, мм, и количество, шт., сучков с корой (скандинавские правила)

| Толщина доски, мм | A | | | | C | D |
|------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---|---|
| | A3 | A4 | B | C | | |
| Узкие пиломатериалы (75, 115, 125 мм) | | | | | | |
| 16...25 | 5...8 | 10...12 | 21...24 | 45...49 | | |
| 32...38 | 8...10 | 12...15 | 24...27 | 49...54 | | |
| 44...50 | 10...12 | 15...17 | 27...30 | 54...58 | | |
| 63...75 | 12...15 | 17...20 | 30...33 | 58...63 | | |
| Широкие пиломатериалы (150, 175, 225 мм) | | | | | | |
| 16...25 | 10 | 15 | 27 | 54 | | |
| 32...38 | 12 | 17 | 30 | 58 | | |
| 44...50 | 15 | 20 | 33 | 63 | | |
| 63...75 | 17 | 22 | 36 | 67 | | |
| | n = 1 | n = 2 | n = 3 | n = 4 | | |

Пилопродукция, выпускаемая в соответствии с ГОСТ 26002–83, обязательно должна иметь зачистку торцев, если сучок будет находиться на торце, то он будет удален при зачистке.

Наличие семи сортов по скандинавским правилам дает возможность получать более разнообразную по размерам и количеству сучков пилопродукцию и удовлетворять потребности любого покупателя, так как в сорте D сучки не ограничиваются.

Более жесткие условия ГОСТ 26002–83 увеличивают трудозатраты, снижают выход пилопродукции на лесопильных предприятиях, а также не всегда отвечают требованиям покупателя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 26002–83. Пиломатериалы хвойных пород северной сортировки, поставляемые для экспорта. Технические условия. Введ. 01.01.85. М.: Изд-во стандартов, 1985. 33 с.
2. Нордические пиломатериалы (Nordic Timber). Скандинавские правила сортировки сосновых и еловых пиломатериалов. М.: Центр «Лесэксперт», 1994. 62 с.

Поступила 13.01.11

L.S. Surovtseva, A.V. Starkova, N.I. Bogdanovich, A.E. Piir, A.E. Zemtsovskiy
Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

Analysis of the Wood Properties Stated by Various Grading Rules

Comparative analysis of the Russian standard for export sawn timber (GOST 26002-83) and the Nordic Timber grading rules has been performed. Variation in evaluation of the prevailing grade forming defect – size and number of knots – were revealed. It was disclosed, that the sawn timber exported under the Nordic Timber rules has better marketing prospects.

Key words: wood properties, knots, sawn timber, standard, size permitted.

УДК 621.933.6:534.1

Р.В. Дерягин¹, В.С. Уткин¹, А.Э. Пиир², А.Е. Алексеев²

¹Вологодский государственный технический университет

²Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

Дерягин Руслан Валентинович родился в 1939 г., окончил в 1963 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теории и проектирования машин и механизмов Вологодского государственного технического университета. Имеет более 130 печатных работ в области динамики машин и оборудования деревообрабатывающей промышленности, металлургического оборудования, современных проблем технологии деревообработки.

E-mail: derjagin@mh.vstu.edu.ru, tpmm@mh.vstu.edu.ru



Уткин Владимир Сергеевич родился в 1928 г., окончил в 1951 г. Ленинградский институт инженеров железнодорожного транспорта, в 1965 г. – Ленинградский государственный университет, доктор технических наук, профессор кафедры промышленного и гражданского строительства Вологодского государственного технического университета. Имеет более 400 печатных работ в области проблем прочности, безопасности и надежности.

E-mail: pgs@mh.vstu.edu.ru



Алексеев Александр Евгеньевич родился в 1958 г., окончил в 1980 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры материаловедения и технологии конструкционных материалов Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, академик Академии проблем качества, чл.-корр. Метрологической академии. Имеет более 200 печатных работ в области лесопиления.

Тел.: 8(8182) 21-89-91



РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ВИБРОИЗОЛЯЦИИ ДВУХЭТАЖНЫХ ЛЕСОПИЛЬНЫХ РАМ

Рассмотрена задача уменьшения влияния вибраций двухэтажных лесопильных рам на окружающую среду. Показана возможность их пассивной виброизоляции, реализованная в производственных условиях.

Ключевые слова: лесопильные рамы, вибрации, уравнивание, разрушения, лесопильный цех, синтез, система, виброизоляция, разработка, конструкция, фундамент.

Двухэтажные лесопильные рамы с ходом пильной рамки 600 и 700 мм (длина кривошипа 300 и 350 мм соответственно) относятся к машинам большой динамичности.

Основным источником их вибраций является инерционное возбуждение из-за неуравновешенности поступательно движущихся масс (с учетом масс части шатуна и полного комплекта рамных пил с оснасткой они достигают 600 кг и более при угловой скорости вращения кривошипа 31,4...33,5 рад/с).

Наиболее эффективным способом локализации вибраций лесопильных рам и окружающей среды представляется конструктивное уравнивание

© Дерягин Р.В., Уткин В.С., Пиир А.Э., Алексеев А.Е., 2012

поступательно движущихся масс [1, 2, 5]. Экспериментальные исследования модернизированной двухэтажной лесопильной рамы модели 2Р75-1 в соответствии с предложением [1] по заказу ЗДС «Северный Коммунар» (г. Вологда) показали возможность полного гашения инерционного возбуждения лесопильной рамы по первой гармонике при установке ее на легкий фундамент, необходимый лишь для обеспечения монтажа машины и механизмов уравнивания. Инерционное возбуждение по второй гармонике, как показали измерения вибраций, не оказывает существенного воздействия на машину и окружающую среду. К сожалению, полученные результаты не удалось использовать при серийном производстве лесопильных рам в связи с изменением экономической ситуации в стране.

Цель данной работы – уменьшить влияние вибраций двухэтажных лесопильных рам на окружающую среду.

В настоящее время основной способ борьбы с вибрациями лесопильных рам – установка их на массивные бетонные фундаменты, опирающиеся в зависимости от геологических условий на грунтовое или свайное основание (рис. 1). Факторами динамического воздействия на машину являются главный вектор сил инерции $\bar{P}_{u\Sigma}$ и главный момент сил инерции M_u .

Главный момент сил инерции и момент от сил резания весьма эффективно уравниваются реакциями фундаментной плиты, у которой $b > a$. За счет этого реакции малы по сравнению с реакциями от главного вектора сил инерции.

При полном уравнивании вращающихся масс механизма резания, когда положение его центра масс располагается на вертикальной линии, проходящей через ось кривошипа, главный вектор сил инерции также будет проходить через ось кривошипа. Это позволяет рассматривать вертикальные колебания станины лесопильной рамы с фундаментом по оси X на основе динамической модели с одной степенью свободы (рис. 2).

Модуль главного вектора сил инерции за один цикл работы механизма с учетом малого значения отношения длины кривошипа к

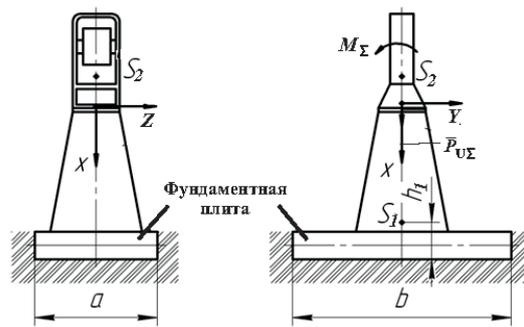


Рис. 1

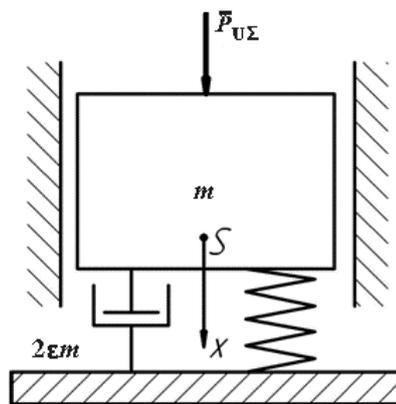


Рис. 2

длине шатуна λ (для лесопильной рамы 2P75-1 отношение $\lambda = 0,15$) с достаточной точностью может быть определен по известной формуле:

$$P_{u_{\Sigma}} = P_{u_{\Sigma X}} = m_B \omega_1^2 l_1 (\cos \omega_1 t + \lambda \cos 2\omega_1 t), \quad (1)$$

где $m_B = m_3 + m_{B_2}$;

m_3 – масса пильной рамки;

m_{B_2} – масса шатуна, отнесенная к оси кинематической пары шатун – пильная рамка;

ω_1 – угловая скорость вращения кривошипа;

l_1 – длина кривошипа;

t – время.

Согласно принципу суперпозиции для линейных систем уравнение (1) можно представить в следующем виде:

$$P_{u_{\Sigma X}}(t) = \sum_{k=1}^2 P_0^{(k)} \cos k\omega_1 t, \quad (2)$$

где k – номер гармонической составляющей;

$P_0^{(k)}$ – амплитуда k -й гармонической составляющей модуля главного вектора сил инерции.

Запишем уравнение движения системы под действием k -й гармоники силы [4]:

$$\ddot{x}^{(k)} + 2\varepsilon \dot{x}^{(k)} + \omega_0^2 x^{(k)} = \frac{P_0^{(k)}}{m} \cos k\omega_1 t, \quad (3)$$

где $x^{(k)}$ – перемещение системы;

ε – коэффициент демпфирования;

ω_0 – угловая частота собственных колебаний системы, $\omega_0 = \sqrt{c/m}$;

c – упругий коэффициент, $c = C_F F$;

C_F – коэффициент равномерного упругого сжатия грунта;

F – опорная площадь фундамента (фундаментной плиты).

Примем $x^{(k)} = x_0^{(k)} \cos(k\omega_1 t + \alpha_k)$.

Здесь $x_0^{(k)}$ – амплитуда перемещения массы m под действием k -й гармоники силы.

После подстановки этого выражения в уравнении (3) получим частное решение уравнения

$$x^k = \frac{P_0^{(k)}}{c} \left[(1 - \eta_k^2)^2 + \left(\frac{2\varepsilon}{\omega_0} \right)^2 \eta_k^2 \right]^{-\frac{1}{2}} \cos k\omega_1 t, \quad (4)$$

где $\eta_k = \frac{k\omega_1}{\omega_0}$ – частотное отношение для k -й гармоники.

С учетом уравнений (3) и (4) для амплитуд перемещений системы по первой и второй гармонике модуля главного вектора сил инерции получим

$$x_0^{(1)} = \frac{m_B l}{m} \alpha_u^{(1)}; \quad x_0^{(2)} = \frac{m_B l}{m} \alpha_u^{(2)}. \quad (5)$$

Здесь $\alpha_u^{(1)} = \eta_1^2 \left[(1 - \eta_1^2)^2 + \left(\frac{2\varepsilon}{\omega_0} \right)^2 \eta_1^2 \right]^{-\frac{1}{2}}$ и $\alpha_u^{(2)} = \eta_1^2 \left[(1 - \eta_2^2)^2 + \left(\frac{2\varepsilon}{\omega_0} \right)^2 \eta_2^2 \right]^{-\frac{1}{2}}$ –

коэффициенты динамического усиления (относительные амплитуды колебаний) при инерционном возбуждении колебаний по первой и второй гармоникам соответственно.

На рис. 3 представлена зависимость коэффициента динамического усиления от частотного отношения η_1 при инерционном возбуждении по первой гармонике.

При установке лесопильных рам на грунтовые или свайные основания они работают в дорезонансной зоне, т. е. частотное отношение η_1 должно быть меньше единицы. Причем на практике встречаются два варианта. При установке на свайные или плотные грунтовые основания должно выдерживаться неравенство $\eta_1 \leq 0,4$, а для более податливых оснований $-0,6 \leq \eta_1 \leq 0,8$. Это связано с необходимостью отстройки системы от резонанса по второй гармонике, так как при $\eta_1 = 0,5$ имеем $\eta_2 = 1$.

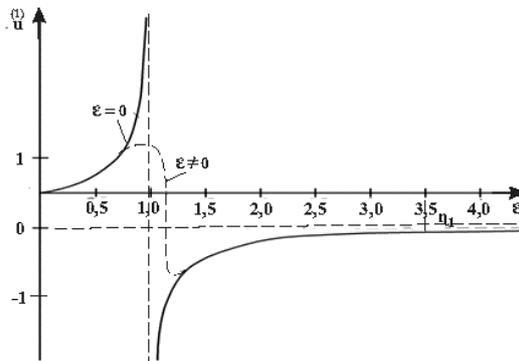


Рис. 3.

О влиянии коэффициента демпфирования ε на коэффициенты динамического усиления и о возможности определения динамических параметров и других характеристик системы по результатам измерения виброперемещений изложено в работе [4].

Как показывает практика, даже при отстройке системы от резонанса (особенно при $0,6 \leq \eta_1 \leq 0,8$) реакция на инерционное воздействие (при $\eta_1 = 0,75$) может быть равна или превышать его. Таким образом, проблемы, связанные с вибрационным воздействием лесопильных рам на здания и сооружения, обслуживающий персонал и окружающую среду в радиусе до нескольких сотен метров, остаются, как правило, нерешенными.

В то же время в рамках рассмотренной выше динамической модели (см. рис. 2) можно проанализировать условия, при которых целесообразно реализовать систему пассивной виброизоляции лесопильных рам.

Такие системы устанавливают на серийно выпускаемые виброизоляторы металлорежущих станков и другого оборудования в машиностроении и др. отраслях. Серийные виброизоляторы рассчитаны на работу при возбуждающих

воздействиях, как правило, с частотой более 10 Гц, так как считается [3], что виброизоляция низкочастотных машин неэффективна.

В отличие от систем, в которых предусматривается установка фундаментов машин на грунтовое или свайное основание, система виброизоляции всегда рассчитана на работу в зарезонансной зоне, т. е. при условии $k\omega_1/\omega_0 > \sqrt{2}$ [4]. При переходе в зарезонансную зону реакция системы (рис. 3) оказывается в противофазе с инерционным возбуждением и уравнивает его в зависимости от выбранного частотного отношения. При полигармоническом возбуждении колебаний основная проблема состоит в обеспечении виброзащиты от возбуждения по первой гармонике, так как при этом виброизоляция от возбуждения по высшим гармоникам гарантируется всегда.

С учетом того, что за пределами зоны резонанса влияние демпфирования мало, коэффициентом динамического усиления можно пренебречь, тогда из выражения (5) запишем

$$\alpha_u^{(1)} = \frac{\eta_1^2}{1 - \eta_1^2}.$$

Отсюда видно, что с ростом частотного отношения увеличивается коэффициент динамического усиления, который в резонансной зоне имеет отрицательное значение.

При $\eta_1 = 5$ имеем $\alpha_u^{(1)} = -\frac{25}{24} = -1,0416$, т. е. основанию передается лишь около 4 % от амплитуды первой гармоники главного вектора сил инерции. Для второй гармоники это составит не более 1 %.

На практике для получения меньшего значения статической деформации виброизоляторов и удовлетворительных результатов виброизоляции целесообразно уменьшать частотное отношение.

В 2002 г. нами был получен заказ от строительной фирмы на разработку системы пассивной виброизоляции двух двухэтажных лесопильных рам модели 2Р75-1 для дочернего лесопильного предприятия в пос. Верховажье Вологодской области. Заказ был связан с необходимостью предупредить возможное разрушение приобретенного здания цеха, построенного на песчаном грунте, под действием вибраций, возбуждаемых лесопильными рамами. Одновременно ставилась задача защитить от вибраций жилой поселок, расположенный в нескольких десятках метров от предприятия.

В соответствии с заданием был выполнен синтез системы виброизоляции, основанный на результатах работы [4], что позволило определить динамические параметры и характеристики системы (коэффициенты жесткости упругой системы, масса фундамента, площадь опорной плиты), разработать конструкцию фундамента, выбрать серийные упругие элементы, разработать технологию монтажа системы и т.д.

Все работы по реконструкции цеха, монтажу и пуску оборудования были выполнены в сжатые сроки. Лесопильные рамы (схема системы виброизоляции показана на рис. 4) эксплуатируются и в настоящее время.

Выводы

1. Виброизоляция низкочастотных машин большой динамичности возможна и эффективна.

2. Надежность системы виброизоляции даже при несоблюдении рекомендаций по эксплуатации и выполнению регламентов оказалась весьма высокой.

3. Применение системы виброизоляции может быть рекомендовано для использования при монтаже новых машин в строящихся цехах, замене лесопильных рам или в тех случаях, когда использование машин выходит за пределы требований технических регламентов по допустимому вибрационному воздействию на здания, сооружения, работающий персонал и окружающую среду.

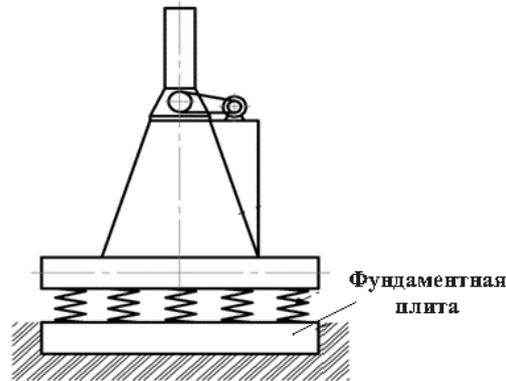


Рис. 4

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. с. № 616124 (СССР). МКИ² В27В 3/12. Лесопильная рама / Дерягин Р.В., Лебедев Л.Л., Метелкин А.М., Смирнов П.И. Заявл. 06.12.76. № 2426315/29–15. Бюл. №27. 1978.
2. А. с. № 1412941 (СССР). МКИ² В27В 3/12. Привод лесопильной рамы / Майоров Ю.П., Головачев А.П., Мазалев В.Г., Диев Л.В., Дерягин Р.В. Заявл. 17.01.86. № 4009317/29–15.
3. Вибрации в технике. Т. 6. Защита от вибрации и ударов. М.: Машиностроение, 1981. 456 с.
4. Дерягин Р.В. Вибрация лесопильных рам. Л.: Изд-во ЛГУ, 1986. 144 с.
5. Пат. № 2117306 (ФРГ). МКИ² В27В 3/12. Устройство для уравнивания поступательно движущихся масс лесопильной рамы / Эстерер М.. Заявл. 08.04.71. № Р 2117306.8.15. Опубл. 02.03.78.
6. Kuhnert E., Hunger P. Schwingungsstillung an Gatterägemaschinen// Holzindustrie. 1976. N 2. S. 58–60.

Поступила 15.06.11

R.V. Deryagin¹, V.S. Utkin¹, A.E. Pür², A.Y. Alexeyev²

¹ Vologda State Technical University

² Northern (Arctic) Federal University named after M.V.Lomonosov

Vibroinsulation Task of the Double Deck Gang Sawing Machines Solution

A task of mitigation of the vibration impact on the surrounding environment has been considered. Passive vibration protection was implemented in the work situations.

Key words: double deck gang sawing machine, vibration, counterbalancing, destruction failure, sawing workshop, synthesis, system, vibration protection, elaboration, design, substructure.

УДК 624.072.2.011

С.И. Рощина¹, М.В. Лукин¹, Б.В. Лабудин², В.И. Мелехов²

¹Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых

²Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

Рощина Светлана Ивановна родилась в 1961 г., окончила в 1988 г. Владимирский политехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой строительных конструкций Владимирского государственного университета имени А.Г. и Н.Г. Столетовых. Имеет более 110 печатных работ в области испытаний и расчета армированных деревянных конструкций на длительную нагрузку и ползучесть.
E-mail: rsi3@mail.ru



Лукин Михаил Владимирович родился в 1984 г., в 2006 г. окончил Владимирский государственный университет, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций Владимирского государственного университета имени А.Г. и Н.Г. Столетовых. Имеет более 30 работ в области испытаний и совершенствования методов расчета композитных конструкций на основе металла и древесины.
E-mail: lukin_mihail_22@mail.ru



Лабудин Борис Васильевич родился в 1948 г., окончил в 1971 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры инженерных конструкций и архитектуры Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет более 140 печатных работ в области разработки, исследования и внедрения клееных деревянных конструкций.
E-mail: labudin@rambler.ru



Мелехов Владимир Иванович родился в 1939 г., окончил в 1961 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой древесиноведения и тепловой обработки древесины Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, действительный член Академии проблем качества РФ и РАЕН, председатель диссертационного совета. Имеет более 300 научных работ в области технологии переработки, высококачественной сушки, пропитки древесины и использования малоценной древесины и отходов деревообработки.
Тел.: (8182) 21-61-49



РАСЧЕТ КОМПОЗИТНЫХ ДЕРЕВОКЛЕЕННЫХ БАЛОК НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ИНЖЕНЕРНОГО МЕТОДА

Рассмотрен вопрос расчета прочности усиленных деревянных балок с внешним армированием, которое выполнено жесткой арматурой в виде швеллера, располагаемого с верхней и нижней сторон. Совместная работа швеллера и усиливаемой деревянной балки осуществлена за счет клеенных в тело балки стержней.

Ключевые слова: композитные балки, деформативность, прочность, инженерный метод расчета, корректирующие коэффициенты.

Основными элементами деревоклееной композитной балки являются древесина, стальной прокат в виде швеллера и арматурные стержни. Швеллер

© Рощина С.И., Лукин М.В., Лабудин Б.В., Мелехов В.И., 2012

устанавливается либо в верхней (сжатой), либо в нижней (растянутой) зоне балки, номер проката выбирается по ширине сечения балки (№12). Швеллер крепится к телу балки с помощью наклонно вклеенных арматурных стержней класса А-400 периодического профиля. Расположение их принимается по главным растягивающим или сжимающим напряжениям под углом 45° с шагом 300 мм по длине балки.

Деревянная балка с расположением швеллера усиления в верхней сжатой зоне и арматуры по главным сжимающим напряжениям графически изображена на рис. 1.

Существующие в настоящее время методы расчета конструкций позволяют с достаточной точностью оценивать их несущую способность и деформативность на любой стадии работы. Инженерный метод расчета армированных деревянных конструкций по приведенным геометрическим характеристикам является прикладным и позволяет с достаточной точностью оценивать их несущую способность и деформативность, опираясь на действующие нормы проектирования.

Однако этот метод расчета композитных конструкций и элементов, как правило, ведется лишь в предположении упругой работы материалов, что не соответствует действительной работе элементов за пределом упругости и не выявляет действительной несущей способности, деформативности и живучести древесины при запредельных нагрузках. Поэтому остро встает вопрос о нахождении так называемых корректирующих коэффициентов, вводимых в формулы расчета.

Цель нашей работы – определение несущей способности и деформативности композитных балок, подбор диаметра, угла наклона и шага расположения арматурных стержней. Расчет был выполнен по двум группам предельных состояний с использованием известных формул сопротивления материалов и введением в них коэффициентов k_w и $k_{ж}$, полученных экспериментально.

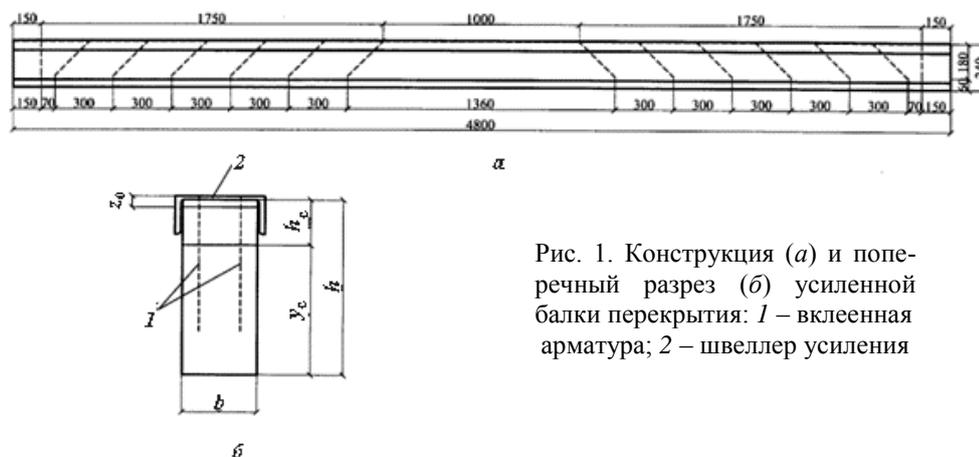
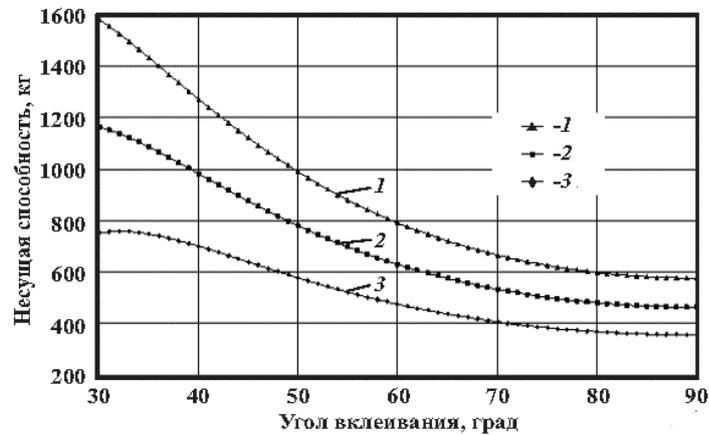
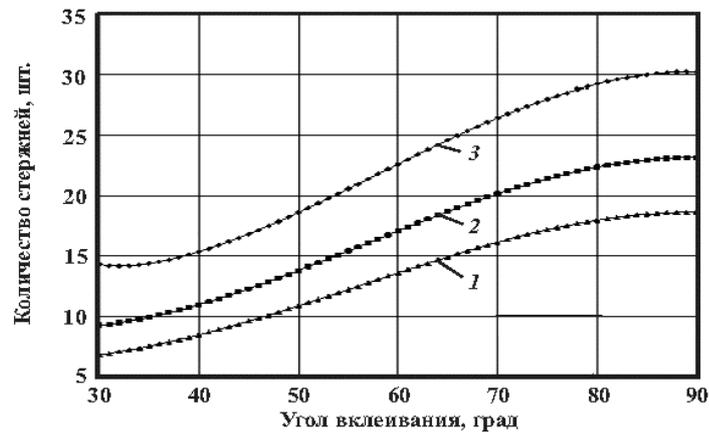


Рис. 1. Конструкция (а) и поперечный разрез (б) усиленной балки перекрытия: 1 – вклеенная арматура; 2 – швеллер усиления



a



б

Рис. 2. Зависимость несущей способности стержня (*a*) и количества стержней с одной стороны балки (*б*) от угла вклеивания и диаметра d стержня: 1 – $d = 1,2$; 2 – $1,0$; 3 – $0,8$

Расчет по первой группе предельных состояний на действие максимального изгибающего момента выполнен для опасных сечений, которые находятся в середине пролета балки, на действие максимальной поперечной силы – для опасных сечений на опоре. Изгибающий момент и поперечная сила для балки на двух опорах при загрузении ее равномерно распределенной нагрузкой определены по известным формулам строительной механики с учетом граничных условий. Для второй группы предельных состояний определен максимальный прогиб и проведено его сравнение с предельным.

По результатам обработки результатов теоретических расчетов построены графики (рис. 2), из которых видно, что наиболее эффективным углом внедрения (вклеивания) наклонных стержней является угол в диапазоне $30 \dots 45^\circ$.

| Последовательность расчета | Деревянные балки | Армированные деревянные балки |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Геометрические характеристики сечения | | |
| Площадь сечения | $F = bh$ | $F_m = bh(1 + \mu t)$ |
| Статический момент инерции | $S = \frac{bh^2}{6}$ | $S_{mp} = bh^2 \left(\frac{1}{2} + \mu t \left(1 - \frac{z_0 - d}{h} \right) \right)$ |
| Момент инерции | $I = \frac{bh^3}{12}$ | $I_{mp} = \frac{b}{3} (y_c^2 + h_c^2) + I_{me}^c + bh\mu t (h_c + d - z_0)^2$ |
| Момент сопротивления | $W^c = W^p = \frac{2I}{h}$ | $W_{mp}^c = \frac{I_{mp}}{h_c}; \quad W_{mp}^p = \frac{I_{mp}}{y_c}$ |
| Расчет по первой группе предельных состояний | | |
| Нормальное напряжение в древесине растянутой и сжатой зон | $\sigma = \frac{M}{W} \leq R$ | $\sigma_p = \frac{M}{W_{mp}^c k_{k_w}} \leq R_p; \quad \sigma_c = \frac{M}{W_{mp}^c} \leq R_c$ |
| Нормальное напряжение в швеллере, где k_w – коэффициент, полученный экспериментально и равный 0,65 | – | $\sigma_z = \frac{M}{W_{mp}^c k_{k_w}} n k_t \leq R_s$ |
| Устойчивость плоской формы деформирования | $\sigma_u = \frac{M}{\varphi_x W} \leq R_u$ | $\sigma_u = \frac{M}{\varphi_x W_{mp}^c k_{k_w}} \leq R_u$ |
| Касательные напряжения в древесине относительно нейтральной оси | $\tau = \frac{QS}{Ib} \leq R_{ск}$ | $\tau = \frac{QS_{mp}}{I_{mp} b} \leq R_{ск}$ |
| Касательные напряжения в древесине относительно линии, проходящей в зоне сопряжения швеллера с древесиной | – | $\tau = \frac{QS_{ск} - k_t}{I_{mp} b} \leq R_{ск}$ |

Анализируя графики на рис. 2, а, можно сделать выводы, что с увеличением угла вклеивания несущая способность стержня уменьшается; при одном и том же угле вклеивания несущая способность выше у стержней с наибольшим диаметром. Из графиков на рис. 2, б следует: с увеличением угла вклеивания количество стержней увеличивается; чем меньше диаметр стержней, тем большее их количество необходимо установить в конструкции.

Алгоритм расчета композитных балок, а также сравнение его с расчетом обычной цельнодеревянной балки приведено в таблице на с. 93.

Таким образом, полученные экспериментальным путем коэффициенты $k_w = 0,65$ и $k_{ж} = 0,85$ имеют ясный физический смысл и позволяют повысить точность определения напряжений и перемещений в композитных конструкциях для инженерных расчетов. Результаты работы рекомендованы для внесения в нормы проектирования деревянных конструкций (СНиП II-25–80 «Деревянные конструкции. Нормы проектирования»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карлсен Г.Г., Слискоухов Ю.В. Конструкции из дерева и пластмасс. М.: Стройиздат, 1986. 543 с.
2. СП 64.13330.2011. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25–80*.
3. СТО 36554501-002–2006. Деревянные клееные и цельнодеревянные конструкции. Методы проектирования и расчета. М.:ФГУП «НИЦ «Строительство».

Поступила 06.06.11

S.I. Roshchina¹, M.V. Lukin¹, B.V. Labudin², V.I. Melekhov²

¹ Vladimir State University

² Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

Design of Composite Laminated Wooden Joists on the Engineering Method Basis

The paper is devoted to a strength calculation of composite laminated wooden joists reinforced at the upper and lower sides with channel iron sections. Combined action of an iron profile and wooden joist is provided by the pasted-in rods.

Key words: composite joist, deformability, strength, engineering calculation method, corrective coefficients.

УДК 620.93

О.И. Горинов, В.А. Горбунов, О.Б. Колибаба, О.В. Самышина

Ивановский государственный энергетический университет

Горинов Олег Иванович родился в 1950 г., окончил в 1972 г. Ивановский энергетический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры энергетики теплотехнологий и газоснабжения Ивановского государственного энергетического университета. Имеет 120 печатных работ в области тепловых процессов в теплотехнологических установках.
Тел.: 8(4932) 38-47-88



Горбунов Владимир Александрович родился в 1955 г. окончил в 1982 г. Ивановский энергетический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры энергетики теплотехнологий и газоснабжения Ивановского государственного энергетического университета. Имеет 110 печатных работ, 3 изобретения в области тепловых процессов в теплотехнологических установках.
Тел.: 8(4932) 38-47-88



Колибаба Ольга Борисовна родилась в 1984 г., окончила Ивановский энергетический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры энергетики теплотехнологий и газоснабжения Ивановского государственного энергетического университета. Имеет 50 печатных работ в области тепловых процессов в теплотехнологических установках.
Тел.: 8(4932) 38-47-88



Самышина Ольга Васильевна окончила в 1998 г. Ивановскую химико-технологическую академию, инженер кафедры энергетики теплотехнологий и газоснабжения Ивановского государственного энергетического университета. Имеет около 10 печатных работ в области тепловых процессов в теплотехнологических установках.
E-mail: tevp@tvp.ispu.ru



О ВЛИЯНИИ ВЛАЖНОСТИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ, СОДЕРЖАЩИХ ДРЕВЕСИНУ, НА ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ

Представлены результаты исследования влияния влажности и массовой доли неорганической части твердых бытовых отходов (ТБО) на температурный режим термической переработки, при которых не требуется предварительная подготовка ТБО и привлечение дополнительного источника энергии для их термического разложения. Определен диапазон влажности, при котором возможно термическое уничтожение ТБО.

Ключевые слова: твердые бытовые отходы, термическая переработка, температурный режим, влажность.

Твердые бытовые отходы, являющиеся отходами сферы потребления и образующиеся в результате бытовой деятельности населения, включают в себя пищевые отходы, стекло, металл, пластиковую упаковку, тряпье, древесину и продукты ее переработки (бумага, картон и т.д.).

© Горинов О.И., Горбунов В.А., Колибаба О.Б., Самышина О.В., 2012

Любые ТБО состоят из органической и неорганической субстанций и физической воды. Вода обуславливает такое важное свойство ТБО, как влажность. Органическая субстанция (горючая масса) при соответствующей подготовке или переработке является нетрадиционным возобновляемым источником энергии. Существующие способы переработки органической части ТБО мало изучены, в связи с чем эти исследования представляет особый интерес. При этом следует учитывать, что древесина и продукты ее переработки занимают примерно 36 % в элементарном составе органической части ТБО.

Среднестатистический морфологический состав ТБО приведен в табл. 1 [1].

Таблица 1

| Отходы | Процентное соотношение компонентов | |
|-------------------|------------------------------------|------------------------|
| | ТБО в целом | Органическая часть ТБО |
| Металл | 4,5 | – |
| Бумага | 22 | 34,0 |
| Древесина | 1,5 | 2,0 |
| Текстиль | 5,5 | – |
| Пластмасса | 2,0 | 3,5 |
| Резина, кожа | 1,5 | – |
| Пищевые отходы | 35 | 54,0 |
| Стекло | 7,5 | – |
| Керамика, камни | 1,5 | – |
| Полимерная пленка | 4,0 | 6,5 |
| Кости | 1,0 | – |
| Прочее | 14,0 | – |
| <i>Итого</i> | 100,0 | 100,0 |

Соотношение органической и неорганической составляющих ТБО не постоянно и зависит от целого ряда факторов, к которым относятся время года, климатические условия, степень благоустройства зданий и др. При выборе метода и технологии обезвреживания ТБО необходимо иметь полную информацию о морфологическом составе и теплотехнических свойствах среднестатистических ТБО [4].

Твердые бытовые отходы опасны в санитарно-гигиеническом и пожарном отношении, являются благоприятной средой для развития патогенной микрофлоры, питательной средой для насекомых и грызунов – переносчиков инфекций. В условиях достаточного снабжения кислородом начинается аэробное разложение ТБО, сопровождающееся саморазогревом внутренних слоев до температуры 70...90 °С. При этом верхний слой быстро высыхает и легко воспламеняется. При большой увлажненности (85...95 %) и недостатке кислорода начинается анаэробное разложение ТБО с выделением сероводорода и таких соединений, как индол и скатол. Выделяющаяся при этом влага приводит к загрязнению почвы и грунтовых вод. Таким образом, проблема полного уничтожения ТБО актуальна, прежде всего, с точки зрения их отри-

цательного воздействия на окружающую среду. Кроме того, ТБО – это богатый источник вторичных энергоресурсов и «бесплатный» энергоноситель, из которого можно выделить газообразное топливо.

Известен ряд методов хранения и переработки ТБО: предварительная сортировка, санитарная земляная засыпка, биотермическое компостирование, термическая переработка (сухой пиролиз, огневая переработка).

В основу термической переработки (огневого метода) положен процесс высокотемпературного разложения и окисления токсичных компонентов отходов с образованием нетоксичных или малотоксичных дымовых газов и золы. В зависимости от химического состава отходов дымовые газы могут содержать SO_x , P, N_2 , HCl и инертные газы.

Для достижения требуемой санитарно-гигиенической полноты обезвреживания отходов необходимо, как правило, расчетно-экспериментальное определение оптимальной продолжительности и температуры процесса. При этом большую роль играет влажность составляющих ТБО и массовая доля в них неорганической части.

Целью данного исследования является определение диапазона влажности и массовой доли неорганической части ТБО, при которых не требуются предварительная подготовка (сортировка и сушка) и привлечение дополнительных источников энергии для термической переработки.

В табл. 2 приведен элементный морфологический состав и теплотехнические свойства органической части ТБО [5].

Таблица 2

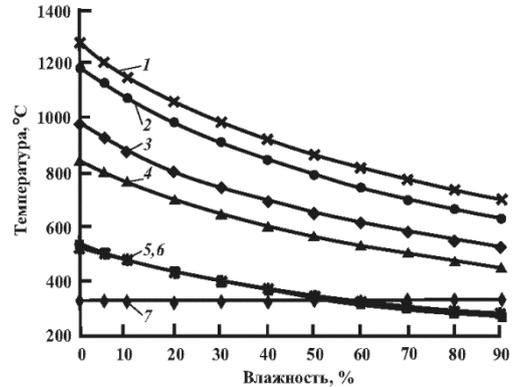
| Отходы | Элементный состав, % | | | | | | Удельная теплота сгорания (на сухую массу), кДж/кг |
|------------------|----------------------|---------|---------|----------|------|------|----------------------------------------------------|
| | Влажность | Углерод | Водород | Кислород | Азот | Зола | |
| Бумага: | | | | | | | |
| газетная | 6,0 | 46,2 | 5,6 | 40,5 | 0,05 | 1,5 | 19 700 |
| журнальная | 4,5 | 31,5 | 4,8 | 36,8 | 0,07 | 22,2 | 12 700 |
| картонная | 5,2 | 41,5 | 5,4 | 42,8 | 0,09 | 4,8 | 17 300 |
| упаковочная | 3,5 | 57,2 | 8,9 | 29,0 | 0,12 | 1,2 | 27 200 |
| Пищевые отходы | 39,0 | 36,5 | 5,8 | 16,0 | 0,68 | 1,9 | 29 900 |
| Пластмасса (ПВХ) | 0,9 | – | – | – | – | 9,1 | 36 000 |

Из данных табл. 2 следует, что влажность различных компонентов ТБО изменяется в пределах 1...40 %. Поэтому преобладание компонентов с большей или меньшей влажностью будет способствовать либо интенсификации, либо замедлению процессов термообработки.

На рис. 1 представлено влияние влажности на калориметрическую температуру горения $T_k = f(W)$ для основных компонентов ТБО, а также для «идеально» перемешанного ТБО среднего состава.

Если действительная температура горения ТБО меньше температуры воспламенения, то полное термическое уничтожение ТБО должно протекать

Рис. 1. Зависимость калориметрической температуры горения от влажности органической части ТБО: 1 – бумага газетная; 2 – журнальная; 3 – картонная; 4 – упаковочная; 5 – пищевые отходы; 6 – пластмасса (ПВХ); 7 – температура воспламенения



с подводом энергии извне. Действительную температуру горения можно найти исходя из калориметрической температуры горения:

$$T_g = \eta T_k,$$

где η – пирометрический коэффициент, полученный на основе экспериментальных данных [7].

Пирометрический коэффициент зависит от температурного режима и конструкции установки, тепловых потерь в окружающую среду, теплотехнических свойств наружных ограждений, организации процесса горения и его интенсивности. Численные значения пирометрического коэффициента рекомендуется выбирать в диапазоне от 0,60 до 0,85 для менее и более теплотехнически совершенной установки соответственно [6].

Калориметрическая температура

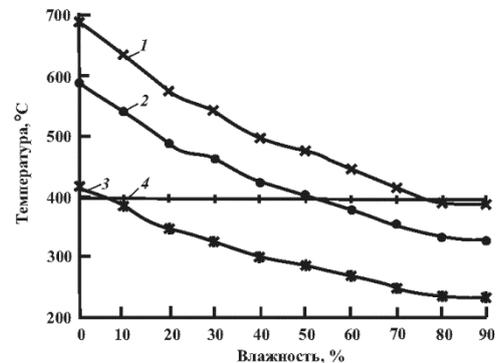
$$T_k = \frac{(Q_n^p + q_{\text{физ}})}{(\sum V c_p)},$$

где Q_n^p – низшая теплота сгорания газа, кДж/м³;

$q_{\text{физ}}$ – теплосодержание газа и воздуха, отсчитываемое от 0 °С, кДж/м³;

$\sum V c_p$ – сумма произведений объемов и теплоемкостей компонентов продуктов полного сгорания 1 м³ газа без избытка воздуха.

Рис. 2. Зависимость калориметрической температуры горения от влажности ТБО среднего морфологического состава: 1 – общая кривая ТБО; 2 и 3 – общая кривая для ТБО с коэффициентом 0,60 и 0,85 соответственно; 4 – температура воспламенения



На рис. 2 представлено влияние влажности на калориметрическую температуру горения ТБО среднего морфологического состава.

Как видно из рис. 2, при средней температуре воспламенения 396 °С (с учетом доли неорганической части) для менее теплотехнически совершенной установки первичная влажность ТБО не должна превышать 5 %, для более теплотехнически совершенной – 50 %.

При удалении из ТБО неорганической части их первичная влажность может быть повышена до 40 % в первом случае и до 90 % во втором (рис . 1).

Выводы

1. Для среднего состава ТБО, при учете органической и неорганической частей, первоначальная влажность отходов должна быть не более 5 % при их сжигании в установках термической переработки без привлечения энергии извне.

2. В установках термической переработки ТБО, использующих предварительную подготовку по выделению из ТБО неорганической части, первоначальная влажность ТБО может быть повышена до 40 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубев Д.В., Пряхин В.Н. Использование ТБО в рамках системы обеспечения безопасности объектов АПК//Материалы междунар. науч.-практ. конф.. М., 2006.
2. Демидов П.Г., Шандыба В.А., Щеглов П.П. Горение и свойства горючих веществ.
3. Казанцев Е.И. Промышленные печи. М.: Металлургия, 1975. 367 с.
4. Краткий справочник физико-химических величин/под ред. К.П. Мищенко, А.А. Равделя. Л.: Химия, 1974. 200 с.
5. Рекомендации по проектированию пунктов уничтожения твердых бытовых отходов в аэропортах. М.: 1984.
6. Стаскевич Н.Л., Северинец Г.Н., Вигдорчик Д.Я. Справочник по газоснабжению и использованию газа. Л.:Недра, 1990. 762 с.
7. [www. bestreferat.ru/referat-91159/html](http://www.bestreferat.ru/referat-91159/html)

Поступила 15.11.10

O.I. Gorinov, V.A. Gorbunov, O.B. Kolibaba, O.V. Samyshina
Ivanovo State Energy University

Effect of the Moisture Content of Solid Household Wastes Containing Wood Fiber on the Temperature Regime of Thermal Processing

The article presents the investigatory results of effect caused by the moisture content and mass fraction of inorganic component of solid household wastes on the thermal processing regime. Range of moisture content allowing thermal processing of the wastes without additional energy supply is specified.

Key words: solid household wastes, thermal processing, temperature regime, moisture content.



ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 547.565.2

С.А. Покрышкин¹, К.Г. Боголицын^{1,2}, А.С. Аксенов²

¹Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

²Институт экологических проблем Севера УрО РАН

Покрышкин Сергей Александрович родился в 1987 г., окончил в 2009 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры теоретической и прикладной химии Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет 2 публикации в области ферментативной кинетики и катализа.
E-mail: serge.physchem@yandex.ru



Боголицын Константин Григорьевич родился в 1949 г., окончил в 1971 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор химических наук, профессор, директор ИЭПС УрО РАН, проректор по научной работе и заведующий кафедрой теоретической и прикладной химии Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, заслуженный деятель науки РФ. Имеет более 480 научных работ в области развития фундаментальных принципов «зеленой» химии и разработки физико-химических основ процесса переработки древесины.
E-mail: bogolitsyn@iepn.ru



Аксенов Андрей Сергеевич родился в 1982 г., окончил в 2004 г. Архангельский государственный технический университет, кандидат технических наук, зав. лабораторией химии растительных биополимеров ИЭПС УрО РАН. Имеет более 40 научных трудов в области химии биополимеров.
E-mail: biopolimer@iepn.ru



КИНЕТИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФЕРМЕНТАТИВНОГО ОКИСЛЕНИЯ ГВАЯКОЛА В ВОДНОЙ И ВОДНО-ОРГАНИЧЕСКОЙ СРЕДАХ

Определены кинетические параметры реакции пероксидазного окисления гваякола пероксидом водорода в водной и водно-органической средах. Изучено влияние состава буферного раствора на активность фермента пероксидазы хрена в среде вода–диметилсульфоксид на примере реакции окисления гваякола. Показано стабилизирующее действие фталатного буферного раствора на активность пероксидазы в среде вода–ДМСО.

Ключевые слова: ферментативная кинетика, пероксидаза хрена, диметилсульфоксид, гваякол.

© Покрышкин С.А., Боголицын К.Г., Аксенов А.С., 2012

Окисление гваякола пероксидазами в присутствии пероксида водорода представляет собой основу для широко распространенного колориметрического метода анализа с использованием ферментов. Однако природа образующихся в ходе реакции окрашенных в коричневый цвет продуктов не до конца изучена. Кроме того, актуально изучение кинетических закономерностей окисления гваякола не только в водной, но и в водно-органической среде, в которой способны растворяться высокомолекулярные фенольные соединения, например лигнины. Лучший бинарный растворитель для этих целей – смесь вода–диметилсульфоксид (ДМСО).

Пероксидаза из корней хрена (HRP), КФ 1.1.11.7 – гем-содержащий фермент, относящийся к классу пероксидаз растений, наиболее часто используется в биохимическом и медицинском анализах [2]. Гваякол является одним из природных субстратов для данного фермента, а также низкомолекулярным аналогом лигнина [4].

Цель данной работы – изучение влияния органического соразтворителя на кинетику процесса ферментативного окисления гваякола в водной среде.

В работе использовали изоферментные препараты С2 и С3 пероксидазы хрена «ВВІ Enzymes» со спектральным показателем чистоты $R_z = 2,30$. Активность фермента определяли по скорости реакции окисления субстрата – гваякола пероксидом водорода [7].

Концентрацию пероксида водорода контролировали спектрофотометрическим методом с использованием УФ спектрофотометра Specord200 «Analytik Jena» по полосе поглощения 230 нм (молярный коэффициент поглощения $72,7 \text{ M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$). В качестве субстрата применяли гваякол производства «Sigma-Aldrich» Реактивы соответствовали квалификации «ос.ч.».

Реакцию пероксидазного окисления гваякола ($(0,05 \dots 1,70) \cdot 10^{-3} \text{ M}$) пероксидом водорода ($(10 \dots 170) \cdot 10^{-6} \text{ M}$) проводили при температуре $25 \text{ }^\circ\text{C}$ в среде фосфатного, фталатного или ацетатного буферного раствора при концентрации ДМСО от 0 до 10 % мольн. Процесс инициировали введением пероксидазы хрена ($0,05 \dots 1,00 \text{ ед./мл}$) при объеме реакционной смеси 3 мл. Спектры и кинетические кривые окисления гваякола записывали на двухлучевом спектрофотометре Specord200. Ход реакции контролировали по поглощению в области характеристической полосы продукта ферментативного окисления гваякола. По результатам измерений рассчитывали начальную скорость реакции и кинетические параметры – константу Михаэлиса (K_m) и максимальную скорость (V_m), характеризующие скорость образования и распада фермент-субстратного комплекса. Кинетические параметры ферментативной реакции определяли из зависимостей начальных скоростей от концентрации субстрата в двойных обратных координатах и в координатах Лайнуивера–Берка [3]. Молекулярно-массовые распределения были получены методом ВЭЖХ с использованием жидкостного хроматографа Стайер со спектрофотометрическим детектором производства «Аквилон».

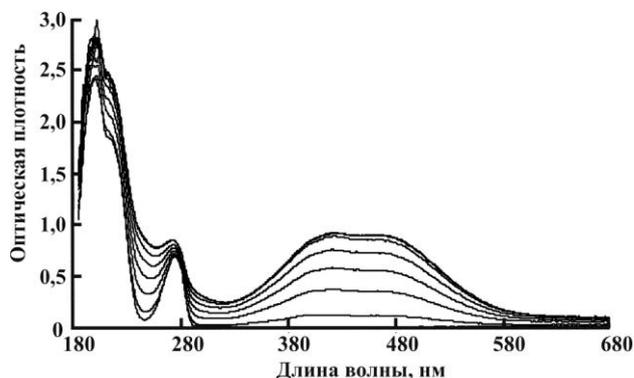


Рис. 1. Спектры поглощения продуктов пероксидазного окисления гваякола в водной среде (время реакции 4 мин с интервалом 40 с; pH 6,0; концентрация $C_{\text{гва}} = 1 \cdot 10^{-3}$ М; $C_{\text{H}_2\text{O}_2} = 0,1 \cdot 10^{-6}$ М; $C_{\text{HRP}} = 1$ ед./мл)

Гваякол (2-метоксифенол) был использован как модельное соединение лигнина и классический субстрат пероксидазы хрена, применяемый для измерения ее активности [7]. Раствор гваякола в присутствии пероксида водорода стабилен. При добавлении в реакционную смесь пероксидазы хрена наблюдается увеличение оптической плотности в области 400...500 нм (рис. 1). В процессе ферментативного окисления в дифференциальных спектрах появляется максимум при 422 нм, отсутствующий в исходных. Он был использован в дальнейшем при кинетических исследованиях.

Продукт пероксидазного окисления гваякола, имеющий полосу поглощения 422 нм, может быть определен как 3,3'-диметокси-4,4'-бифенилхинон (рис. 2) [8]:

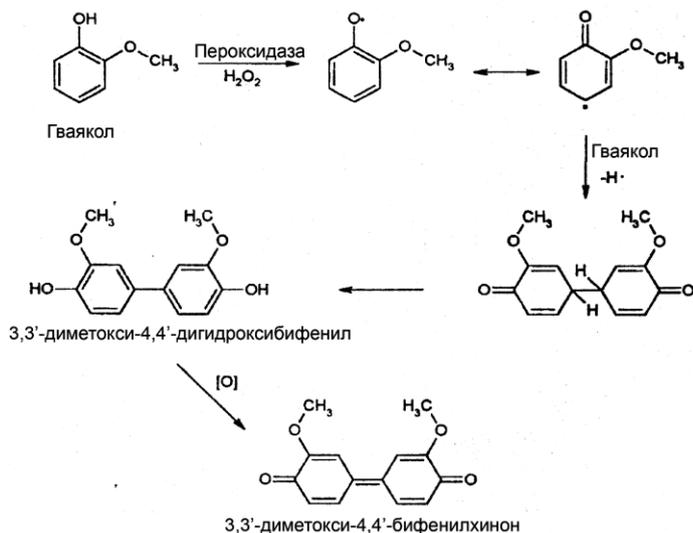
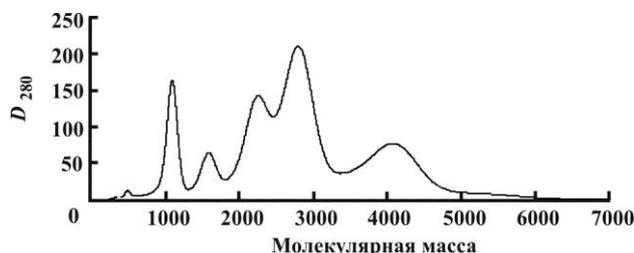


Рис. 2. Молекулярно-массовое распределение продуктов ферментативного окисления гваякола в водной среде (время реакции 30 с; pH 6,0; $C_{\text{гва}} = 1 \cdot 10^{-3}$ М; $C_{\text{H}_2\text{O}_2} = 100 \cdot 10^{-6}$ М; $C_{\text{HRP}} = 1$ ед./мл)



Поскольку ферментативное окисление гваякола – сложный процесс, идущий по смешанному ионно-радикальному механизму, в продуктах реакции присутствует не только данный димер, но и смесь олигомеров, что подтверждается полученным по методу ВЭЖХ молекулярно-массовым распределением образующихся в ходе реакции продуктов (рис. 2). Это объясняет отсутствие в ультрафиолетовых спектрах продуктов пероксидазного окисления гваякола изобестической точки и увеличение оптической плотности в широком диапазоне длин волн.

Как известно, пероксидаза хрена имеет ряд изоферментов, отличающихся между собой строением и каталитическими свойствами [9]. Поэтому было проведено сравнение ферментативной активности по отношению к гваяколу двух изоферментных препаратов (С2 и С3) пероксидазы хрена. Изучено влияние pH, концентраций субстратов и фермента на скорость реакции. pH, при котором достигалась наибольшая скорость реакции (рис. 3, а), определяли с использованием буферного раствора при концентрации фермента $C_{\text{HRP}} = 0,2$ ед./мл, гваякола $C_{\text{гва}} = 1 \cdot 10^{-3}$ М, пероксида водорода $C_{\text{H}_2\text{O}_2} = 100 \cdot 10^{-6}$ М. Полученные зависимости имеют колоколообразную форму с полигим максимумом в диапазонах 5,5...6,5 для изофермента С3 и 6,0...6,5 для изофермента С2. Исследование влияния концентрации фермента (рис. 3, б) осуществляли при концентрации пероксида водорода $100 \cdot 10^{-6}$ М и концентрации гваякола $1 \cdot 10^{-3}$ М в фосфатном буферном растворе (pH 6,0). Поскольку скорость реакции с ростом концентрации фермента линейно возрастала, в дальнейшем использовали концентрацию, соответствующую линейному ходу реакции в течение 3...5 мин (0,2 ед./мл). Влияние концентрации пероксида водорода (рис. 3, в) изучали при концентрации гваякола $1 \cdot 10^{-3}$ М и концентрации фермента 0,2 ед./мл

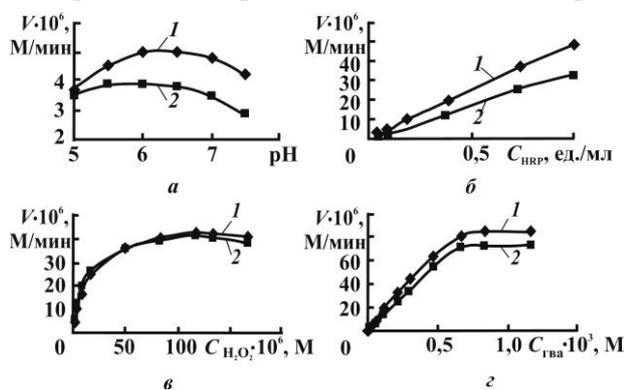


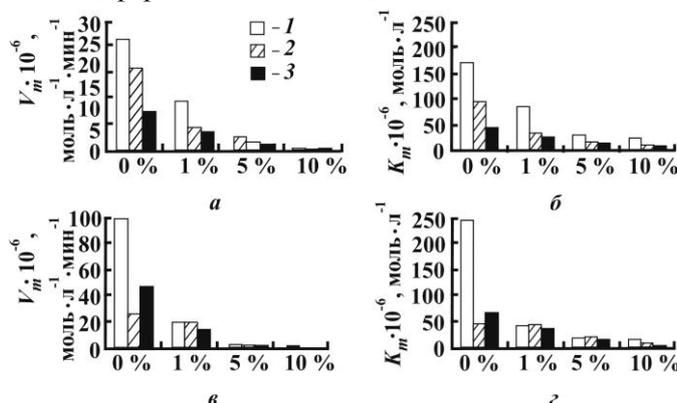
Рис. 3. Зависимость начальной скорости реакции от pH раствора (а); концентраций фермента (б), пероксида водорода (в) и гваякола (г): 1 – препарат С2, 2 – С3

в фосфатном буферном растворе (рН 6,0). Зависимости начальной скорости реакции от концентрации пероксида водорода для двух изоферментов имеют вид прямой с выходом на плато при концентрации пероксида водорода $(120...130) \cdot 10^{-6}$ М. Использование пероксида водорода концентрацией более $150 \cdot 10^{-6}$ М приводит к снижению скорости реакции, что вызвано ингибированием фермента избытком субстрата-окислителя [3]. Влияние концентрации гваякола (рис. 3, з) изучали при концентрации пероксида водорода $100 \cdot 10^{-6}$ М и концентрации фермента 0,2 ед./мл в среде фосфатного буферного раствора (рН 6,0). Для гваякола также отмечена линейная зависимость начальной скорости реакции от концентрации субстрата, которая выходила на плато при концентрации гваякола $0,8 \cdot 10^{-3}$ М. Дальнейшего увеличения концентрации ингибирования избытком субстрата не наблюдалось.

Для исследования активности фермента в водно-органической среде был выбран изофермент С2, обладающий большей каталитической активностью. Для данного изофермента определены оптимальное значение рН, равное 6,0, и концентрации субстратов, соответствующие максимальной скорости реакции: $100 \cdot 10^{-6}$ М – для пероксида водорода, $1 \cdot 10^{-3}$ М – для гваякола (рис. 4).

Полученные данные свидетельствуют о высокой активности фермента по отношению к низкомолекулярным фенолам в водной среде. Для окисления высокомолекулярных фенольных соединений перспективно использовать водно-органическую среду, в которой они имеют большую растворимость. Для проведения реакции в среде смешанного водно-органического растворителя, как показано в [1, 5, 6], одним из основных способов адаптации фермента и сохранения активности является иммобилизация или включение его в полиэлектролитный комплекс, в частности, с хитозаном. Поскольку на процесс образования полиэлектролитного комплекса с пероксидазой влияет состав буферного раствора [1], нами было исследовано его действие на реакционную способность нативной пероксидазы в водно-органической среде. В качестве буферных растворов использовали фосфатный, фталатный и ацетатный, имеющие следующие характеристики: рН 6,0, ионная сила 0,1 моль/л, концентрация ДМСО – от 0 до 10 % мольн., фермента – $C_{HRP} = 0,8$ ед./мл.

Рис. 4. Зависимость кинетических констант V_m (а, в) и K_m (б, з) ферментативной реакции от концентрации ДМСО и вида буферного раствора: а, б – гваякол, в, з – пероксид водорода; 1 – фталатный буферный раствор, 2 – фосфатный, 3 – ацетатный



Как видно из полученных результатов (рис. 4), состав буферного раствора оказывает сильное влияние на кинетические параметры реакции. Так, при использовании фталатного буферного раствора в водной среде полученные кинетические константы (K_m и V_m) на 20...60 % больше, чем при использовании фосфатного или ацетатного. Введение 1 % ДМСО приводит к снижению констант реакции в среднем на 40...80 %, при этом уменьшается разница между константами, вызванная влиянием буферных растворов, что можно объяснить сильным воздействием органической фазы на фермент. В тоже время, добавка ДМСО оказывает сравнительно меньшее воздействие на активность пероксидазы во фталатном буферном растворе, что говорит о некотором стабилизирующем действии фталат-иона. При сравнении полученных кинетических параметров реакции установлено, что наиболее сильно в присутствии ДМСО фталат-ион стабилизирует взаимодействие фермента с гваяколом, но не оказывает заметного влияния на комплекс пероксидаза–пероксид водорода.

Таким образом, проведенные исследования кинетических свойств фермента в водно-органической среде показали снижение скорости реакции ферментативного окисления гваякола в присутствии нативной пероксидазы хрена при увеличении содержания ДМСО в растворе. Подтверждено предположение о влиянии состава буферного раствора на реакционную способность фермента и его стабильность в органической фазе. Установлено, что наибольшее стабилизирующее воздействие на фермент оказывает фталатный буферный раствор. Для дальнейшего увеличения стабильности биокатализатора необходимо переводить его в иммобилизованное состояние. Перспективным методом является включение пероксидазы в полиэлектролитный комплекс с хитозаном.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Веселова И.А., Кирейко А.В., Шеховцова Т.Н.* Повышение каталитической активности и стабильности пероксидазы хрена за счет включения ее в полиэлектролитный комплекс с хитозаном // Прикладная биохимия и микробиология. 2009. Т.45, № 2. С. 143–148.
2. *Газарян И.Г., Хушпультян Д.М., Тишков В.И.* Особенности структуры и механизма действия пероксидаз растений // Успехи биологической химии. 2006. Т. 46. С. 303–322.
3. *Диксон М., Уэбб Э.* Ферменты / пер. с англ. В 3 т. Т. 1. М.: Мир, 1982. 389 с.
4. *Физическая химия лигнина / К.Г. Боголицын [и др.]. М.: Академкнига, 2010. 492 с.*
5. *Яблоцкий К.В.* Новые аспекты применения нативной и иммобилизованной пероксидазы хрена для определения ее ингибиторов и субстратов: автореф. дис. ... канд. хим. наук. М., 2010. 28 с.
6. *Azevedo Anna M., Durate M.F.* Stability of free and immobilized peroxidase in aqueous-organic solvent mixtures // J. of Molecular Catalysis B: Enzymatic. 2001. N 15. P. 147–153.
7. *Bergmeyer H.U.* Methods of enzymatic analysis 2nd Edition. New York: Academic Press, 1974. 495 p.

8. Doerge D.R., Divi R.L., Churchwell M.I. Identification of the colored guaiacol oxidation product produced by peroxidases // Analytical biochemistry. 1997. N 250. P. 10–17.

9. Torres E., Ayala M. Biocatalysis based on heme peroxidases. Berlin-Heidelberg: Springer, 2010. 358 p.

Поступила 20.10.11

S.A. Pokryshkin¹, K.G. Bogolytsyn^{1,2}, A.S. Axenov²

¹Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

²Institute of Ecological Problems of the North, Ural Division of RAS

Kinetic Regularities Parameters of Guaiacol Enzymic Oxidation in the Aquatic and Water-Organic Mediums

Kinetic parameters of peroxidase oxidation reaction of guaiacol by the hydrogen peroxide in the aquatic and water-organic mediums have been characterized. Effect of buffer solution composition on the enzymatic activity of horseradish peroxidase in the water-dimethyl sulfoxide medium has been studied. Stabilizing effect of phthalate buffer solution on the peroxidase activity is shown.

Key words: fermentative kinetics, horseradish peroxidase, dimethyl sulfoxide, guaiacol.

УДК 676.16.022.168:630*866

Е.В. Новожилов¹, Г.П. Суханова²

¹Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

²Северный государственный медицинский университет

Новожилов Евгений Всеволодович родился в 1950 г., окончил в 1972 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой биотехнологии Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет более 190 научных трудов в области технологии комплексной переработки сульфитных и сульфатных щелоков, ферментных технологий в химической переработке древесины, технологий очистки сточных вод.

E-mail: biotech@agtu.ru



Суханова Галина Прокопьевна окончила в 1965 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры общей и биоорганической химии Северного государственного медицинского университета. Имеет более 30 печатных работ в области химической переработки древесины, общей, органической и коллоидной химии.

Тел.: 8(8182) 28-60-29



ВЛИЯНИЕ ЭКСТРАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НЕЙТРАЛЬНО-СУЛЬФИТНОГО ЩЕЛОКА НА СВОЙСТВА ХВОЙНОЙ НЕБЕЛЕННОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Экстрактивные вещества, переосажденные из нейтрально-сульфитного щелока на целлюлозные волокна, ухудшают фильтрацию массы. Предложено проводить предварительное удаление смолистых веществ из щелока отстаиванием с добавлением химикатов. Обработка фракцией нейтрально-сульфитного щелока, освобожденной от смолистых веществ, обеспечивает увеличение выхода и повышение механической прочности целлюлозы при высокой скорости обезвоживания.

Ключевые слова: экстрактивные вещества, нейтрально-сульфитный щелок, сорбция, фильтрация, свойства целлюлозы.

Использование гемицеллюлоз для модификации целлюлозных волокон давно привлекает внимание исследователей. Установлено [11], что адсорбция гемицеллюлоз не только увеличивает выход целлюлозы, но и улучшает ее бумагообразующие свойства. В качестве сырья для извлечения гемицеллюлоз методом щелочной экстракции предлагаются различные отходы сельского хозяйства [12]. Ранее нами было показано, что источником гемицеллюлоз для использования в целлюлозно-бумажном производстве может служить нейтрально-сульфитный щелок (НСЩ) [5, 9], который содержит частично разрушенные гемицеллюлозы с высокой степенью полимеризации. Обработка сульфатной и сульфитной целлюлозы НСЩ приводит к увеличению их выхода, ускорению размола и улучшению показателей прочности. Эти положи-

тельные изменения связаны с адсорбцией гемицеллюлоз непосредственно из НСЩ на целлюлозные волокна. Число каппа целлюлозы после обработки НСЩ возрастает, что свидетельствует о переосаждении лигнина на целлюлозу, в том числе в составе лигноуглеводных комплексов с ксиланом [6].

Проверка этого способа в промышленных условиях показала, что сорбция гемицеллюлоз успешно проходила в щелочной среде в присутствии черного щелока. Взаимодействие компонентов НСЩ с целлюлозными волокнами начиналось в месте его ввода – в зоне выдувки варочного котла «Камюр», и продолжалось далее по технологическому потоку, вплоть до момента отделения смеси щелоков от целлюлозы. Было подтверждено, что сорбированные гемицеллюлозы прочно связаны с волокном и сохраняются в бумаге после размола и отлива.

В ходе производственных испытаний выяснилось, что при промывке целлюлозы от смеси черного щелока и НСЩ наблюдалось замедление процесса фильтрации массы. Снижение обезвоживающей способности сульфатной целлюлозы, вероятно, можно объяснить наличием на поверхности волокон сорбированных гемицеллюлоз, которые усиливают гидрофильность целлюлозных волокон. Однако в ходе испытаний были периоды, когда отмечалось отложение смолы на сетке фильтра, особенно, если хвойная сульфатная целлюлоза имела высокое число каппа. Было высказано предположение, что причиной ухудшения промывки небеленой целлюлозы могли быть экстрактивные вещества, переосажденные на сульфат-целлюлозные волокна из НСЩ.

Нейтрально-сульфитную полуцеллюлозу получают преимущественно из лиственных пород древесины, смола которой представлена в основном жирами насыщенных и ненасыщенных жирных кислот. Состав экстрактивных веществ НСЩ изучен недостаточно, отдельные сведения приведены в работах [1, 8, 11]. Определено [8], что содержание смол и жиров в щелоке после нейтрально-сульфитной варки осины достигало 4,0 % от суммы органических веществ. Показано также [1], что при промышленной варке смеси лиственных пород (березы и осины) экстрактивные вещества составляли в сумме 4,0...5,3 % от сухих веществ НСЩ, в основном присутствовали нейтральные вещества, как омыляемые, так и неомыляемые, а свободные жирные кислоты были представлены в небольшом количестве (4,0...22,0 %). Таким образом, короткая продолжительность варки полуцеллюлозы и среда, близкая к нейтральной, не обеспечивают значительного омыления эфиров жирных кислот, поэтому в НСЩ они находятся в основном в виде триглицеридов.

Наиболее проблематичными процессами в плане образования смоляных затруднений являются сульфитный способ производства целлюлозы [4], а также сульфатный способ при использовании лиственной древесины [3]. В процессе варки часть компонентов древесной смолы растворяется и удаляется с отработанным щелоком. Смолистые вещества древесины после перехода в раствор могут переосаждаться на поверхность целлюлозных волокон, способность которых удерживать смолистые вещества хорошо известна.

Такой процесс может иметь место при промывке массы, изменении рН среды или температуры. Это наиболее характерно для переработки сульфитной и бисульфитной целлюлозы, но встречается и в производстве сульфатной [2].

Из всех волокнистых полуфабрикатов хвойная сульфатная небеленая целлюлоза имеет самое низкое содержание смолы. Это связано с особенностями локализации и составом экстрактивных веществ хвойных пород древесины [7]. В процессе щелочной варки происходит разрушение смоляных ходов, омыление жирных и смоляных кислот с образованием их натриевых солей, которые далее удаляются вместе с черным щелоком. В результате остаточное содержание смолы в небеленой сульфатной хвойной целлюлозе обычно не превышает 0,2...0,3 %. Такой низкий уровень остаточной смолы в волокне, как правило, не вызывает смоляных затруднений.

Изменение свойств сульфатной целлюлозы, в частности ухудшение способности к фильтрованию, происходило только после обработки НСЦ. Это вполне могло быть связано с переосаждением на поверхности целлюлозы компонентов смолы. Влияние экстрактивных веществ НСЦ на свойства целлюлозных волокон не изучено, это и явилось целью нашего исследования.

В работе использовали влажную небеленую хвойную сульфатную целлюлозу Архангельского и Соломбальского ЦБК, влажную хвойную сульфитную целлюлозу промышленной выработки, НСЦ, а также упаренный черный щелок Архангельского ЦБК, который по действующей технологии еще до упаривания был освобожден от большей части смолистых веществ.

Пробы целлюлозы обрабатывали НСЦ, исходным или освобожденным от экстрактивных веществ различными методами, которые ранее были представлены в работе [1]. В качестве добавок, ускоряющих отстаивание смолистых веществ, использовали сульфат натрия, гидроксид натрия и упаренный черный щелок. По методу 1 в НСЦ вводили сульфат натрия в количестве от 4 до 10 массовых частей на 100 массовых частей щелока. По методу 2 к НСЦ добавляли упаренный черный сульфатный щелок при дозировке от 10 до 18 массовых частей на 100 массовых частей НСЦ. После введения добавок НСЦ подвергали отстаиванию и удаляли верхний слой, обогащенный экстрактивными веществами, нижнюю фракцию использовали для обработки целлюлозы. Для интенсификации процесса отстаивания пробы НСЦ, приготовленные по методам 1 и 2, доводили раствором NaOH до рН 9...12.

Условия обработки образцов целлюлоз НСЦ: температура 80 °С, продолжительность – 1,5 часа, расход НСЦ – 40 % по его сухому веществу. Некоторые пробы целлюлоз после обработки делили на две части. Одну часть, не промывая от щелоков, использовали для определения скорости фильтрации, другую часть промывали на воронке Бюхнера водой, определяли ее выход, число каппа, массовую долю пентозанов, смолы (растворитель – ацетон), а после размола до 60 °ШР и изготовления отливок – показатели их физико-механических свойств по стандартным методикам. В контрольных опытах пробы целлюлозы обрабатывали аналогично, но без добавления НСЦ. В табл. 1, 2 представлены средние значения двух параллельных опытов.

Скорость фильтрации воды через слой волокон целлюлозы измеряли на фильтрационном приборе специальной конструкции, который разработан в АГТУ (ныне САФУ). Основной частью прибора является стеклянный цилиндр, в верхней части которого имеется два штуцера: один – для подвода воды, второй – для перелива. В нижней части цилиндра расположена сетка, зафиксированная крышкой со штуцером. Один конец штуцера соединен с манометром, другой – с переливным шлангом для стока воды, прошедшей через слой волокна. Конец переливного шланга можно установить на различном уровне для создания определенного напора.

Для суспензии целлюлозы характерна стабилизация скорости фильтрации жидкости после установления постоянного напора. Пробы целлюлозы обрабатывали исходным НСЦ, а также нижней фракцией НСЦ после введения добавок, отстаивания и удаления верхнего слоя. Не отделяя щелок, навеску целлюлозы (10 г в пересчете на абс. сухое вещество) разбавляли водой и разбивали в дезинтеграторе. Суспензию массы помещали в цилиндр фильтрационного прибора, открывали штуцер для подачи воды и создавали напор 60 мм. При установившемся напоре измеряли количество воды, прошедшей через слой волокна за определенное время.

Расход воды (Q , м³/с) определяли по формуле

$$Q = A/t,$$

где A – количество воды, прошедшей через слой волокна за время t , м³;
 t – время фильтрации, с.

Скорость фильтрации при данном напоре

$$V_{\phi} = Q/S.$$

Здесь S – площадь поперечного сечения сетки в зоне фильтрации, $S = 37,4 \cdot 10^{-4}$ м².

Для удаления 30...90 % смолистых веществ НСЦ после завершения процесса отстаивания достаточно было отобрать верхний слой в количестве 5...15 % от общего объема щелока. Основная масса гемицеллюлоз оставалась в нижней фракции НСЦ (85...95 % по объему). Эту часть НСЦ нами предлагалось использовать для обработки сульфатной или сульфитной целлюлозы.

Одной из задач исследования являлось определение скорости фильтрации воды через слой целлюлозных волокон, находящихся на сетке. Этот показатель используется для теоретического обоснования процесса обезвоживания суспензии целлюлозной массы. Одновременно он имеет большое практическое значение, поскольку ускорение процесса фильтрации жидкости приводит к повышению производительности оборудования для промывки целлюлозы.

Экспериментально было подтверждено, что после обработки исходным НСЦ скорость фильтрации суспензии сульфатной небеленой целлюлозы снижается почти в 1,5 раза (табл. 1). Это связано с переосаждением веществ НСЦ на целлюлозные волокна, которые обладают развитой капиллярно-пористой структурой и способны адсорбировать весь спектр растворенных нецеллюлозных компонентов древесины.

Таблица 1

**Скорость фильтрации воды через слой волокон хвойной сульфатной
и сульфитной небеленой целлюлозы после обработки НСЦ**

| Целлюлоза | Щелок для обработки целлюлозы | Скорость фильтрации воды через слой волокна $V \cdot 10^{-4}$, м/с | Изменение скорости фильтрации*, % |
|------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Сульфатная | Контроль (без НСЦ) | 13 | – |
| | НСЦ: | | |
| | исходный | 9 | – 44 |
| | после обработки по методу 1 | 16 | + 78 |
| Сульфитная | после обработки по методу 2 | 17 | + 83 |
| | НСЦ: | | |
| | исходный | 18 | – |
| | после обработки по методу 1 | 24 | + 33 |

* Увеличение – со знаком «+», снижение – со знаком «–».

Предполагалось [2], что такие растворенные компоненты черного щелока, как лигнин, экстрактивные вещества, продукты деструкции углеводной части, могут входить в состав «вредной смолы». Осаждение органических веществ на волокно усиливается при подкислении черного щелока, особенно при $pH < 6$. Так как в работе использовали упаренный черный щелок, в котором содержание смолистых веществ невелико, а обработку целлюлозы проводили в щелочной среде, ожидать заметного осаждения на волокна веществ черного щелока не приходилось.

Гидрофобность волокон увеличивается в присутствии на поверхности компонентов смолы. Это могут быть жиры и жирные кислоты, смоляные кислоты, нейтральные вещества. Для НСЦ характерно наличие омыляемых веществ (жиров), причем их доля составляет около половины от общего количества экстрактивных веществ щелока [1]. Есть все основания полагать, что на волокна небеленой хвойной целлюлозы переосадились главным образом жиры, отличающиеся высокой липкостью. Хорошо известно, что из-за наличия жиров липкость смолы свежего древесного сырья много выше, чем липкость смолы выдержанного сырья, в котором значительная часть первоначально присутствующих жиров разрушена с образованием свободных жирных кислот.

Предварительное удаление основной части смолистых веществ НСЦ значительно интенсифицировало процесс промывки небеленой хвойной целлюлозы. Скорость фильтрации жидкости через слой волокна возросла в 1,3–1,9 раза как для сульфатной, так и для сульфитной целлюлозы. Следует отметить, что отделение смолистых веществ из НСЦ отстаиванием без добавления химикатов было малоэффективно, в этом случае верхний слой формировался очень медленно. В результате основная часть смолистых веществ оставалась в нижней фракции НСЦ. После обработки целлюлозы этой фрак-

цией скорость фильтрации жидкости была на том же уровне, как у целлюлозы, обработанной исходным НСЦ.

Для оценки влияния экстрактивных веществ НСЦ на показатели прочностных свойств сульфатной хвойной целлюлозы в экспериментах использовали исходный НСЦ, а также нижнюю фракцию этого щелока (90 % по объему) после отстаивания с химикатами и удаления верхнего слоя. Обработку целлюлозы пробами НСЦ проводили до отделения черного щелока. Как видно из табл. 2, выход сульфатной целлюлозы после взаимодействия с пробами НСЦ увеличился на 4,2...4,5 %. Состав обработанной целлюлозы изменился, прирост выхода в основном связан с увеличением на 2,8...3,3 % содержания пентозанов. Одновременно возросло число каппа, а следовательно, и содержание лигнина. Следует отметить, что не наблюдалось существенного различия в содержании пентозанов и лигнина в образцах целлюлоз после обработки исходным НСЦ или НСЦ, освобожденным от смолистых веществ.

После взаимодействия с исходным НСЦ содержание смолы в целлюлозе увеличилось. Прирост был небольшим в процентном отношении, однако в 5,5 раза превышал количество смолы, выделенной ацетоном из исходной сульфатной целлюлозы. Предварительное извлечение экстрактивных веществ из НСЦ позволило существенно уменьшить их удержание волокнами, что в 3,7–4,9 раза снизило их содержание в обработанной целлюлозе (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика образцов сульфатной целлюлозы после обработки НСЦ

| Щелок для обработки целлюлозы | Выход, % | Число каппа | Пентозаны, % | Смола, % | Разрывная длина, м | Сопротивление продавливанию, кПа |
|-------------------------------|----------|-------------|--------------|----------|--------------------|----------------------------------|
| Контроль (без НСЦ) | 100,0 | 27,0 | 8,6 | 0,08 | 10 000 | 625 |
| НСЦ: | | | | | | |
| исходный | 104,2 | 29,4 | 11,9 | 0,44 | 11 000 | 653 |
| после обработки по методу 1 | 104,5 | 30,7 | 11,4 | 0,12 | 10 900 | 723 |
| после обработки по методу 2 | 104,0 | 33,0 | 11,4 | 0,09 | 11 300 | 685 |

Показатели прочности всех образцов сульфатной целлюлозы, содержащих сорбированные пентозаны, были выше, чем у исходной целлюлозы: разрывная длина – на 9,0...13,0 %, сопротивление продавливанию – на 4,5...16,0 %.

Адсорбция липофильных экстрактивных веществ на целлюлозных волокнах, кроме повышения их гидрофобности, влияет на ряд других важных характеристик. Было установлено [13], что при осаждении смолы уменьшаются прочностные показатели отливок сульфатной целлюлозы. Компоненты

смолы могут снижать прочность бумаги за счет блокирования водородных связей при формировании бумаги, влияют на скорость бумагоделательной машины и увеличивают потребление энергии при производстве бумаги. В нашей работе при уменьшении переосаждения смолистых веществ НСЩ на волокна разрывная длина отливок находилась на одном уровне, а сопротивление продавливанию было выше на 5...11 %, чем у сульфатной целлюлозы, обработанной исходным НСЩ. Вероятно, это связано с улучшением связеобразования в листе бумаги.

Таким образом, экстрактивные вещества НСЩ при переосаждении на волокна оказывают отрицательное влияние на свойства небеленой целлюлозы, ухудшая обезвоживание массы. Обработка небеленой хвойной целлюлозы фракцией НСЩ, освобожденной от смолистых веществ, обеспечивает увеличение выхода полуфабриката за счет адсорбции гемицеллюлоз и высокую механическую прочность отливок целлюлозы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гинтер О.В., Соколов О.М., Богомолов Б.Д. Выделение солей экстрактивных веществ нейтрально-сульфитного щелока // Гидролиз. и лесохим. пром-сть. 1992. № 3. С. 2–23.
2. К вопросу о «вредной» смоле [Текст] / Н.П. Лысогорская [и др.] // Бум. пром-сть. 2001. № 3–4. С. 14–15.
3. Комарова Г.В., Миловидова Л.А. Смоляные затруднения в производстве сульфатной лиственной целлюлозы // Целлюлоза. Бумага. Картон. 2002. № 3-4. С. 16 – 18.
4. Непенин Н.Н. Технология целлюлозы. В 3-х т. Т. 1. Производство сульфитной целлюлозы. 2-е изд., перераб. М., 1976. 624 с.
5. Новожилов Е.В., Богомолов Б.Д., Прокишин Г.Ф. Влияние условий обработки моносульфитным щелоком на выход и свойства сульфатной целлюлозы // Химическая переработка древесного сырья: межвуз. сб. науч. тр. Л., 1984. С. 49–54.
6. Новожилов Е.В., Тушина И.Г., Богомолов Б.Д. Изучение состава моносульфитного щелока методами гель-фильтрации и электрофореза // Лесн. журн. 1986. № 4. С. 85–88. (Изв. высш. учеб. заведений).
7. Смолистые вещества древесины и целлюлозы [Текст] / М.А. Иванов [и др.] М., 1968. 349 с.
8. Состав экстрактивных веществ и свойства нейтрально-сульфитного щелока, обогащенного их солями / О.В. Гинтер, О.М. Соколов, Г.Г. Кочергина, М.А. Гусакова // Гидролиз. и лесохим. пром-сть. 1992. № 1. С. 15–18.
9. Суханова Г.П., Новожилов Е.В., Богомолов Б.Д. Получение высокопрочной целлюлозы из древесины лиственницы // Бум. пром-сть. 1989. № 10. С. 9.
10. Шарков В.И., Куйбина Н.И. Химия гемицеллюлоз. М., 1972. 440 с.
11. Commercial production of acetic and formic acids from NSSC black liquor [Text] / W. Biggs [et al.] // Tappi J. 1961. Vol. 44, N.6. P.385–392.
12. The effect of barley husk arabinoxylan adsorption on the properties of cellulose fibres / T. Köhnke, C.Pujolras, J. Roubroeks, P. Gatenholm // Cellulose. 2008. Vol. 15. P. 537–546.

13. Weakening of paper strength by wood resin [Text] / A. Sundberg, B. Holmbom, S. Willfor, A. Pranovich // Nordic Pulp and Paper Research Journal. 2000. Vol. 15. P. 46–53.

Поступила 29.12.10

E.V. Novozhilov¹, G.P. Sukhanova²

¹ Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

² Northern State Medical University

Effect of the Neutral-Sulphite Spent Liquor Extractives on the Unbleached Softwood Pulp Properties

Extractives from neutral-sulphite spent liquor being precipitated onto pulp thread decrease the pulp drainage. Preliminary removal of extractives from the liquor by the means of sedimentation and chemical addition is suggested. Treatment of pulp with extractives-free liquor increases pulp yield and improves its mechanical properties.

Key words: extractives, neutral-sulphite spent liquor, adsorption, pulp drainage, pulp properties.

УДК 547.992.3:544.47

Т.В. Торцева, Н.Р. Попова, К.Г. Боголицын, А.В. Малков

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

Торцева Татьяна Васильевна родилась в 1985 г., окончила в 2006 г. Поморский государственный университет имени М.В. Ломоносова, старший преподаватель кафедры теоретической и прикладной химии Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет 12 печатных работ в области кинетики и катализа, химии древесины.

E-mail: tpovarnitsyna@yandex.ru



Попова Наталья Радиевна родилась в 1957 г., окончила в 1980 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат химических наук, доцент, профессор кафедры теоретической и прикладной химии Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет более 100 научных работ в области химии координационных соединений, кинетики и катализа, химии древесины.

E-mail: tph.agtu@mail.ru



Малков Алексей Валерьевич родился в 1977 г., окончил в 1999 г. Архангельский государственный технический университет, кандидат химических наук, доцент кафедры теоретической и прикладной химии Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет более 10 научных работ в области электрохимии и химии древесины.

E-mail: tph.agtu@mail.ru



КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ ДИОКСАНЛИГНИНА И ТЕХНИЧЕСКОГО СУЛЬФАТНОГО ЛИГНИНА РАСТВОРЕННЫМ МОЛЕКУЛЯРНЫМ КИСЛОРОДОМ

Исследовано влияние различных факторов на изменение функционального состава диоксанлигнина и технического сульфатного лигнина в процессе каталитического окисления в присутствии полиоксометаллатов.

Ключевые слова: лигнин, каталитическое окисление, кислород, полиоксометаллаты.

В последние десятилетия большинство научных исследований направлены на создание экологически безопасных способов комплексной переработки растительного сырья. Среди них приоритетными являются технологии направленного физического и химического воздействия на структуру и свойства биополимеров в целях получения разнообразных продуктов с заданными потребительскими свойствами [1]. К перспективным относятся процессы каталитического окисления лигносодержащих материалов при делигнификации растительной биомассы и отбелке целлюлозного

© Торцева Т.В., Попова Н.Р., Боголицын К.Г., Малков А.В., 2012

волокна в присутствии комплексных соединений металлов переменной валентности, в частности полиоксометаллатов.

Цель наших исследований – установление основных закономерностей процесса каталитического окисления лигнинных веществ растворенным кислородом в кислой среде с использованием в качестве катализаторов полиоксометаллатов. Ранее нами была изучена кинетика каталитического окисления феруловой кислоты и ванилинового спирта, моделирующих характерное для хвойной древесины структурное звено лигнина гваяцильного ряда; определены оптимальные условия проведения процесса [6]. Для проверки соблюдения закономерностей, установленных для модельных соединений, в данной работе исследовано влияние продолжительности проведения процесса, pH среды, концентрации катализатора и температуры на окисление диоксанлигнина и технического сульфатного лигнина в присутствии полиоксометаллатов; изучены полимолекулярные свойства продуктов окисления.

Методическая часть

В качестве объектов исследования использовали диоксанлигнин и технический сульфатный лигнин. Диоксанлигнин выделяли из древесины ели (ДЛЕ) по методике Пеппера [7] путем обработки древесных опилок водно-диоксановым раствором (1 : 9), содержащим 0,2 моль/л соляной кислоты (гидромодуль 8), в токе азота при температуре 90 °С в течение 4 ч; хвойный технический сульфатный (ТСЛ) – из производственного черного щелока Соломбальского ЦБК методом дробного осаждения. Функциональный состав полученных препаратов определяли по стандартным методикам [3] (табл. 1).

В качестве катализаторов использовали ванадомолибдофосфат натрия ($\text{Na}_8[\text{PMo}_7\text{V}_5\text{O}_{40}]$ – ГПА-5) и марганецсодержащий ванадомолибдофосфат натрия ($\text{Na}_{11}[\text{PMo}_6\text{V}_5\text{O}_{39}\text{Mn}(\text{OH})]$ – ГПА-5-Mn), относящиеся к классу полиоксометаллов насыщенного ряда структуры Кеггина и синтезированные по методике [6]. Состав синтезированных катализаторов анализировали методами ИК-, УФ-спектроскопии и рентгенофлуорисцентного анализа.

Таблица 1

Функциональный состав, %, технического сульфатного лигнина и диоксанлигнина ели

| Группы | Метод определения | Технический сульфатный лигнин | Диоксанлигнин ели |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------|
| Метоксильные | Цейзеля–Фибека–Шваппаха (модифицированный) | 10,21 | 15,32 |
| Сильнокислые карбоксильные | Хемосорбционный (с $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$) | 1,98 | 0,29 |
| Карбонильные | Оксимирование | 2,95 | 2,48 |
| Фенольные гидроксильные | Дифференциальная спектроскопия | 4,92 | 3,10 |
| Сера (S) | Осаждение | 1,75 | – |

Каталитическое окисление лигнина проводили в течение 2 ч при непрерывной подаче молекулярного кислорода со скоростью 6,5 дм³/ч при следующих условиях: концентрация окисляемого вещества 1 г/л; концентрация катализатора от 0 до 5·10⁻⁴ моль/л; pH 2...5; температура 30... 70 °С. Термостатирование растворов осуществляли в термостате марки LT 100 с точностью ±0,1 °С. Для выделения продуктов окисления лигнина в исследуемый раствор добавляли концентрированную HCl до сильноокислой среды, выпавший осадок отделяли от раствора на центрифуге MPW-340 (4 тыс. об/мин), промывали водой до нейтральной реакции и сушили под вакуумом.

Процесс окисления контролировали по изменению массовой доли карбоксильных групп, содержание которых наиболее полно отражает протекание окислительных процессов, так как данные функциональные группы являются конечным звеном в цепи окислительных превращений.

Экспериментальная часть

При установлении влияния продолжительности (τ) на процесс окисления лигнинных веществ определено, что полиоксометаллаты ГПА-5-Mn и ГПА-5 в значительной степени способствуют образованию карбоксильных групп в лигнине. Необходимо отметить при этом, что наибольшие изменения функционального состава продуктов окисления лигнинных веществ наблюдаются в первые два часа. В отсутствие катализатора изменение содержания карбоксильных групп [COOH] в продуктах окисления лигнинных веществ практически не наблюдается (рис. 1).

При этих условиях технический сульфатный лигнин в 3 раза интенсивнее окисляется молекулярным кислородом, чем диоксанлигнин, что обусловлено большей доступностью для окисления его реакционных центров. Форма макромолекул у технических лигнинов в растворе соответствует более рыхлому

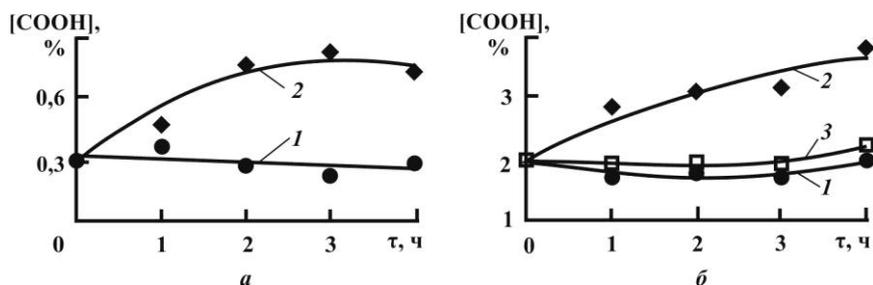


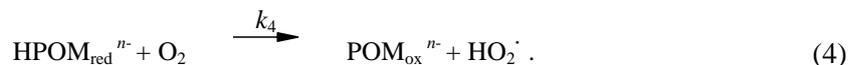
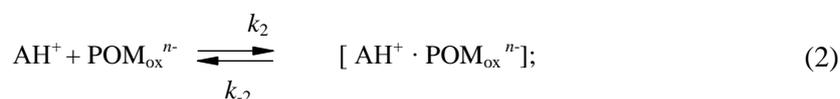
Рис. 1. Изменение содержания карбоксильных групп в диоксанлигнине (а) и техническом сульфатном лигнине (б) в зависимости от продолжительности каталитического окисления молекулярным кислородом без катализатора (1) и в присутствии катализатора (2, 3): 2 – ГПА-5-Mn; 3 – ГПА-5

клубку, чем у малоизмененных препаратов лигнина. В нативном лигнине более плотная упаковка обусловлена внутримолекулярными водородными связями и меньшим количеством функциональных групп, находящихся на поверхности глобулы. В техническом лигнине в результате воздействия реагентов варочного раствора происходит гидролиз водородных связей, глобула представляет собой свободнопротекающий макромолекулярный клубок и, как следствие, реакционные центры доступны [4].

На примере каталитического окисления технического сульфатного лигнина видно (рис. 1, б), что использование в качестве катализатора марганецсодержащего полиоксометаллата ГПА-5-Mn позволяет более чем в 4 раза интенсифицировать процесс окисления по сравнению с полиоксометаллатом ГПА-5. Это согласуется с полученными нами ранее данными [2] по установлению влияния природы катализатора на кинетику каталитического окисления модельных соединений лигнина (ванилинового спирта и феруловой кислоты) и связано с тем, что введение в структуру гетерополианиона ионов марганца приводит к повышению окислительно-восстановительного потенциала и отражается на увеличении окислительной способности катализатора.

Ранее [2] нами было показано, что изменение pH в интервале от 2 до 5 оказывает существенное влияние на механизм и кинетику процессов каталитического окисления модельных соединений лигнина. Это послужило основанием для выбора диапазона pH при изучении влияния данного фактора на каталитическое окисление лигнинных веществ.

Результаты полученных исследований (рис. 2, а) показали, что наиболее интенсивное приращение содержания карбоксильных групп (относительно содержания их в исходном образце) наблюдается при pH 3. Это коррелирует с оптимальным значением pH, установленным при изучении каталитического окисления модельных соединений. Именно при этом условии наиболее оптимально реализуется процесс, включающий в себя активацию окисляемого вещества (1), взаимодействие катализатора с окисляемым веществом (2, 3) и его реокисление (4):



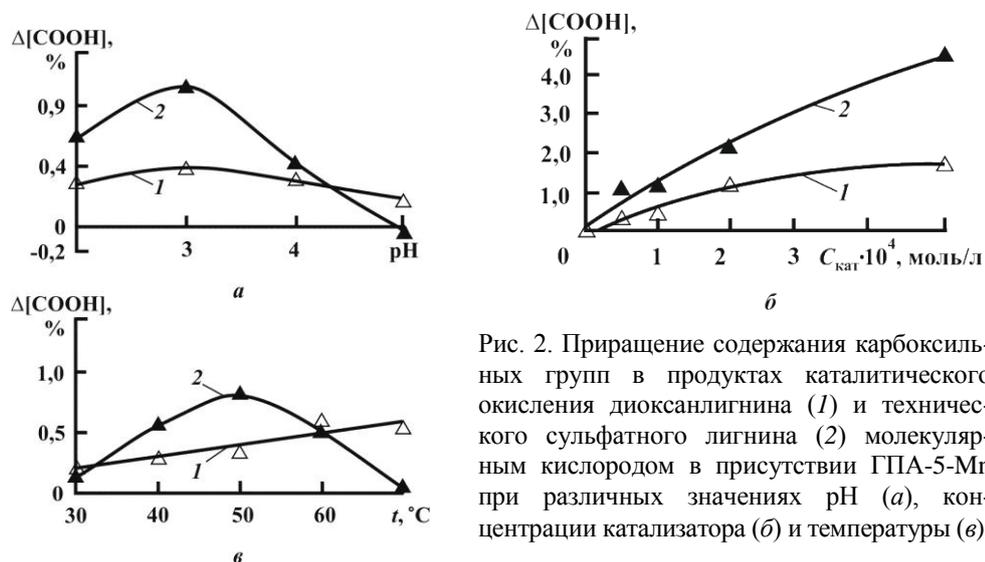


Рис. 2. Приращение содержания карбоксильных групп в продуктах каталитического окисления диоксанлигнина (1) и технического сульфатного лигнина (2) молекулярным кислородом в присутствии ГПА-5-Мп при различных значениях pH (а), концентрации катализатора (б) и температуры (в)

Из представленных экспериментальных данных (рис. 2, б) видно, что в процессе каталитического окисления, при увеличении концентрации катализатора, возрастание содержания карбоксильных групп в продуктах окисления лигнина свидетельствует о значительной интенсификации окислительных процессов.

При изучении влияния температуры на процесс каталитического окисления лигнинных веществ установлено, что в случае каталитического окисления диоксанлигнина повышение температуры приводит к интенсификации образования карбоксильных групп (рис. 2, в). В случае каталитического окисления технического сульфатного лигнина наблюдается экстремальный характер зависимости приращения карбоксильных групп от температуры. Вероятно, это связано с интенсификацией процесса декарбоксилирования при температуре более 50 °С.

В целях установления изменения полимолекулярных свойств в продуктах каталитического окисления лигнинных веществ определены среднечисловая (M_n), среднемассовая (M_w), средняя (M_z) молекулярные массы и степень полидисперсности (СП) исходных и окисленных в течение 2 ч в присутствии катализатора ГПА-5-Мп образцов диоксанлигнина и технического сульфатного лигнина методом высокоэффективной жидкостной хроматографии согласно методике, описанной в работе [5]. Установлено, что полимолекулярные свойства у окисленных образцов изменяются в сторону увеличения доли высокомолекулярных фракций полимера. Это происходит как за счет растворения низко- и средномолекулярных составляющих, так и за счет протекания конденсационных процессов (табл. 2).

Таблица 2

Молекулярно-массовые характеристики образцов диоксанлигнина и технического сульфатного лигнина

| Образец лигнина | M_n | M_w | M_z | СП (M_w/M_n) |
|------------------------------------------|-------|--------|--------|------------------|
| ДЛЕ: исходный | 3 500 | 6 900 | 12 000 | 1,97 |
| окисленный* в присутствии ГПА-5-Мп | 3 700 | 11 000 | 25 100 | 2,97 |
| ТСЛ: исходный | 1 900 | 5 900 | 13 900 | 3,11 |
| окисленный* в присутствии ГПА-5-Мп | 2 200 | 7 200 | 16 200 | 3,27 |

*Условия окисления: $C_{\text{лиг}} = 1$ г/л, $C_{\text{ГПА-5-Мп}} = 0,1$ ммоль/л, $T = 323$ К, pH 3, продолжительность 2 ч.

Предположения о протекании конденсационных процессов подтверждает и тот факт, что выход продуктов окисления лигнинных веществ в присутствии катализатора несколько выше (на 5...10 %), чем в его отсутствие (рис. 3).

Таким образом, на основании приведенных экспериментальных данных по определению влияния продолжительности, pH среды, концентрации катализатора и температуры на процесс окисления молекулярным кислородом диоксанлигнина и технического сульфатного лигнина в присутствии полиоксометаллатов установлено, что ванадомолибдофосфат натрия и марганец-содержащий ванадомолибдофосфат натрия проявляют каталитическую активность в исследуемых диапазонах. Определены оптимальные условия проведения процесса.

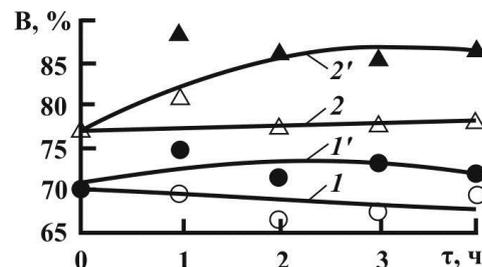


Рис. 3. Зависимость выхода (B) продукта окисления диоксанлигнина (1) и технического сульфатного лигнина (2) от продолжительности окисления молекулярным кислородом в присутствии катализатора (1', 2') и без него (1, 2) ($C_{\text{лиг}} = 1$ г/л, $C_{\text{ГПА-5-Мп}} = 0,1$ ммоль/л, $T = 323$ К, pH 3)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боголицын К.Г. Современные тенденции в химии и химической технологии растительного сырья // Рос. хим. журн. (Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). 2004. Т. XLVIII, № 6. С. 105–123.
2. Каталитическое окисление феруловой кислоты с использованием в качестве катализаторов полиоксометаллатов / Т.В. Поварницына [и др.] // Журн. физ. химии. 2010. № 12. С. 2245–2249.

3. Методы определения функциональных групп лигнина / Г.Ф. Закис, Л.Н. Можейко, Г.М. Тельшева. Рига: Зинатне, 1975. 176 с.

4. Оксредметрия в химии древесины (теория и практика) / А.М. Айзенштадт [и др.]. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2008. 277 с.

5. Соколов О.М., Д.Г. Чухчин, Л.В. Майер Высокоэффективная жидкостная хроматография лигнинов // Лесн. журн. 1998. № 2–3. С. 132–136. (Изв. высш. учеб. заведений).

6. Oxidative delignification in the presence of molybdovanadophosphate heteropolyanions: mechanism and kinetic studies / D.V. Evtuguin [et al.] // Applied Catalysis A: General. 1998. 167. P. 123–139.

7. Pepper J.M., Baylis P.E., Adler E. The isolation and properties of lignin's obtained by the acidolysis of spruce and aspen woods in dioxan-water medium // Canad. J. Chem. 39. 1959. N 8. P. 1241–1248.

Поступила 20.10.11

T.V. Tortseva, N.R. Popova, K.G. Bogolytsyn, A.V. Malkov

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

Catalytic Oxidation of Dioksanlignin and Technical Sulfate Lignin by the Dissolved Molecular Oxygen

Influence of various factors on change of functional composition of dioksanlignin and technical sulphate lignin in the course catalytic oxidation using polyoxometallate as a catalyst has been investigated.

Key words: lignine compounds, catalytic oxidation, polyoxometalates.



УДК 330.332.5

В.Н. Мякшин

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

Мякшин Владимир Николаевич родился в 1980 г., окончил в 2002 г. Архангельский государственный технический университет, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики САФУ. Имеет более 40 печатных работ в области исследования балансовых моделей в экономике, региональной экономике.
E-mail: mcshin@yandex.ru



ИССЛЕДОВАНИЕ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ СЕВЕРО-АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА РОССИИ НА ОСНОВЕ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Представлены практические результаты оценки текущего состояния инвестиционной привлекательности Северо-Арктического региона России на основе предложенной системы макроэкономических показателей.

Ключевые слова: инвестиционная привлекательность, инвестиционный потенциал, Северо-Арктический регион, макроэкономические показатели, инвестиции в основной капитал, валовой региональный продукт.

Северо-Арктический регион (САР) включает следующие субъекты РФ: Республика Карелия, Республика Коми, Архангельская область (включая Ненецкий автономный округ – НАО), Мурманская область. Площадь территории САР – 1508,9 тыс. км², численность населения (на 01.01.2010) – 3 768,8 тыс. чел., плотность населения (на 01.01.2010) – 2,5 чел. на 1 км².

Общий оборот организаций САР в 2009 г. составил 1 458,2 млрд р., при этом на долю предприятий по добыче полезных ископаемых приходилось 54,4 %, оптовой и розничной торговли – 20,5 %, обрабатывающих производств – 16,6 %, транспорта и связи – 13,8 %, строительства – 4,8 %, операций с недвижимым имуществом – 4,3 %, лесного хозяйства – 1,5 %. В 2009 г. объем инвестиций в основной капитал достиг 234 356 млн р., объем иностранных вложений – 1 794 млн долл. США.

За последние 10...15 лет в России предлагались самые различные стратегические решения проблем инвестиционного развития как на региональном уровне, так и в масштабах всей страны. Однако реализация этих решений, воплощенных в виде различных программных документов,

не привела к существенным изменениям в формировании инвестиционной инфраструктуры САР. Зачастую методы формирования программ инвестиционного развития субъектов федерации не учитывают отраслевой взаимосвязи инвестиционных проектов, отсутствует возможность формирования целевой функции инвестиционного развития исходя из состава отраслей и конъюнктуры рынка в регионе.

Серьезным недостатком существующего механизма инвестиционного развития является отсутствие в его составе научно-методологического аппарата, предназначенного для оценки инвестиционной привлекательности САР. Оценка инвестиционной привлекательности региона необходима, в первую очередь, для обеспечения эффективной деятельности и возможности привлечения заемного капитала и инвестиций. Формирование инвестиционной инфраструктуры происходит в условиях практического отсутствия адаптированной к российским условиям единой системы методологических подходов к оценке инвестиционной привлекательности, которое объясняется отсутствием современного инструментария и количественных индикаторов.

Перечисленные выше важность оценки инвестиционной привлекательности и практическое отсутствие методологии оценки, а также необходимость ее практической реализации на основе современного комплекса информационного обеспечения обусловили актуальность исследования.

Важным показателем инвестиционной активности является валовой региональный продукт (ВРП), в том числе ВРП на душу населения.

В 2008 г. объем ВРП (в текущих основных ценах) в целом по САР составлял 926,8 млрд р. Анализ динамики ВРП за 2005–2008 гг. выявил тенденцию к росту в целом по региону при некотором снижении в Республике Карелия (на 4,6 %) и НАО (на 13,3 %) и отсутствии изменений этого показателя по Архангельской области (табл. 1).

Анализ структуры валового регионального продукта по субъектам РФ, входящим в состав САР, позволяет сделать вывод о ее достаточной стабильности в 2005–2008 гг.

Основной вклад в ВРП вносят Республика Коми и Архангельская область (по 32 %), доля Республики Карелия составляет 13 %, Мурманской области – 23 %, НАО – 8...12 %. Следует отметить положительную динамику ВРП как в целом по региону, так и по отдельным субъектам САР.

Индекс физического объема ВРП по САР составил 115,0 %, в том числе по Республике Коми – 122,6 %, Республике Карелия, Архангельской и Мурманской областям – более 110,0 %, что является положительным фактором привлечения инвестиций.

ВРП на душу населения превысил средний показатель по России в Республике Коми (306,0 тыс. р.), Мурманской области (255,0 тыс. р.), практически достиг российского значения в Архангельской области (235,1 тыс. р.), в Республике Карелия он в 1,4 раза ниже.

Таблица 1
Показатели, характеризующие инвестиционную деятельность субъектов САР (2008 г.)

| САР и его субъекты | ВРП на душу населения (в текущих основных ценах), р. | Удельный вес численности населения в трудоспособном возрасте в общей численности населения (на конец года), % | Удельный вес лиц с высшим образованием от числа занятых в экономике, % | Объем вкладов (депозитов) физических лиц на счетах в Сбербанке РФ на душу населения, р. | | Сальдированный финансовый результат (прибыль минус убытки) деятельности организаций на душу населения, р. | Удельный вес прибыльных организаций в общем числе организаций, % | Инвестиции в основной капитал на душу населения, р. | Индекс физического объема инвестиций в основной капитал, % |
|---------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| | | | | Рублевые счета | Валютные счета | | | | |
| Северо-Арктический регион | 850 634 | 263,1 | 98,7 | 81 182 | 11 073 | 49 911 | 250,9 | 275 972 | 453,8 |
| Республика Карелия | 151 211 | 64,1 | 22,1 | 13 453 | 2 215 | 10 582 | 59,3 | 33 020 | 106,7 |
| Республика Коми | 249 571 | 67,0 | 23,7 | 22 153 | 2 745 | 14 988 | 64,7 | 85 298 | 112,0 |
| Архангельская область | 224 808 | 63,7 | 28,1 | 19 352 | 1 853 | -16 622 | 61,4 | 103 826 | 86,0 |
| В том числе НАО | ... | 64,6 | 21,0 | ... | ... | -367 095 | 61,0 | 1 804 963,1 | 69,7 |
| Мурманская область | 225 045 | 68,3 | 24,8 | 26 224 | 4 260 | 40 963 | 65,5 | 53 828 | 149,1 |

С 2008 г. отмечено понижение индекса промышленного производства по всем субъектам САР, что явилось негативным фактором для инвестиционной привлекательности региона. В 2009 г. индекс промышленного производства для Республики Коми составил 98,3 %, Мурманской области – 94,4 %, Республики Карелия – 90,2 %, Архангельской области – 100,4 % (при этом он понизился по сравнению с 2008 г. на 2,2 пункта).

Одним из показателей деловой инвестиционной активности являются инвестиции в основной капитал. В 2009 г. общий объем инвестиций в основной капитал по САР составил 234 356 млн р., что на 22,5 % меньше, чем в 2008 г., при сохранявшейся с 2005 г. по 2008 г. положительной динамике.

Снижение регионального показателя произошло в основном за счет уменьшения физического объема инвестиций в основной капитал Архангельской области (на 56 %), Республики Карелия (на 32 %), Мурманской области (на 19 %) при росте данного показателя по Республике Коми (на 24 %).

Анализ структуры инвестиций в основной капитал по субъектам САР показал, что основная доля регионального объема инвестиций приходится на Республику Коми (46 %), на втором месте находится Архангельская (28,2 %), затем Мурманская область (17,6 %).

Следует отметить значительные структурные сдвиги, произошедшие в объеме инвестиций в основной капитал в 2009 г.: доля Архангельской области уменьшилась от 48,2 до 28,2 % (в том числе доля НАО уменьшилась в 2 раза) при увеличении доли Республики Коми от 27,7 до 46,2 %. Практически не изменились доли Республики Карелия (8,0 %) и Мурманской области (17,0 %).

Анализ динамики показателя «Инвестиции в основной капитал на душу населения» выявил следующие тенденции: при уменьшении данного показателя для Архангельской области практически в 2 раза его значение для Республики Коми возросло в 1,3 раза. Отмечены колебания данного показателя (повышение в 2008 г. по сравнению с 2007 г. и последующее понижение в 2009 г.) для Республики Карелия и Мурманской области. Необходимо отметить, что для Республики Коми этот показатель превосходит общероссийский более чем в 2 раза, что позволило в 2009 г. региональному показателю (62,1 %) превысить общероссийский на 6,6 пунктов.

По сравнению с данными по России в целом данный показатель для Архангельской области ниже на 3,7 пунктов, для Республики Карелия – в 2 раза.

Анализ объемов инвестиций, поступивших от иностранных инвесторов в САР, выявил ряд проблем инвестиционной привлекательности региона.

Этот показатель в 2009 г. был равен 1 794 млн долл. или 67,5 % от уровня 2008 г. При этом на Республику Коми пришлось 904,0 млн долл., Архангельскую область – 589,3 млн долл. (в том числе на НАО – 483,3 млн долл.), Республику Карелия – 238,7 млн долл., Мурманскую область – 62,3 млн долл.

Таблица 2

Основные показатели состояния основных фондов САР по видам экономической деятельности, % (2009 г.)

| Показатель | В целом для основных фондов | Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство | Добыча полезных ископаемых | Обрабатывающие производства | Производство и распределение электроэнергии, газа и воды | Строительство | Оптовая и розничная торговля, ремонт транспортных средств, мотоциклов, бытовых изделий и предметов личного пользования | Транспорт и связь | Прочее |
|------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
| Структура основных фондов | 100,0 | 1,9 | 16,0 | 4,9 | 5,0 | 1,1 | 1,2 | 38,5 | 31,4 |
| Степень износа основных фондов | 39,8 | 45,1 | 34,8 | 39,4 | 33,6 | 45,6 | 44,2 | 33,0 | 51,1 |
| Структура полностью изношенных основных фондов | 10,8 | 16,4 | 9,2 | 10,9 | 9,9 | 10,4 | 10,4 | 8,5 | 14,1 |
| Структура инвестиций в основные фонды | 100,0 | 1,5 | 30,0 | 10,6 | 6,4 | 1,9 | 1,0 | 33,7 | 14,9 |

С 2005 г. по 2008 г. наблюдалась положительная динамика физического объема инвестиций, поступивших от иностранных инвесторов, при достаточно высоких темпах роста: индекс физического объема в 2008 г. в целом по САР составил 166,0 %, при этом по Республике Коми – 239,0, Архангельской области – 158,0 % (в том числе по НАО – 171,0 %). Но в 2009 г. значительный подъем сменился резким спадом: физический объем инвестиций, поступивших от иностранных инвесторов в САР, уменьшился на 32,5 % в основном за счет уменьшения физического объема иностранных инвестиций в Архангельскую область на 63,0 % (в том числе в НАО – на 65,0 %). При этом наблюдалось двухкратное увеличение физического объема инвестиций в Республике Коми после тенденции к спаду (в 2007 г. индекс физического объема инвестиций в Республику Коми составлял 55,0 %, в 2008 г. – 70,2 %).

Такое изменение показателей динамики физического объема инвестиций, поступивших от иностранных инвесторов, настораживает и приводит к необходимости анализа причин, разработки и реализации комплекса мер по повышению инвестиционной привлекательности региона. Это еще раз подчеркивает актуальность разработки методологии и методики оценки уровня инвестиционной привлекательности.

Анализ структуры иностранных инвестиций по видам экономической деятельности (табл. 2) позволяет сделать определенные выводы об основных направлениях и целях их использования.

В 2009 г. основные вложения иностранного капитала осуществлялись в добычу полезных ископаемых (Архангельская область – 90 %, в том числе НАО – 100 %), обрабатывающие производства

(Республика Коми – 89 %, Республика Карелия – 42 %). Анализируя структурные изменения с 2005 г. по 2009 г., можно сделать вывод, что доля вложений в добывающие и обрабатывающие производства растет при снижении доли инвестиций в развитие инфраструктуры региона.

География распределения иностранных инвестиций в экономику региона позволяет выделить основные страны-инвесторы: для Республики Карелия – Нидерланды (29,8 % общего объема иностранных инвестиций) и Виргинские острова (29,8 %); для Республики Коми – Австрия (26,1 %) и Германия (26,6 %); для Архангельской области – Франция (67,1 %); для Мурманской области – Швеция (50,7 %) и Кипр (30,4 %).

На инвестиционную привлекательность региона влияют и специфические ресурсы, которыми он обладает. Ресурсные факторы входят в понятие инвестиционный потенциал и могут быть разделены по видам ресурсов на природные, производственные, трудовые и финансовые.

Для САР особое значение имеют лесные ресурсы. Общая площадь земель лесного фонда составляет 67,7 млн га (72,5 % территории САР), общий запас лесных насаждений – 16 831 млн га, при этом на хвойные породы приходится 84,0 %.

Наряду с развитием минерально-сырьевого комплекса (разработка месторождений нефти и газа, а также алмазных месторождений) основным приоритетным направлением экономического развития САР являются лесозаготовительная и деревообрабатывающая отрасли промышленности.

Понятие производственных ресурсов включает основные и оборотные фонды. Классификация производственных ресурсов осуществляется по видам экономической деятельности.

Стоимость основных фондов как в целом по региону, так и по всем субъектам САР увеличивается за счет их ввода в действие. Негативным фактором является сохранение высоких показателей износа основных фондов: при этом в наибольшей степени это видно в строительстве (46,0 %), сельском и лесном хозяйстве (45,0 %), оптовой и розничной торговле (44,0 %), обрабатывающих производствах (39,0 %).

Удельный вес полностью изношенных основных фондов достигает максимального значения на предприятиях сельского и лесного хозяйства (более 16,0 %).

Отмечен достаточно высокий уровень трудового потенциала: население в трудоспособном возрасте составляет 65,4 % от общей численности населения региона, экономически активное население – 56,2 %, занятые в экономике – 51,2 %, удельный вес лиц с высшим образованием, занятых в экономике региона, – 24,3 %.

Ранжирование видов экономической деятельности по значению среднегодовой численности занятых в экономике региона дало следующие результаты: на первом месте – обрабатывающие производства (12,3 %), на втором –

транспорт и связь (11,6 %), на третьем – строительство (6,2 %), удельный вес занятых в лесном хозяйстве – менее 5 % [1].

Анализ формирования сальдированного финансового результата деятельности организаций САР выявил в целом по региону превышение прибыли над убытком за анализируемый период (2005–2009 гг.), при этом внутри региона отмечен отрицательный сальдированный финансовый результат для Архангельской области и Республики Карелия.

Анализ сальдированного финансового результата по видам экономической деятельности позволяет диагностировать следующие проблемы в развитии региона: убыток превышает прибыль в деятельности обрабатывающих производств, в производстве и распределении электроэнергии, газа и воды.

Сальдированный финансовый результат деятельности организаций САР на душу населения в 2008 г. был в 3 раза меньше, чем по России, в 2009 г. он достиг среднего по России значения для Мурманской области и приблизился к нему для Республики Коми.

Удельный вес прибыльных организаций составляет не более 62,0 %.

Оценка результатов инвестиционной деятельности в 2009 г. выявила тенденцию к росту валового накопления основного капитала в САР на фоне замедления темпов прироста. По региону удельный вес валового накопления в ВРП составил 34,2 %, доля инвестиций в основной капитал в ВРП – 32,6 % (табл. 3).

Один из факторов низкой привлекательности экономики региона для инвестиций – сочетание проблемной институциональной среды и чрезмерно дорогого труда.

Для повышения инвестиционной привлекательности можно предложить два варианта: сочетание высокооплачиваемой рабочей силы и развитых институтов, что обеспечивает безопасность вложения инвестиций; сочетание несовершенной институциональной среды и низкооплачиваемой рабочей силы, что создает условия для высокой нормы прибыли.

Из сложившейся в регионе ситуации возможны два выхода: улучшение институциональной среды или приведение оплаты труда в соответствие с уровнем имеющийся институциональной среды.

Таблица 3

Результаты инвестиционной деятельности САР

| САР и его субъекты | Валовое накопление, млрд р. | Удельный вес валового накопления в ВРП, % | Доля инвестиций от ВРП, % |
|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------|---------------------------|
| Северо-Арктический регион | 317,0 | 34,2 | 32,6 |
| Республика Карелия | 26,6 | 22,7 | 22,3 |
| Республика Коми | 88,4 | 75,4 | 28,3 |
| Архангельская область | 149,9 | 50,3 | 48,8 |
| В том числе НАО | 90,0 | 98,4 | 95,2 |
| Мурманская область | 52,1 | 24,1 | 21,7 |

Для решения выявленных проблем необходима разработка и реализация комплекса мер по повышению инвестиционной привлекательности региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мякишин В.Н.* Оценка текущего состояния инвестиционной привлекательности Северо-Арктического региона России // Экономика и управление. 2011. № 7. С. 94–103.
2. Регионы Северо-Западного федерального округа. Социально-экономические показатели. 2010: стат. сб. Сыктывкар: Комистат, 2010. 222 с.

Поступила 28.06.11

V.N. Myakshin

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

Investment Appeal of the North-Arctic Region of Russia Analysis on Basis of Macroeconomic Indices

The author has presented the practical results of evaluation of current state of investment potential of the North-Arctic region of Russia. A system of macroeconomic indicators is set forward.

Key words: investment appeal, investment potential, North-Arctic region, macroeconomic indicators, capital investment, gross regional product.

УДК 630*901

А.В. Горбунова

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

Горбунова Анастасия Владимировна родилась в 1986 г., окончила в 2008 г. Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, аспирант кафедры финансов и кредита Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, финансовый специалист ООО «ЦКА «Наше будущее» – Обособленное подразделение в г. Архангельске. Область научных интересов – оценка арендной платы за лесные участки.

E-mail: gorbunova.wife@yandex.ru



СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ АРЕНДНОЙ ПЛАТЫ ЛЕСНЫХ УЧАСТКОВ ПРИ ВИДЕ ПОЛЬЗОВАНИЯ «ЗАГОТОВКА ДРЕВЕСИНЫ»*

Дана оценка системы лесоуправления в России; выявлены причины ее экономической неустойчивости; предложено и обосновано применение нового подхода к определению стоимости арендной платы за древесину на корню.

Ключевые слова: лес, древесина, арендная плата, рента, доход, лесоуправление, лесозаготовительные предприятия, лесоперерабатывающие предприятия, оценка.

Система лесоуправления в России является экономически неустойчивой, так как в настоящее время расходы федерального бюджета, необходимые для поддержания лесов в благоприятном состоянии, не покрываются доходами, получаемыми собственником леса (государством) от использования лесов (т.е. поступлениями так называемого лесного дохода в бюджет Российской Федерации). При этом расходов федерального бюджета не хватает даже на содержание лесов в должном порядке: для качественной охраны от пожаров и незаконных рубок, качественного лесовосстановления и ухода за лесами. Для того, чтобы лесоуправление могло быть экономически устойчивым, необходимо, чтобы доходы, как минимум, компенсировали расходы [2].

В 2011 г. лесное хозяйство для федерального бюджета становится еще более убыточным: расходы на него (ведомственные расходы на Федеральное агентство лесного хозяйства) должны были увеличиться на 65 % по сравнению с расходами, заложенными в бюджет 2010 г. Согласно Приложению 8 к проекту ФЗ [5] расходы в 2011 г. должны составить 33 176 060 р., а к концу 2010 г. они составляли 20 101 523 р. (согласно Приложению 6 к ФЗ [6]).

Доходы, не поддающиеся точному прогнозу (поскольку они зависят от многих факторов – количества лесов, переданных в пользование, собираемости

* В порядке постановки вопроса.

© Горбунова А.В., 2012

арендных платежей и т.д.), останутся примерно на прежнем уровне и оценочно составят около 10 млрд р. в связи с тем, что минимальные ставки платы за единицу объема древесины, заготавливаемой на землях, находящихся в федеральной собственности (установлены Правительством РФ в 2007 г.), предполагается сохранить на уровне 2010 г. без индексации. Таким образом, по предварительной оценке расходы федерального бюджета на лесное хозяйство в 2011 г. более чем в три раза превысят доходы федерального бюджета от лесного хозяйства. Следовательно, наблюдается закономерная растущая убыточность лесного хозяйства для федерального бюджета, которая является одним из следствий принятия в 2006 г. Лесного кодекса. Таким образом, даже исходя из официальных данных о соотношении «лесного дохода» и расходов федерального бюджета на лесопользование, систему управления лесами России в настоящее время однозначно можно считать экономически неустойчивой. А если бы расходы на лесное хозяйство, заложенные в федеральный бюджет, соответствовали бы реальным потребностям качественного ведения лесного хозяйства, разница, очевидно, была бы еще больше.

В чем причины неустойчивого лесопользования в России? Попробуем в этом разобраться.

В России лесные ресурсы, в том числе и древесина, одни из дешевых в мире, но это не значит, что она дешево достается предприятиям деревообрабатывающей промышленности. Дешевизна в данном случае означает, что ставки платы за заготовку древесины, установленные Правительством РФ и поступающие в федеральный бюджет, удерживаются на минимальном уровне, недостаточном даже для того, чтобы компенсировать текущие затраты на лесное хозяйство. Это является сознательной позицией государства, пытающегося за счет относительной дешевизны древесных ресурсов обеспечить привлекательные условия для создания и развития предприятий целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности. В действительности эта цель не достигается, поскольку стоимость древесины, доставленной потребителю, из-за неразвитости дорог, высоких затрат на транспорт, энергоносители и по ряду других причин оказывается более высокой, чем в большинстве стран с развитой лесной промышленностью.

Все эти проблемы порождают дефицит средств на ведение лесного хозяйства и не стимулируют преодоление сырьевой направленности лесного сектора.

Выделим основные причины неудовлетворительного использования лесных ресурсов, результатом чего является неустойчивость лесопользования в России:

несовершенство законодательной базы и экономического механизма лесопользования;

общий низкий уровень государственного управления;

неудовлетворительное решение вопросов по созданию рыночной инфраструктуры, организации рационального лесопользования, регулированию лесных рынков и финансовых потоков в лесном секторе.

Исходя из вышеизложенного, становится ясно, что необходимо в корне менять систему лесоуправления в России. Поэтому предлагаем рассмотреть кардинально новый подход к определению платы за пользование древесными ресурсами (лесная рента*). В связи с этим может быть рассмотрен вариант, предусматривающий взимание платы за древесные ресурсы не только с лесозаготовительных, но и с целлюлозно-бумажных, лесопильно-деревообрабатывающих и других предприятий, использующих древесное сырье. Это своевременно в нынешних условиях, когда лесозаготовители объединяются с потребителями древесины в вертикально-интегрированные структуры (холдинги, группы компаний и т.д.).

Заготовка древесины – основной вид использования лесов, на который приходится порядка 97 % объема их использования. Поэтому в целях определения платы за использование лесных ресурсов целесообразно усовершенствовать методику оценки лесных земель при виде пользования «заготовка древесины».

В настоящее время в экономической науке наиболее признанным и объективным считается установление платы за природные ресурсы любого вида на основе рентной оценки. В практике лесного хозяйства до сих пор используются ставки платы за лесные ресурсы (согласно Постановлению Правительства РФ от 22 мая 2007 г. [4]) с очень слабым рентным учетом и периодически повышаемые в связи с инфляцией. При этом минимальные ставки платы за древесину напрямую зависят от разряда такс (расстояния вывозки). Поэтому плата за древесину на корню (аренда лесных участков) далеко несовершенна.

Рентная оценка ресурса (рента) – это так называемая «незаработанная» сверхнормативная часть получаемой предприятием прибыли от использования ресурса. Лесозаготовителями уже дан целый ряд предложений по применению рентного подхода при экономической оценке лесных ресурсов и установлении платы за них. Методика Н.П. Чупрова [7] наиболее адекватна к существующим рыночным условиям в Российской Федерации.

По мнению Н.П. Чупрова, ставка платы за древесину должна состоять из двух частей. Первая часть ставки, определяемая на рентной основе, по законодательству должна устанавливаться методиками, разрабатываемыми и утверждаемыми на достаточно длительный срок. Вторую часть целесообразно рассчитывать, исходя из требуемых затрат на ведение лесного хозяйства, и целиком направлять на лесовыращивание. Таким образом, затраты на лесовосстановление предполагается заложить в арендной плате.

В настоящее время при расчете арендной платы за древесину на корню нет потребности включать в арендную плату лесовосстановительную и лесоохранную составляющие, так как в соответствии с п. 3 ст. 53, п. 2 ст. 55, п. 2 ст. 62 Лесного кодекса РФ на лесных участках, предоставленных в аренду для

* Рента – это избыточный чистый доход, образующийся у пользователей в результате использования лесных ресурсов.

заготовки древесины, меры пожарной и санитарной безопасности и лесовосстановление должны осуществляться арендаторами этих участков [1], т.е. они, помимо арендной платы за лесные участки, обязаны ухаживать за лесом и восстанавливать его.

Однако методы рентного подхода, в том числе и по методике Н.П. Чупрова, рассматривают экономическую оценку древесных ресурсов на стадии лесовыращивание – лесозаготовка (определяется лесная рента, образующаяся на стадии продажи срубленного круглого леса). В основу расчета платежей за лесные ресурсы положены только экономические показатели лесозаготовок и устранены деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная отрасли, где реально продолжает концентрироваться основная масса лесного дохода. Хотя правильнее было бы осуществлять оценку древесных ресурсов на стадии лесовыращивание – лесозаготовка – лесопереработка (определяется лесная рента, образующаяся на стадии продажи продукции конечного потребления).

При оценке стоимости права заключения договора аренды объектом оценки является не сам объект недвижимости (полное право собственности на него), а совокупность «частичных» прав (пользование и владение) в течение определенного срока. В данном случае под объектом недвижимости понимается лесной участок и имеющиеся на нем улучшения в виде насаждений.

Определение стоимости арендной платы за лесные участки при заготовке древесины в рамках теории оценки может осуществляться методами только доходного подхода [3].

Методы затратного подхода могут применяться только для оценки стоимости воспроизводства или замещения. Затратный подход основан на следующей предпосылке: благоразумный арендодатель не пожелает сдать в аренду объект по ставке меньшей, чем та, которая обеспечит ему возврат капитала (и доход на капитал), вложенного в приобретение свободного земельного участка и создание улучшения с учетом компенсации за его активность и принятые риски (т.е. с учетом прибыли предпринимателя). Но приобретение права на заключение договора аренды непосредственно связано с будущим заключением договора аренды, а не с воспроизводством какого-либо объекта. Рассматриваемое право полностью реализуется лишь в момент заключения договора аренды. Учитывая выше изложенное, расходы на приобретение права на заключение договора аренды имеют лишь косвенную связь с воспроизводством объекта, поэтому затратный подход в этом случае неприменим.

Сравнительный подход к оценке базируется на информации о недавних рыночных сделках или об объектах, выставленных на продажу. В его основу положен принцип замещения, который гласит, что рациональный покупатель не заплатит за конкретный объект больше, чем обойдется приобретение другого, аналогичного объекта, обладающего такой же полезностью.

В нашем случае достоверная информация о стоимости объектов-аналогов может быть взята из Извещений о результатах лесных аукционов по продаже прав на заключение договоров аренды лесных участков, расположенных

на землях государственного лесного фонда. Но возникает ряд препятствий, связанных с несовершенным расчетом стоимостей этих аналогов – начальных цен предметов аукционов, и с «человеческим» фактором (так как объекты-аналоги были проданы с аукционов, то максимальная цена продажи прав аренды не зависела от каких-либо других факторов, кроме человеческого). Таким образом, без владения адекватной информацией о реальной итоговой цене продажи прав заключения договоров аренды лесных участков применить сравнительный подход невозможно.

Наиболее вероятным методом оценки рыночной стоимости прав аренды лесных земель станет метод дисконтирования денежных потоков в рамках доходного подхода.

Для расчета стоимости права аренды лесных земель (в контексте арендной платы лесных участков при виде пользования «заготовка древесины»), учитывающей затраты на создание лесных насаждений (лесовосстановление), а также ежегодные затраты, связанные с уходом за лесными культурами, охраной и защитой лесов, проведением иных лесохозяйственных мероприятий (затраты на управление и охрану лесов), применяется формула, предложенная Фаустманом в 1849 г. и не претерпевшая изменений до настоящего времени:

$$V = \frac{V_T - C_F}{(1+e)^T - 1} - \frac{m}{e} - C_F,$$

где V – стоимость права аренды лесного участка;

V_T – стоимость запаса леса, получаемого в конце оборота рубки; рассчитывается как произведение лесной ренты на единицу древесного сырья и объема эксплуатационного запаса древесины на корню в возрасте главной рубки на данном лесной участке;

T – оборот рубки (возраст леса, предназначенного для рубки);

C_F – затраты на лесовосстановление (посадка или иное возобновление леса), осуществляемые после каждой рубки; рассчитываются как частное от деления фактических, планируемых или потребных суммарных затрат на лесовосстановление на средний годичный прирост товарной древесины в оцениваемом регионе;

m – ежегодные затраты на управление и охрану лесов; рассчитываются как частное от деления фактических, планируемых или потребных суммарных затрат на ведение лесного хозяйства и содержание лесной охраны на средний годичный прирост товарной древесины в оцениваемом регионе;

e – ставка дисконтирования, зависящая от экономических факторов и ожиданий инвесторов, планирующих взять в аренду лесные участки.

Самым важным фактором, влияющим на стоимость права аренды лесных земель, является лесная рента на единицу древесного сырья. Именно эта составляющая формулы Фаустмана, на наш взгляд, должна претерпеть основные существенные изменения.

Лесная рента, или чистый доход от использования лесного насаждения (древостоя) на стадии лесовыращивание – лесозаготовка – лесопереработка, должна определяться как сумма сверхнормативных частей прибыли, получаемой лесозаготовительным предприятием от заготовки и переработки древесины.

В свою очередь, сверхнормативная часть прибыли от переработки древесины рассчитывается как цена реализации конечной продукции на рынке за вычетом ее себестоимости (без стоимости древесного сырья) и нормативной части прибыли, заложенной в цене.

Сверхнормативная часть прибыли от заготовки древесины рассчитывается аналогично: с учетом текущих затрат и нормативной части прибыли, заложенной в цене, на продукцию лесозаготовки.

Таким образом, платежи за лесопользование, рассчитанные для стадии лесовыращивание – лесозаготовка – лесопереработка должны приносить государству гораздо больше доходов, чем в настоящее время, вследствие того, что в данной методике арендная плата за лесные участки обусловлена рентабельностью не только лесозаготовительного, но и деревоперерабатывающего предприятия. При этом бремя платы за лесные ресурсы распределяется между всеми субъектами лесных отношений пропорционально их вкладу в стоимость продукции конечного потребления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лесной кодекс РФ: ФЗ от 22 июля 2010 г. № 167 (принят Гос. Думой 8 нояб. 2006 г., одобрен Советом Федерации 24 нояб. 2006 г.): интернет-версия системы «Консультант Плюс». Режим доступа: <http://www.consultant.ru/online>
2. Основы устойчивого лесопользования: учеб. пособие для вузов / М.Л. Карпачевский, В.К. Тепляков, Т.О. Яницкая, А.Ю. Ярошенко. М.: Всемирный фонд дикой природы, 2009. 143 с.
3. Оценка стоимости недвижимости: учеб. пособие / С.В. Грибовский, Е.Н. Иванова, Д.С. Львов, О.Е. Медведева. М.: ИНТЕРРЕКЛАМА, 2003. 704 с.
4. Постановление Правительства РФ от 22 мая 2007 г. № 310 «О ставках платы за единицу объема лесных ресурсов и ставках платы за единицу площади лесного участка, находящегося в федеральной собственности» (в редакции Постановления Правительства РФ от 9 нояб. 2009 г. №907): интернет-версия системы «Консультант Плюс». Режим доступа: <http://www.consultant.ru/online>
5. Проект ФЗ «О федеральном бюджете на 2011 г. и на плановый период 2012 и 2013 гг.». М.: Мин-во финансов РФ. Режим доступа: <http://www.minfin.ru>
6. ФЗ 2009 г. № 308 «О федеральном бюджете на 2010 г. и на плановый период 2011 и 2012 гг.» (принят Гос. Думой 20 нояб. 2009 г., одобрен Советом Федерации 25 нояб. 2009 г.). М.: Мин-во финансов РФ. Режим доступа: <http://www.minfin.ru>
7. Чупров Н.П. Экономическая оценка лесных ресурсов и лесных земель: учеб. пособие. Архангельск: ФГУ СевНИИЛХ, 2005. 184 с.

Поступила 04.02.11

A.V. Gorbunova

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

Perfection of Pre-Harvesting Assessment Technique of Rental Rates for Wood Sites

The Russian forest management system is economically unsteady, forestry is increasingly detrimental for the Federal budget. This paper presents evaluation of the Russian forest management system and shows the reasons of its economic unsteadiness. New approach to determination of rental rates for growing stock is set forward.

Key words: forest, wood raw materials, lease rate, rent, income, forest management, logging enterprises, wood processing enterprises, assessment.



КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 630.561.24

Н.А. Дружинин¹, Ф.Н. Дружинин², Ю.М. Жаворонков³

¹Вологодская региональная лаборатория СевНИИЛХ

²Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина

³Вологодский филиал Центра древесных экспертиз ООО «Здоровый лес»

Дружинин Николай Андреевич родился в 1945 г., окончил в 1973 г. Уральский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесного хозяйства ВГМХА им. Н.В. Верещагина, заведующий Вологодской региональной лабораторией СевНИИЛХ. Имеет более 100 печатных работ по ведению лесного хозяйства в насаждениях на торфяных и минеральных почвах, экологическим вопросам.

E-mail: drujinin@mail.ru



Жаворонков Юрий Михайлович родился в 1975 г., окончил в 1997 г. Вологодский государственный педагогический университет, аспирант заочной формы обучения ВГМХА им. Н.В. Верещагина, директор Вологодского филиала Центра древесных экспертиз ООО «Здоровый лес». Имеет 5 печатных работ в области дендрохронологии.

E-mail: zhum1975@mail.ru, vologda@zles.ru



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКОГО МЕТОДА ИССЛЕДОВАНИЯ В БОТАНИЧЕСКИХ СУДЕБНЫХ ЭКСПЕРТИЗАХ

Оценена возможность выявления однородности заготовленной или использованной в различных строениях и изделиях древесины с деревьями из мест, где производилась ее заготовка. Установлено, что использование дендрохронологических методов позволяет формировать надежную доказательную базу по широкому кругу вопросов.

Ключевые слова: дендрохронология, тип лесорастительных условий, радиальный прирост, пневые спилы, керны.

В лесах Российской Федерации при осуществлении государственного лесного контроля выявляется огромное количество случаев незаконных рубок. Контроль за незаконным оборотом древесины и повышение уровня раскрываемости преступлений можно проводить посредством ботанической судебной экспертизы с применением методов дендрохронологии, позволяющей достоверно устанавливать, когда и в каком месте было срублено то или иное дерево, группа деревьев.

© Дружинин Н.А., Дружинин Ф.Н., Жаворонков Ю.М., 2012

Дендрохронологические исследования имеют под собой научно-методическую и математическую базу, обеспеченную широким спектром статистических методов и процедур получения данных и оценки их достоверности с возможностью абсолютной и относительной датировки времени формирования годичных колец как у живых, так и отмерших или срубленных деревьев. Перекрестная датировка заключается в том, что радиальный прирост древесных растений в пределах конкретных лесорастительных условий с учетом зональности местоположения насаждений откладывается под действием экологических (климатические, орографические, эдафические, биотические, антропогенные, исторические) факторов [1, 4].

Каждому дереву в древостое характерен определенный радиальный прирост, однако годовые тренды (направления) прироста у всей совокупности деревьев одной породы изменяются согласованно не только в части сильных угнетений, приходящихся на годы с максимально неблагоприятными условиями для ростовых процессов древесины, но и в доминирующей части всей динамики, показанной в качестве примера на (рис. 1, *а*). При отсутствии синхронности в колебаниях ширины годичных приростов можно утверждать, что деревья не имеют однородности по условиям местопроизрастания (рис. 1, *б*).

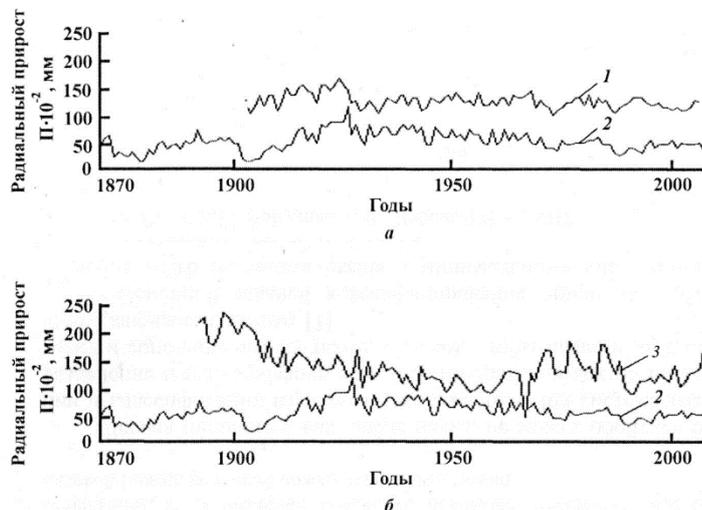


Рис. 1. Динамика средних значений радиального прироста у разных деревьев в одноименном (*а* – сосняк долгомошный) и разных (*б* – сосняк долгомошный и черничный) типах леса: 1, 2 – соответственно дерево № 1 и № 2 из сосняка долгомошника; 3 – дерево № 3 из сосняка черничного

Данная закономерность важна для выявления легально и нелегально заготовленной древесины. При расследовании преступлений по незаконным рубкам лесных насаждений проводятся оперативно-розыскные мероприятия и следственные действия с назначением комплекса судебных экспертиз. В их состав входит и ботаническая экспертиза с применением методов дендрохронологии на основе сходства (идентичности) хода динамики радиальных приростов исследуемой древесины и древесины с мест незаконной рубки, составляющих доказательную базу и повышающих эффективность расследования рассматриваемых преступлений.

Для выявления идентичности древесины с мест незаконной рубки деревьев и исследуемой (отобранной для экспертизы) древесины, а также последующего построения обобщенной хронологии со статистически достоверной выборкой отбирают 10 и более древесных образцов по каждому из объектов [1, 2]. Связано это с тем, что каждому дереву в древостое свойственна определенная чувствительность к факторам среды, которая связана с их индивидуальными биологическими характеристиками. Кроме чувствительности к факторам среды, обобщенные хронологии должны иметь высокие значения ряда других показателей [1, 3, 4]: коэффициентов синхронности, корреляции, перекрытия, комплексного индекса сходства, статистических характеристик.

Внутри обобщенных хронологий обязательно присутствует набор (сигнатура) реперных* (указательных) лет, связанных с экологическими факторами, оказавшими влияние на годичный прирост. Наиболее показательны годы с максимально неблагоприятными абиотическими (температура, осадки), биотическими (усиленное плодоношение, вспышка численности вредителей) и антропогенными (пожары, прокладка дорог, мелиоративных каналов) условиями, когда годичный прирост древесины резко падает, вплоть до выпавших колец.

Характерные признаки, обусловленные действием антропогенных факторов (пожары, лесохозяйственная деятельность на разных стадиях онтогенеза древостоев – рубки, строительство дорог и другие мероприятия), служат надежным индикатором при сравнительном анализе динамики радиального прироста по определению их групповой принадлежности (анализируемая древесина и место ее легальной или нелегальной заготовки). Бесспорную доказательную базу составляют образцы древесины от пней и срубленных деревьев, имеющих общую линию разделения (рис. 2, а), а также являющиеся частями одного дерева (рис. 2, б и в).

Основными признаками, используемыми в судебной дендрохронологии для индивидуального либо группового отождествления образцов древесины, могут служить:

* Под реперными годами понимают сезоны, в течение которых все или практически все (не менее 95 %) деревья реагируют на основные лимитирующие факторы одинаково.

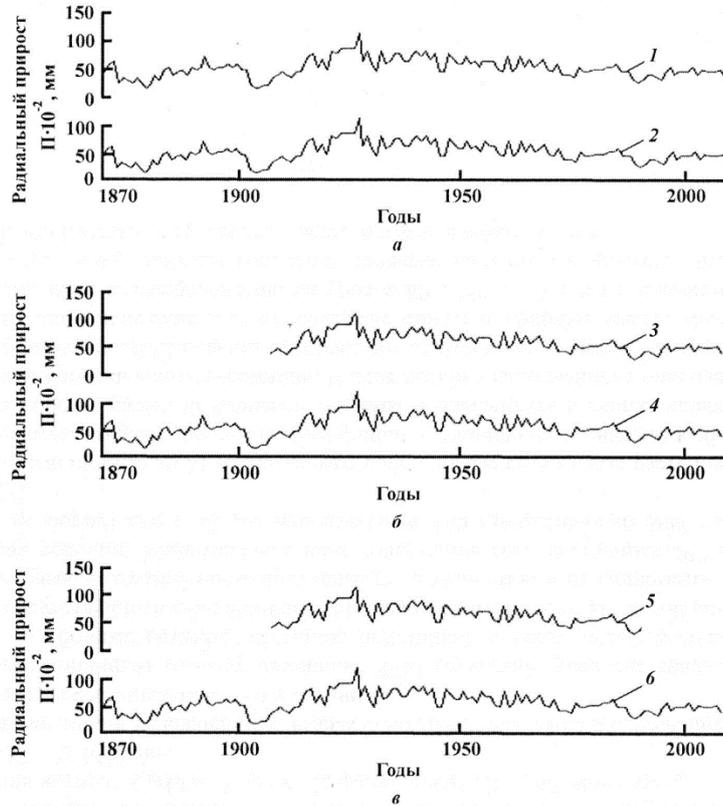


Рис. 2. Динамика средних значений радиального прироста образцов древесины, являющихся частями одного дерева: *а* – пень с делянки (2) и фрагмент ствола с общей линией разделения (1); *б* – пень с делянки (4) и фрагмент ствола без общей линии разделения (3); *в* – пень с делянки (6) и обрезная доска (5)

- 1) линии разделения на пне и комле дерева;
- 2) сходство годичных приростов на этих спилах;
- 3) фрагменты стволов, являющиеся частями одного дерева;
- 4) перекрестная датировка древесно-кольцевых приростов (хронологий) анализируемой древесины и древесных спилов (кернов) с мест рубки, имеющих достоверные статистические показатели по чувствительности к факторам среды, коэффициентам синхронности, корреляции, перекрытия, комплексному индексу сходства.

Таким образом, использование дендрохронологического метода исследования в ботанических экспертизах позволяет выявлять однородность древесины, заготовленной или использованной в различных строениях и изделиях, с деревьями из мест, где производилась ее заготовка.

Для сравнительного анализа (экспертизы) с местами легальной и нелегальной заготовки древесины могут использоваться образцы древесины различных пород, изъятые с транспортных средств и мест их складирования, от бревен, порубочных остатков, пиловочного сортимента, различных строений и изделий из древесины.

Основными видами дендрологических образцов (объектов экспертизы, включая контрольные образцы) могут быть целиковые спилы, фрагменты спилов, буровые керны с пней, хлыстов, сортиментов, деревянных строений и живых деревьев.

Применение дендрохронологического исследования дает возможность получить достоверные ответы на многие вопросы, часть из которых приведена ниже:

1. Произрастала ли группа исследуемых деревьев определенного вида в конкретном древостое, типе лесорастительных условий, регионе?
2. Не произрастали ли ранее деревья, образцы которых изъятые с транспортного средства (пилорамы, постройки и др.), на месте установленной незаконной рубки и имеют ли общую групповую принадлежность?
3. Не являлись ли ранее предоставленные на экспертизу образцы древесины частями ствола одного и того же дерева?
4. В каком календарном году, сезоне (зимний или летний периоды) или месяце вегетационного периода срублены исследуемые деревья?
5. На сколько лет позже/раньше была срублена одна группа деревьев по сравнению с другой на одной и той же лесосеке?
6. Когда (календарный год и сезон) погибла (прекратила рост) группа деревьев или определенное дерево?
7. Каким жизненным состоянием характеризовались деревья (дерево) на момент рубки (живые, жизнеспособные, сухостойные)?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методы дендрохронологии. Ч. I. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации: учеб.-метод. пособие / С.Г. Шиятов [и др.]; под ред. С.Г. Шиятова, Е.А. Ваганова. Красноярск: Изд-во КрасГУ, 2000. 80 с.
2. Розанов М.И. Дендрохронологический метод идентификации древесины // Криминалистика и судебная экспертиза. Вып. 2. К.: КиевНИИСЭ, 1965. С. 259–271.
3. Rinn F. TSAPWin Scientific v.4.67 c (2002): Reference Manual. Heidelberg, 2003. 44 p.
4. Schweingruber F. Tree rings end environment // Dendroecology. Paul Haupt: Berne-Stuttgart-Vienna, 1996. 609 p.

Поступила 27.06.11

N.A. Druzhinin¹, F.N. Druzhinin², Y.M. Zhavoronkov³

¹Head of the Vologda regional laboratory of the Northern Research Institute of Forestry

²The Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereshchagin

³The Federal State Budgetary Education Establishment of Higher Professional Education

**Application of the Dendrochronological Investigation Method
in Botanic Forensic Examinations**

The paper presents evaluation of possibility of revealing of harvested or processed wood conformity with corresponding harvesting areas. Application of the dendrochronological investigation methods allows to form a reliable evidential basis for wide range of cases.

Key words: dendrochronology, growth condition type, radial increment, stump cross-cut, core sample.

УДК 69.059.22

А.В. Карельский, Б.В. Лабудин, В.И. Мелехов

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

Карельский Александр Викторович родился в 1979 г., окончил в 2001 г. Архангельский государственный технический университет, старший преподаватель кафедры инженерных конструкций и архитектуры САФУ. Имеет 5 печатных работ в области исследования клееных деревянных конструкций.
E-mail: KAW_79@mail.ru



ТРЕБОВАНИЯ К НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ КЛЕЕНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Рассмотрены вопросы обеспечения надежности и безотказности большепролетных клееных деревянных конструкций в соответствии с требованиями Федерального закона «О безопасности зданий и сооружений».

Ключевые слова: безопасная эксплуатация, надежность, большепролетные клееные конструкции, федеральный закон.

Требования к надежности и безопасной эксплуатации зданий и сооружений устанавливает действующий Федеральный закон (ФЗ) «Технический регламент «О безопасности зданий и сооружений» [5].

Рассмотрим и проанализируем на предмет выполняемости отдельные требования ФЗ, касающиеся непосредственно обеспечения надежности и безотказности большепролетных клееных деревянных конструкций.

Требования механической безопасности (статья 7 [5])

«Конструкции и основания здания или сооружения должны обладать такими свойствами, чтобы при строительстве и эксплуатации не возникало угрозы причинения вреда жизни или здоровью людей и их имуществу, а также окружающей среде, жизни и здоровью животных в результате: разрушения отдельных несущих конструкций или их элементов; разрушения всего или части здания или сооружения».

Механическая безопасность отдельных несущих конструкций и их элементов для большепролетных сооружений из клееной древесины обеспечивается при соблюдении требований существующих норм и правил проектирования – СНиП II-25–80 [4], которые гарантируют безотказную работу каждого элемента системы на стадии проектирования и эксплуатации:

- при выполнении требований первой группы предельных состояний с учетом коэффициентов условий работы (обеспечение прочности и устойчивости) – п. 4[4];
- при соблюдении конструктивных требований по обеспечению надежности клееных деревянных конструкций (конструктивные меры и защитная

обработка древесины, обеспечивающие сохранность деревянных клееных конструкций при транспортировании, хранении и монтаже, а также долговечность их в процессе эксплуатации) – п. 6.35–6.44 [4].

Механическая безопасность всего или части здания или сооружения, в котором применяются большепролетные конструкции из клееной древесины, обеспечивается:

– при обеспечении механической безопасности составляющих здание или сооружение отдельных несущих конструкций (балки, фермы, колонны, рамы и т.д);

– при проектировании, конструировании и выполнении надежных узлов, стыков и соединений клееных деревянных конструкций, обеспечивающих совместную работу всех элементов зданий и сооружений при любых воздействиях. Основные требования к узлам заложены в п. 5 [4];

– при обеспечении пространственной жесткости здания или сооружения (пространственную жесткость и устойчивость деревянных конструкций обеспечивают постановкой горизонтальных и вертикальных связей).

Анализируя существующую нормативную базу по проектированию деревянных конструкций можно сделать вывод, что существуют нормы и правила, позволяющие в достаточно полном объеме при проектировании обеспечить требования ФЗ по механической безопасности применительно к большепролетным зданиям и сооружениям из клееной древесины.

Требования пожарной безопасности (статья 8 [5])

«Здание или сооружение должно быть спроектировано и построено таким образом, чтобы при эксплуатации в нем могли быть осуществлены мероприятия в соответствии с законодательством о пожарной безопасности, направленные на предотвращение возгорания, а в случае возникновения пожара устойчивость здания или сооружения, а также прочность несущих конструкций сохранялись в течение времени, необходимого для эвакуации людей и выполнения других действий, направленных на сокращение ущерба от пожара».

В настоящее время в Российской Федерации отсутствуют нормативы и правила, определяющие достаточные требования к проектированию большепролетных клееных деревянных конструкций с точки зрения их пожарной безопасности. Имеются отдельные документы, дающие общее представление об обеспечении пожарной безопасности деревянных конструкций [5, 6], причем в некоторых источниках отсутствует разделение клееной и цельной древесины по степени огнестойкости. Вследствие этого при проектировании клееных деревянных конструкций приходится использовать достаточно дорогостоящие защитные препараты, повышающие огнестойкость конструкций. На самом деле, клееные деревянные конструкции, а тем более массивные, отличаются существенной огнестойкостью и могут сохранять свою несущую способность в течение времени, достаточного для эвакуации людей. Например,

в Атласе деревянных конструкций [1], разработанном в ФРГ, указано, что в случае пожара несущая способность клееной балки будет обеспечена без защитной обработки поверхности древесины в течение 60 мин при минимальных размерах сечения балки 300×620 мм и напряжении 14 Н/мм².

На данный момент требуется разработать нормативные документы, регламентирующие обеспечение пожарной безопасности при проектировании большепролетных клееных деревянных конструкций.

Требования безопасности зданий и сооружений при сложных природных условиях (статья 9 [5])

«Здание или сооружение должно быть спроектировано и возведено так, чтобы при его эксплуатации опасные природные процессы и (или) техногенные воздействия не вызывали последствий, указанных в статье 7 ФЗ [5], и (или) иных событий, создающих угрозу причинения вреда жизни или здоровью людей, имуществу физических или юридических лиц, государственному и муниципальному имуществу, а также окружающей среде».

Требования по обеспечению безопасности зданий и сооружений при действии особых нагрузок и воздействий должны учитывать требования СНиП, регламентирующих рассматриваемые воздействия, и обеспечивать механическую безопасность зданий и сооружений.

Требования при возникновении запредельного воздействия (статья 15 [5])

«При проектировании здания или сооружения повышенного уровня ответственности должна быть учтена также аварийная расчетная ситуация, имеющая малую вероятность возникновения и небольшую продолжительность, но являющаяся весьма важной с точки зрения последствий достижения предельных состояний, которые могут возникнуть при этой ситуации (например, предельные состояния при ситуации, возникающей в связи с взрывом, столкновением, аварией оборудования, пожаром, а также непосредственно после отказа одной из несущих конструкций»).

К повышенному уровню ответственности относятся здания и сооружения, являющиеся в соответствии с Градостроительным кодексом РФ особо опасными, технически сложными или уникальными объектами капитального строительства.

Вопросы, касающиеся расчета конструкций на запредельные воздействия, приобретают большое значение. На сегодняшний день известно о появлении новых методик расчета некоторых железобетонных и стальных конструкций. Для большепролетных клееных деревянных конструкций (КДК) пока таких методик не существует и непонятно, как проектировщик должен обеспечивать выполнение требований ФЗ.

Задача расчета зданий и сооружений с применением большепролетных КДК на запредельные воздействия достаточно сложная. Во-первых, такие здания обычно выполняются с использованием нескольких материалов

(дерево, сталь, бетон), отказ каждого из которых следует учитывать; во-вторых, следует принимать во внимание накопление повреждений в КДК (биоповреждения, трещины по клеевым швам); в-третьих, необходимо учитывать упруго-податливые соединения КДК. Кроме того, существует еще достаточно большое количество других условий, влияющих на их работу.

При рассмотрении вопроса расчетов строительных конструкций на запределные воздействия выделим два понятия: прогрессирующее обрушение и живучесть. Под прогрессирующим обрушением понимается распространение начального (локального) повреждения в виде цепной реакции от элемента к элементу, которое приводит к обрушению всего сооружения или его части. При расчете конструкции мгновенно изымается несущий элемент и выполняется статический и динамический расчет системы. В расчете учитывается только локальное мгновенное повреждение одного элемента, что соответствует взрыву или столкновению. Однако такой расчет не учитывает накопления повреждений в конструкции, постепенное разрушение элемента, вероятность разрушения нескольких элементов и др. проблемы. Более уместно рассматривать расчеты строительных конструкций на запределные воздействия с точки зрения живучести системы. Живучесть – способность сооружения выполнять основные свои функции, несмотря на полученные повреждения. Анализ сооружения с точки зрения живучести может охватывать более широкий спектр задач по обеспечению безотказности системы при запроектных воздействиях, т.е. можно учитывать не только глобальные воздействия на систему, но и накопление локальных повреждений в системе и их влияние на надежность сооружения в целом.

Таким образом, анализируя ФЗ [5], можно сделать вывод, что в настоящее время, при существующей нормативной базе, для большепролетных КДК возможно выполнение требования только ст. 7 о механической безопасности сооружения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас деревянных конструкций / К.-Г. Гетц, Хоор Д., Меллер К., Наттерер Ю.; пер. с нем. Н.И. Александровой; под ред. В.В. Ермолова. М.: Стройиздат, 1985. 272 с.
2. Пособие по определению пределов огнестойкости конструкций, пределов распространения огня по конструкциям и групп возгораемости материалов (к СНиП II-2-80). Разраб. ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР. М., 1984.
3. Рекомендации по применению огнезащитных покрытий для деревянных конструкций. Разраб. ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР. М., 1983.
4. СНиП 11-25–80. Деревянные конструкции / Госстрой СССР. Взамен главы СНиП 11-В.4-71; введ. 01.01.82. М.: Стройиздат, 1982. 66 с.
5. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений от 30.12.2009 № 984-ФЗ // Рос. газ. – федер. вып. № 5079. Опубл. 31.12.2009.

Поступила 31.12.2010

A.V. Karelskiy, B.V. Labudin, V.I. Melekhov

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

Reliability Requirements for the Large-Span Laminated Wood Structural Elements

Aspects of safe and reliable operation of the large-span laminated wood structural elements in accordance with the appropriate Federal Law have been considered.

Key words: safe operation, reliability, large-span laminated wood structural elements, Federal Law.

УДК 628.336.4

К.С. Болотова, Е.В. Новожилов, В.К. Любов, А.В. Пластинин

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

Болотова Ксения Сергеевна родилась в 1982 г., окончила в 2005 г. Архангельский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры биотехнологии Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет около 10 печатных работ в области переработки и утилизации осадков сточных вод.
Тел.: 8(8182) 21-61-45



Любов Виктор Константинович родился в 1954 г., окончил в 1976 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой промышленной теплоэнергетики Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет более 190 публикаций в области совершенствования энергохозяйства промышленных предприятий.
Тел.: 8 (8182) 21-61-75



Пластинин Александр Викторович родился в 1947 г., окончил в 1969 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор экономических наук, профессор, директор Института экономики, финансов и бизнеса Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, чл.-корр. РАЕН. Имеет более 60 печатных работ в области экономики химико-лесного комплекса.
Тел.: 8(8182) 21-89-94



ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ БИОТОПЛИВА ИЗ ОТХОДОВ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Рассмотрен способ обезвоживания осадков сточных вод путем прессования в смеси с корой. Дана оценка теплотехнических характеристик полученного биотоплива, показана его высокая энергоэффективность.

Ключевые слова: биотопливо, осадок сточных вод, кора, обезвоживание, теплота сгорания.

Большинство предприятий химико-лесного комплекса утилизируют в качестве топлива кору и опилки. В целлюлозно-бумажной промышленности для этого применяют отходы, образующиеся при подготовке древесного сырья и химической переработке древесины (кора, опилки, отработанные щелока, осадки сточных вод). Хорошо налажена технология сжигания в топках энерготехнологических котлоагрегатов жидких отходов в виде отработанных щелоков, при этом наряду с выработкой энергии происходит регенерация химикатов. Основные проблемы энергетического использования отходов целлюлозно-бумажного производства связаны с их высокой влажностью.

© Болотова К.С., Новожилов Е.В., Любов В.К., Пластинин А.В., 2012

Все шире стали применять в качестве биотоплива такие крупнотоннажные отходы биологической очистки, как осадки сточных вод (ОСВ), основным компонентом которых является активный ил (АИ). Пригодность осадков к сжиганию определяется высоким содержанием органических веществ (до 80...90 % от сухих веществ АИ) [3].

Для снижения влажности и повышения энергетической ценности ОСВ, как правило, биомассу АИ механически обезвоживают на фильтр-прессах при давлении 0,2...0,5 МПа. Образование сильнооводненных слизей в процессе жизнедеятельности микроорганизмов, непостоянство компонентного и видового состава АИ существенно осложняют обезвоживание ОСВ. Из-за высокой влажности и недостаточной структурной прочности при приложении давления происходит растекание осадка и снижение эффективности отжима.

Чтобы улучшить обезвоживание ОСВ, используют флокулянты и коагулянты, эффективность которых не всегда оправдывает их высокую стоимость. Водоотдача осадков может быть усилена при введении в них добавок извести, шлака, золы, опилок, древесной муки [3]. Такая технология позволяет получить относительную влажность отпрессованного осадка (кека) в пределах 70...80 %, который по действующей на большинстве предприятий технологии или вывозится в отвал, или сжигается вместе с другими отходами.

Цель работы – анализ энергетической эффективности топлива на основе отходов ЦБП с учетом новых технологий их подготовки к сжиганию.

Энергетическое использование ОСВ применяется ограниченно, так как для эффективного сжигания осадков с получением дополнительного количества теплоты их влажность должна составлять примерно 50...60 % [3]. Альтернативными направлениями «дообезвоживания» ОСВ перед сжиганием являются термическая сушка и электроосмотическое обезвоживание [1, 2, 6, 7]. При этом для достижения влажности кека 55 % необходимое количество электроэнергии методом сушки и электроосмоса соответственно составляет около 2500 и порядка 100...400 кВт·ч на 1 т сухих веществ кека [2, 7].

По результатам исследований, проведенных в САФУ [4], был предложен высокоинтенсивный безреагентный способ обезвоживания кека, основанный на его прессовании с целлюлозосодержащими материалами, в частности с кородревесными отходами (КДО). Отходы окорки древесины, которые содержат в основном кору, являются трудно сжимаемым материалом. Короотжимные прессы, применяемые в производстве для обезвоживания КДО, развивают давление порядка 10...15 МПа.

Влажность кека после отжима в смеси с корой снижалась от 74...80 до 50...56 %. Таким образом, содержание влаги в кеке уменьшалось почти в 2 раза по сравнению с уровнем, достигнутым при мехобезвоживании на фильтр-прессах. Это обеспечивало увеличение удельной теплоты сгорания кека примерно в 1,6 раза.

Для реализации предлагаемого способа обезвоживания кека предложено использовать типовое оборудование отечественных и зарубежных производи-

телей. В ходе опытно-промышленных испытаний затраты электроэнергии на обезвоживание смеси ОСВ и КДО с учетом мощности и производительности барабанного короотжимного пресса составили 17 кВт·ч на 1 т сухих веществ кека. Обезвоживание кека путем прессования с КДО является энергосберегающим способом удаления влаги. При этом количество энергии, затрачиваемое на прессование кека, в 100 раз меньше, чем необходимо на его сушку, и в 5–20 раз меньше, чем требуется для обезвоживания кека методом электроосмоса.

Для оценки энергетической эффективности топлив различных видов введено понятие условного топлива, удельная теплота сгорания единицы массы которого составляет 29 330 кДж/кг, единицы объема – 29 330 кДж/м³ [5]. Теплота сгорания является основной теплотехнической характеристикой топлива, определяющей его энергетическую ценность.

Теплоту сгорания кека и его смесей с корой определяли сжиганием образцов в калориметрической установке В-08 МА в соответствии с ГОСТ 147–95. В результате теплотехнического анализа получали высшую теплоту сгорания, на основе ее рассчитывали низшую удельную теплоту сгорания на рабочую массу. Проводили по два параллельных измерения, погрешность определения теплоты сгорания составляла ±42 кДж/кг.

В расчетах удельную теплоту сгорания рабочей массы кека и коры принимали с учетом влажности материала. Зависимость удельной теплоты сгорания от влажности является линейной и описывается уравнением [6]

$$y = -0,2052x + 17,92$$

при величине достоверности аппроксимации $R^2 = 0,999$.

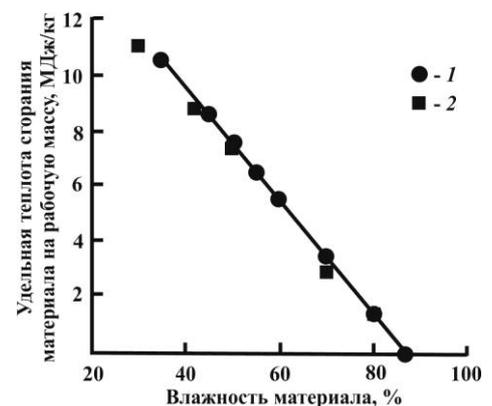
Графически эта зависимость приведена на рисунке.

Данное уравнение использовали в расчетах для определения низшей удельной теплоты сгорания материалов (на рабочую массу) при различной влажности.

По результатам теплотехнического анализа удельная теплота сгорания кека Архангельского ЦБК при его относительной влажности 80 % (действующая технология) составляет 0,6 МДж/кг,

а при влажности 50 % (предлагаемая технология) – 5,2 МДж/кг. Таким образом, прессование смесей кека с целлюлозосодержащими добавками обеспечивает увеличение теплоты сгорания кека на 4,6 МДж/кг.

Обезвоживание смесей кека с КДО до влажности 50...56 % позволит сократить объем вывозимого на полигоны



Зависимость удельной теплоты сгорания рабочей массы коры (1) и кека (2) от влажности материала

осадка или утилизировать такой материал в качестве биотоплива. Несомненно, что второй вариант является более предпочтительным.

Полученные нами экспериментальные данные показали, что дообезвоживание смеси кека с корой путем прессования позволит повысить долю кека при сохранении низкой влажности смеси после прессования. Например, увеличение доли кека в смеси с корой до 40 % по сухим веществам позволит полностью утилизировать весь кек, образующийся на предприятии.

Ориентировочный расчет эффективности данного способа проводили по результатам промышленных испытаний и на основании данных теплотехнических анализов кека и его смесей. В случае сжигания смеси, имеющей соотношение коры и кека 60 : 40 (по сухим веществам) и влажность 52 %, достигаемый экономический эффект будет в 1,3 раза больше по сравнению с действующей технологией. Внедрение способа прессования кека с корой на ЦБК обеспечит энергоэффективную утилизацию образующихся ОСВ путем сжигания. Кроме того, будут полностью исключены затраты предприятия на вывоз и складирование осадков сточных вод на полигонах и свалках.

Замена части невозобновляемых энергоресурсов (каменный уголь, природный газ, мазут) биотопливом на основе отходов ЦБП позволит сократить выбросы парниковых газов при одновременном увеличении производства товарной продукции. Энергетическое использование 1 т кека с относительной влажностью 50 % путем сжигания в топочной камере котлоагрегата обеспечит экономию около 0,18 т условного топлива, что примерно соответствует экономии 0,25 т каменного угля, или 0,11 т природного газа, или 0,13 т мазута.

Для более точной оценки экономической эффективности предлагаемой технологии и перспектив ее внедрения подготовлены исходные данные для расчета затрат на инвестиции и сравнение их с экономическим эффектом, что позволит определить NPV и IRR для условий реализации проекта в рамках конкретного ЦБК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Евилевич А.З., Евилевич М.А.* Утилизация осадков сточных вод. Л.: Стройиздат, Ленинг. отд., 1988. 248 с.
2. *Колесник Ю.В.* Инновационные технологии в обезвоживании осадков в целлюлозно-бумажной промышленности // Сб. докл. междунар. науч.-практ. конф. «Инновационные технологии для снижения воздействия целлюлозно-бумажных предприятий на окружающую среду», СПб., 7–9 апр. 2008. С. 75–86.
3. *Лаптев Л.Н., Чаплиев В.Н., Гришин В.Т.* Экология – приоритет технической политики // Целлюлоза. Бумага. Картон. 2004. №1. С. 82–83.
4. Обезвоживание осадков сточных вод целлюлозно-бумажного производства методом прессования / К.С. Болотова, Е.В. Новожилов, Д.Г. Чухчин, О.М. Соколов // Лесн. журн. 2009. № 2. С. 105–116. (Изв. высш. учеб. заведений).
5. Справочник лесохимика / М.И. Глухарева [и др.]. М.: Лесн. пром-сть, 1974. 376 с.

6. Туровский И.С. Обработка осадков сточных вод. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1982. 223 с.

7. Электрообезвоживание осадков сточных вод / Е.Н. Сердобольский, В.А. Бабкин, И.Ф. Новоженин, А.И. Герасимов // Бум. пром-сть. 1982. № 4. С. 21–22.

Поступила 20.10.11

K.S. Bolotova, E.V. Novozhilov, V.K. Lubov, A.V. Plastinin

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

Increasing of Energy Efficiency of Biofuel from Wastes of Pulp and Paper Production

Method of wastewater sludge dewatering by its combined pressing in mixture with bark was studied. Calorific capacity of the biofuel and its high energy efficiency was evaluated.

Key words: biofuel, wastewater sludge, bark, dewatering, calorific capacity.
