

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

1/343

2015

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

## **РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

**МЕЛЕХОВ В.И.** – гл. редактор, д-р техн. наук, проф. (Россия, Архангельск)  
**БАБИЧ Н.А.** – зам. гл. редактора, д-р с.-х. наук, проф. (Россия, Архангельск)  
**БОГОЛИЦЫН К.Г.** – зам. гл. редактора, д-р хим. наук, проф. (Россия, Архангельск)  
**БЕЛЯКОВА Р.В.** – отв. секретарь, засл. работник культуры РФ (Россия, Архангельск)

## **ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:**

**Бессчетнов В.П.**, д-р биол. наук, проф. (Россия, Нижний Новгород)  
**Ван Хайнинген А.**, д-р наук, проф. (США, Ороно)  
**Воронин А.В.**, д-р техн. наук, проф. (Россия, Петрозаводск)  
**Гельфанд Е.Д.**, д-р техн. наук, проф. (Россия, Архангельск)  
**Камусин А.А.**, д-р техн. наук, проф. (Россия, Москва)  
**Кищенко И.Т.**, д-р биол. наук, проф. (Россия, Петрозаводск)  
**Кожухов Н.И.**, д-р экон. наук, проф., академик РАН (Россия, Москва)  
**Куров В.С.**, д-р техн. наук, проф. (Россия, Санкт-Петербург)  
**Малыгин В.И.**, д-р техн. наук, проф. (Россия, Северодвинск)  
**Матвеева Р.Н.**, д-р с.-х. наук, проф. (Россия, Красноярск)  
**Мерзленко М.Д.**, д-р с.-х. наук, проф. (Россия, Москва)  
**Нимц П.**, д-р наук, проф. (Швейцария, Цюрих)  
**Обливин А.Н.**, д-р техн. наук, проф. (Россия, Москва)  
**Онегин В.И.**, д-р техн. наук, проф. (Россия, Санкт-Петербург)  
**Памфилов Е.А.**, д-р техн. наук, проф. (Россия, Брянск)  
**Романов Е.М.**, д-р с.-х. наук, проф. (Россия, Йошкар-Ола)  
**Рубцов М.В.**, д-р с.-х. наук, проф., чл.-корр. РАН (Россия, Москва)  
**Сакса Т.**, д-р с.-х. наук, ст. науч. сотр. (Финляндия, Хельсинки)  
**Санаев В.Г.**, д-р техн. наук, проф. (Россия, Москва)  
**Селиховкин А.В.**, д-р биол. наук, проф. (Россия, Санкт-Петербург)  
**Сергеевичев В.В.**, д-р техн. наук, проф. (Россия, Санкт-Петербург)  
**Сёренсен У.Я.**, проф. (Норвегия, Стейнхьер)  
**Сигурдссон Б.Д.**, д-р наук, проф. (Исландия, Хваннейри)  
**Тараканов А.М.**, д-р с.-х. наук, гл. науч. сотр. (Россия, Архангельск)  
**Хакимова Ф.Х.**, д-р техн. наук, проф. (Россия, Пермь)  
**Холуша О.**, д-р наук, проф. (Чехия, Брно)  
**Черная Н.В.**, д-р техн. наук, проф. (Белоруссия, Минск)  
**Черных В.Л.**, д-р с.-х. наук, проф. (Россия, Йошкар-Ола)  
**Ширнин Ю.А.**, д-р техн. наук, проф. (Россия, Йошкар-Ола)  
**Штукин С.С.**, д-р с.-х. наук, проф. (Белоруссия, Минск)  
**Энгельманн Х.-Д.**, проф., д-р инж. наук (Германия, Эмден)

## **ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА:**

**Бабич Н.А.** – председатель, д-р с.-х. наук, проф. (Россия, Архангельск)  
**Билей П.В.**, д-р техн. наук, проф., акад. ЛАН Украины (Украина, Львов)  
**Залесов С.В.**, д-р с.-х. наук, проф. (Россия, Екатеринбург)  
**Мясищев Д.Г.**, д-р техн. наук, проф. (Россия, Архангельск)  
**Наквасина Е.Н.**, д-р с.-х. наук, проф. (Россия, Архангельск)  
**Уголев Б.Н.**, д-р с.-х. наук, проф. (Россия, Москва)  
**Хабаров Ю.Г.**, д-р хим. наук, проф. (Россия, Архангельск)

---

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE RUSSIAN FEDERATION

---

NORTHERN (ARCTIC) FEDERAL UNIVERSITY  
NAMED AFTER M.V. LOMONOSOV

BULLETIN  
OF HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTIONS

---

# **Lesnoi Zhurnal**

**(Forestry journal)**

**Scientific journal**

Established in 1833  
Issued as part of the  
“Bulletin of Higher Educational Institutions” since 1958  
Published 6 times a year

1/343

2015

PUBLISHER: NORTHERN (ARCTIC)  
FEDERAL UNIVERSITY NAMED AFTER M.V. LOMONOSOV

### **EDITORIAL PANEL:**

**MELEKHOV V.I.** – Editor-in-Chief, Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Arkhangelsk)  
**BABICH N.A.** – Deputy Editor-in-Chief, Doctor of Agriculture, Prof. (Russia, Arkhangelsk)  
**BOGOLITSYN K.G.** – Deputy Editor-in-Chief, Doctor of Chemistry, Prof. (Russia, Arkhangelsk)  
**BELYAKOVA R.V.** – Executive Secretary, Honoured Worker of Culture of the Russian Federation (Russia, Arkhangelsk)

### **MEMBERS OF THE EDITORIAL PANEL:**

**Besschetnov V.P.**, Doctor of Biology, Prof. (Russia, Nizhny Novgorod)  
**Van Heiningen A.**, PhD, Prof. (USA, Orono)  
**Voronin A.V.**, Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Petrozavodsk)  
**Gelfand E.D.**, Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Arkhangelsk)  
**Kamusin A.A.**, Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Moscow)  
**Kishchenko I.T.**, Doctor of Biology, Prof. (Russia, Petrozavodsk)  
**Kozhukhov N.I.**, Doctor of Economics, Prof., Member of the Russian Academy of Sciences (Russia, Moscow)  
**Kurov V.S.**, Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Saint-Petersburg)  
**Malygin V.I.**, Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Severodvinsk)  
**Matveeva R.N.**, Doctor of Agriculture, Prof. (Russia, Krasnoyarsk)  
**Merzlenko M.D.**, Doctor of Agriculture, Prof. (Russia, Moscow)  
**Niemz P.**, PhD, Prof. (Switzerland, Zürich)  
**Oblivin A.N.**, Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Moscow)  
**Onegin V.I.**, Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Saint-Petersburg)  
**Pamfilov E.A.**, Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Bryansk)  
**Romanov E.M.**, Doctor of Agriculture, Prof. (Russia, Yoshkar-Ola)  
**Rubtsov M.V.**, Doctor of Agriculture, Prof., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences (Russia, Moscow)  
**Saksa T.**, Doctor of Agriculture, Senior Researcher (Finland, Helsinki)  
**Sanaev V.G.**, Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Moscow)  
**Selikhovkin A.V.**, Doctor of Biology, Prof. (Russia, Saint-Petersburg)  
**Sergeevichev V.V.**, Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Saint-Petersburg)  
**Sørensen O.J.**, PhD, Prof. (Norway, Steinkjer)  
**Sigurðsson B.D.**, PhD, Prof. (Iceland, Hvanneyri)  
**Tarakanov A.M.**, Doctor of Agriculture, Prof. (Russia, Arkhangelsk)  
**Khakimova F.Kh.**, Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Perm)  
**Holuša O.**, PhD, Prof. (Czech Republic, Brno)  
**Chernaya N.V.**, Doctor of Engineering, Professor (Belarus, Minsk)  
**Chernykh V.L.**, Doctor of Agriculture, Prof. (Russia, Yoshkar-Ola)  
**Shirnin Yu.A.**, Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Yoshkar-Ola)  
**Shtukin S.S.**, Doctor of Agriculture, Prof. (Belarus, Minsk)  
**Engelmann H.-D.**, Doctor of Engineering, Prof. (Germany, Emden)

### **MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD:**

**Babich N.A.** – Chairman, Doctor of Agriculture, Prof. (Russia, Arkhangelsk)  
**Biley P.V.**, Doctor of Engineering, Prof., Member of the National Academy of Sciences of Ukraine (Ukraine, Lviv)  
**Zalesov S.V.**, Doctor of Agriculture, Prof. (Russia, Yekaterinburg)  
**Myasishchev D.G.**, Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Arkhangelsk)  
**Nakvasina E.N.**, Doctor of Agriculture, Prof. (Russia, Arkhangelsk)  
**Ugolev B.N.**, Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Moscow)  
**Khabarov Yu.G.**, Doctor of Chemistry, Prof. (Russia, Arkhangelsk)

---



СОДЕРЖАНИЕ

*ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО*

<i>Ю.В. Лебедев.</i> Методология, принципы и практика оценки лесных экосистем...	9
<i>Н.А. Ахматович, А.В. Селиховкин, Н.Г. Магдеев.</i> Управление рисками в Республике Татарстан: вредители и болезни основных лесобразующих пород....	21
<i>Н.М. Дебков.</i> Количественные и качественные параметры возобновления под пологом древостоев, сформировавшихся из предварительных генераций...	35
<i>И.Д. Самсонова.</i> Оценка медоносных ресурсов на землях лесного фонда Ростовской области.....	45
<i>В.М. Ивонин, А.В. Тертерян.</i> Эрозия почвы во время ливней в производных лесах Северо-Западного Кавказа.....	54
<i>Н.Н. Чернов.</i> Биотектоника – методологическая основа исследования роста деревьев.....	62
<i>Я.Д. Фучило, А.Ю. Рябухин, М.В. Сбитная, В.Ю. Кайдык, С.В. Левин.</i> Естественное возобновление сосны обыкновенной в условиях Восточного Полесья Украины.....	71
<i>В.В. Старицын, В.В. Беляев.</i> Урожайность и содержание витамина С в бруснике ( <i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.) и чернике ( <i>Vaccinium myrtillus</i> L.) в пределах плесецкого тектонического узла.....	78

*ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ*

<i>А.М. Кочнев, А.Н. Юшков.</i> Обоснование методов определения показателей оценки эксплуатационной эффективности колесного трелевочного трактора.....	85
<i>А.Н. Заикин, Е.Г. Рыжикова.</i> Методика расчета продолжительности и оценки энергозатрат работы лесосечных машин.....	94

*МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ*

<i>Л.А. Губенко, М.Г. Хандов.</i> Оценка прочности на растяжение деревянных элементов при наличии сучков.....	103
<i>А.И. Агапов.</i> Оптимизация раскроя пиловочника больших размеров с выпиливанием трех брусьев и двух пар боковых досок.....	108
<i>В.В. Таратин.</i> Определение условий равновесия предмета переработки в системе СИД лесопильного агрегата.....	117

*ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ*

<i>В.М. Дробосюк, Г.К. Малиновская, Л.В. Литвинова.</i> Аэродинамическое формирование бумаги санитарно-гигиенического назначения.....	126
---	-----

<i>М.А. Пустынная, М.А. Гусакова, К.Г. Боголицын.</i> Региональные и возрастные изменения химического состава лигноуглеводной матрицы лиственной древесины (на примере осины <i>populus tremula</i> ).....	133
<i>В.П. Сиваков, В.И. Музыкантова, Ю.М. Гребеничиков.</i> Диагностирование засорения сит питателя высокого давления варочного котла.....	144
<i>КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ</i>	
<i>А.А. Горбунов, С.В. Третьяков.</i> Динамика отпада деревьев в смешанных среднетаежных осиновых насаждениях Архангельской области.....	152
<i>М.Д. Мерзленко, М.И. Захарова.</i> Влияние высоты сеянцев на рост сосны в лесных культурах.....	158
<i>КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ</i>	
<i>Е.Д. Гельфанд, В.И. Мелехов.</i> Актуальная и полезная книга.....	163
<i>Н.А. Бабич, П.Г. Мельник, И.В. Евдокимов.</i> Итоги конференции «Леса Евразии» в Вологде.....	165

---

---



CONTENTS

FORESTRY

<i>Yu.V. Lebedev.</i> Methodology, Principles and Practice of Forest's Ecosystems Estimation .....	9
<i>N.A. Akhmatovich, A.V. Selikhovkin, N.G. Magdeev.</i> Risk Management in the Republic of Tatarstan: Pests and Diseases of the Main Forest Forming Plants ....	21
<i>N.M. Debkov.</i> Quantitative and Qualitative Parameters of Renewal Under the Canopy of Forest Stand, Formed from Preliminary Generations.....	35
<i>I.D. Samsonova.</i> Evaluation of Nectariferous Resources on Forest Lands of the Rostov Region.....	45
<i>V.M. Ivonin, A.V. Terteryan.</i> Soil Erosion During Rainstorms in the Second Growth of the Northwest Caucasus.....	54
<i>N.N. Chernov.</i> Biotectonics – a Methodological Basis of Research of Forest Stands Growth.....	62
<i>Ya.D. Fuchilo, O.Yu. Ryabukhin, M.B. Sbitnaya, V.Y. Kaidyk, S.V. Levin.</i> The Natural Renewal of Scots Pine in Eastern Polissia Conditions of Ukraine.....	71
<i>V.V. Staritsyn, V.V. Belyaev.</i> Productivity and Vitamin C Content in Blueberry ( <i>Vaccinium Myrtillus</i> L.) and Cowberry ( <i>Vaccinium Vitis-Idaea</i> L.) in the Plesetsk Tectonic Centre.....	78

WOODEXPLOITATION

<i>A.M. Kochnev, A.N. Yushkov.</i> Substantiation of Identifying Methods of Assessment Ratings of Wheel Skidder Exploitation Efficiency.....	85
<i>A.N. Zaikin, E.G. Ryzhikova.</i> The Calculation Methodology of the Duration and Assessment of the Energy Requirement of the Stump-To-Roadside Equipment	94

MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOODSCIENCE

<i>L.A. Gubenko, M.G. Khandov.</i> Definition of the Strength Assessment of the Extension of Wooden Elements with Knots.....	103
<i>A.I. Agapov.</i> Optimization of Cutting of Large-Size Sawlog with Sawing Out of Three Square Beams and Two Pairs of Side Boards.....	108
<i>V.V. Taratin.</i> Finding the Equilibrium Conditions of the Processing Object in the Machine-Tool-Wood System of Sawmill Unit.....	117

CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD

<i>V.M. Drobosyuk, G. Malinovskaya, L. Litvinova.</i> Aerodynamic Forming of Tissue.....	126
<i>M.A. Pustynnaya, M.A. Gusakova, K.G. Bogolitsyn.</i> The Regional and Age-Related Changes of Hardwood Lignin-Carbohydrate Matrix Chemical Composition in Terms of Aspen ( <i>Populus Tremula</i> ).....	133

*V.P. Sivakov, V.I. Muzykantova, Yu.M. Grebeshchikov.* Diagnosing of a Sieve Choking of the High-Pressure Feeder of a Digester..... 144

*SUMMARIES AND EXCHANGE OF TEACHING*

*A.A. Gorbunov, S.V. Tretjakov.* Trees Mortality Dynamics in Mid-Taiga Mixed Aspen Stands in the Arkhangelsk Region..... 152

*M.D. Merslenko, M.Y. Zakharova.* The Influence of Seedlings Height on the Growth of Pine in Artificial Stands..... 158

*CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY*

*E.D. Gelfand, V.I. Melekhov.* Practical Book of Current Interest..... 163

*N.A. Babich, P.G. Melnik, I.V. Evdokimov.* Results of conference «Eurasia Forests» in Vologda..... 165

---

---





УДК 634\*09

## **МЕТОДОЛОГИЯ, ПРИНЦИПЫ И ПРАКТИКА ОЦЕНКИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ**

© *Ю.В. Лебедев, д-р техн. наук*

Уральский государственный лесотехнический институт, Сибирский тракт, 37, г. Екатеринбург, Россия, 620100; e-mail: taranova@ukr.net

Лесные экосистемы в настоящее время оценивают только по лесным ресурсам и некоторым экологическим функциям, их средоформирующий потенциал – через заданные коэффициенты. Методология оценки лесных экосистем включает принципы построения совокупности лесных благ в динамике их лесообразовательного процесса; формы представления экономических характеристик (показателей, критериев, эффектов) с учетом их пространственно-временной динамики; способы определения суммарной стоимости участков лесов в зависимости от их эколого-социальной и экономической значимости и правового статуса. Основные принципы оценки: представление участка леса как объекта эколого-экономической оценки; формирование совокупности натуральных показателей лесных благ (ресурсов и функций); обоснование экономических эквивалентов натуральных показателей лесных благ; построение критерия комплексной оценки участка леса. При этом лесные экосистемы рассматривают с трех позиций: как природное явление; как часть экономической сферы; как элемент правовой системы государства. Леса как природное явление при оценке представляют в виде экологической системы, как элемент экономической сферы их рассматривают в виде источника различных видов природных благ, развивающегося по определенным закономерностям лесообразовательного процесса с учетом антропогенных факторов. Критерием оценки лесных экосистем является дисконтированная величина рентного дохода в виде разницы между суммарным потенциальным экономическим эффектом от всех лесных благ за длительный период времени и расходами лесного хозяйства на воспроизводство, охрану и защиту лесов. Суммарный эффект рассчитывается с учетом динамики пространственно-временных функциональных связей отдельных компонентов и участков леса, характера природо- и лесопользования и дисконтирования денежных величин. Схема построения экономической оценки лесов соответствует разделению их на эксплуатационные и защитные, на категории защитности, на виды особо защитных участков лесов и леса на особо охраняемых природных территориях. Рассмотренные методология, принципы и практика эколого-экономической оценки лесов позволяют более достоверно, по сравнению с существующими подходами, определить общественную значимость лесных экосистем. Такие оценки являются научной основой разрешения (соединения) краткосрочных интересов индивидуальных лесо-

и природопользователей в максимизации дохода и долгосрочных предпочтений общества в сохранении природно-ресурсного потенциала лесных экосистем.

*Ключевые слова:* лесные ресурсы, средоформирующие функции, социальные функции, долговременный эффект, пространственные последствия, временная динамика, дисконтирование.

Исследования эколого-экономической оценки лесов ведутся как в нашей стране, так и за рубежом. Такие работы проводятся на экономическом и географическом факультетах МГУ, в Институте проблем рынка РАН, Институте географии РАН [7], Институте системного анализа РАН, Институте экологии растений и животных [1], Институте экономики УрО РАН, в вузах и отраслевых научных организациях (ВНИИЛМ).

Анализ публикаций, связанных с оценкой природных объектов и явлений, позволяет сделать вывод, что в работах по эколого-экономической оценке лесных экосистем вопросы определения значимости всего многообразия их общественно-полезных функций [5] в пространственно-временной динамике лесов, как правило, не рассматриваются. Обычно производится оценка только лесных ресурсов [6] и некоторых экологических функций леса [8], а средоформирующий (природный) потенциал лесов оценивается через заданные коэффициенты.

Разработка методологии и научных принципов комплексной эколого-экономической оценки лесов в рамках фундаментальных научных исследований проводилась в Институте леса УрО РАН в 1991–1998 гг. [4]. Полученные результаты были использованы при разработке многих нормативно-правовых актов по формированию рациональной системы лесных отношений в Свердловской, Пермской, Тюменской областях, Республике Удмуртия, Красноярском крае, Ханты-Мансийском округе в 1998–2002 гг. В последующем эколого-экономическую оценку лесов применили при разработке методологии рационального лесо- и природопользования в системе экологической безопасности регионов, обосновании Концепции экологически устойчивого развития территорий [3].

В общем понимании методология – это учение о принципах построения научного познания, в сфере оценки лесных экосистем – это учение о принципах построения совокупности природных благ оцениваемых объектов в динамике их природо(лесо)образовательного процесса; формах представления экономических характеристик различных видов природных благ (показателей, критериев, эффектов) оцениваемых участков лесов с учетом их пространственно-временной динамики; способах определения суммарной стоимости участков лесных земель (лесов) в зависимости от их эколого-социальной и экономической значимости и правового статуса.

В соответствии с данной методологией были сформулированы следующие основные принципы (основные исходные положения теории) оценки лесных экосистем:

четкое представление участка леса как объекта эколого-экономической оценки;

формирование совокупности натуральных показателей лесных благ (ресурсов и функций);

обоснование экономических эквивалентов натуральных показателей лесных благ;

построение критерия комплексной оценки участка леса.

При эколого-экономической оценке лесные экосистемы рассматривают с трех позиций:

как природное явление;

как элемент экономической сферы;

как объект правовой системы государства.

На практике важно учитывать все три составляющие. Так, в случае экономической оценки природных объектов только биологами результаты носят ярко выраженный экологический характер; экономический аспект здесь является вспомогательным [1]. В экономических работах по оценке лесов рассматривают укрупненный учет природных свойств объектов. В работах по официальной оценке лесов (Рослесхоз, 2000 г.; Росземкадастр, 2002 г.), где лес предстает как объект права, вообще игнорируются основополагающие экологические и экономические положения оценки природных объектов, явлений, процессов.

Характеристика лесов как природного явления служит для полного отражения всех их компонентов. Леса в данном случае представляются в виде экологической системы, состоящей из совокупности древесных, кустарниковых и травянистых растений, мохового и лишайникового покровов, опада, подстилки, почвы, животных и микроорганизмов, объединенных обменом веществ и потоками энергии и информации между собой и с другими компонентами природы (воздухом атмосферой, водой, горными породами), а также с обществом. Именно на этой стадии оценки осуществляется тесный научный контакт между биологическими (лесоведческими) и экономическими исследованиями. Здесь осуществляется «передача» научных результатов по биологии (лесоведению) для дальнейшего их использования в процессе экономической оценки.

Характеристика лесных экосистем как элемента экономической сферы является наиболее важной стадией оценки. Здесь на основе рассмотрения особенностей оцениваемой экологической системы строится описание с позиций ее роли в экономической сфере. В общем случае, как элемент экономической сферы, леса рассматриваются в виде источника различных видов природных благ, развивающегося по определенным закономерностям лесообразовательного процесса с учетом антропогенных факторов. К природным благам относятся лесные ресурсы и природные условия, выражающиеся в форме общественно-полезных функций, которые сводятся в группу средоформирующих, реализующихся в основном постоянно, и в группу социальных, реализующихся при конкретном социальном заказе. Дифференциация природных благ лесов представлена на рис. 1.

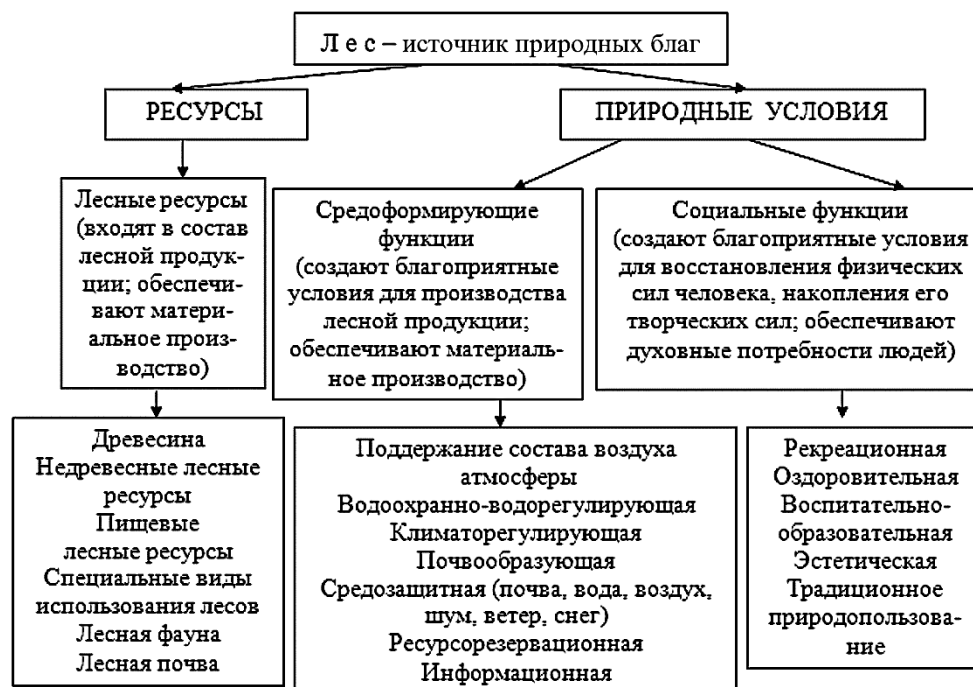


Рис. 1. Дифференциация природных благ лесов

Особенностями данной дифференциации является то, что она, во-первых, охватывает практически все природные блага, возможные для использования и оценки в данный и ближайший периоды времени, во-вторых, характеризуется с позиций экономики однотипным подходом, заключающимся в рассмотрении по каждой функции леса ее первичного эффекта.

Построение комплексной оценки участка леса с использованием различных эффектов (первичных, промежуточных, конечных) приводит к искажению сравнительной значимости отдельных видов лесных благ. Все природные блага характеризуются натуральными показателями и их экономическими эквивалентами. Ресурсный потенциал лесов в большей степени определяется запасами древесины. Натуральные показатели средоформирующего потенциала лесов определяют их биометрические характеристики и интенсивность биофизических процессов в экосистемах.

В качестве основных экономических эквивалентов натуральных показателей лесов в общем случае используются:

рыночные цены, образующиеся на рынке лесных ресурсов, а по средоформирующим функциям лесов – образующиеся при возникновении рынка купли-продажи прав на выбросы парниковых газов, а также рыночные цены на такие природные компоненты, как вода, почва, кислород и др.;

суммарные затраты на ведение лесного хозяйства;

рента, обусловленная положительным влиянием лесов на эффективность труда в общественном производстве или в конкретных отраслях производства.

Для экономических эквивалентов натуральных показателей конкретных средоформирующих функций лесов используют вред, предотвращаемый средоформирующими функциями лесов; «замещающие затраты», представляющие собой расходы на создание биологических и технических объектов, эквивалентных лесам по средоформирующему значению; «человеческий капитал» (стоимость «свободного времени»), определяющий степень повышения производительности труда людей в зависимости от значимости средоформирующих и социальных функций лесов.

Для экономических эквивалентов показателей социальных функций лесов (рекреационной, оздоровительной, эстетической) используют специальные характеристики, основанные на выявлении прямых отношений людей к значениям этих функций в зависимости от уровня социально-экономического состояния территории.

Величина комплексной (эколого-экономической) стоимости лесов выражается в виде значений специальных критериев, в качестве которых могут быть любые из натуральных показателей (например, запас древесины, количество поглощаемого из атмосферного воздуха углекислого газа, допустимые рекреационные нагрузки), любые из экономических эквивалентов (например, стоимость древесины, стоимость поглощаемого из атмосферы углекислого газа) или специально сформированные. Последний вид критериев основывается на натуральных и экономических показателях и учитывает временные факторы – динамику лесообразовательного процесса, характер лесопользования и дисконтирование денежных величин.

Существует три группы оценок природных объектов:

на основе затрат на создание новых лесов или повышение продуктивности существующих;

на основе народно-хозяйственного эффекта их использования;

эффект использования лесов учитывает и затраты на создание новых; этот принцип в большей степени отвечает задачам устойчивого управления лесами.

В последнее время в работах по экономике природопользования предлагаются косвенные подходы к экономической оценке природных ресурсов и природных услуг: альтернативная стоимость (упущенная выгода); общая экономическая ценность (прямая стоимость использования, косвенная стоимость использования, возможная стоимость, стоимость существования).

В наших работах [3, 4] критерием оценки лесных экосистем является дисконтированная величина рентного дохода в виде разницы между суммарным потенциальным экономическим эффектом от всех лесных благ за длительный период времени и расходами лесного хозяйства на воспроизводство, охрану и защиту лесов. В общем виде критерий оценки ( $\Xi$ ) представляет собой функциональную зависимость от суммы годовых эффектов  $R_i$  за  $n$  лет, опреде-

ляемых значениями натуральных показателей  $K_i$ , экономическими эквивалентами  $C_i$  и соответствующими затратами лесного хозяйства  $Z_i$  [2], которые, в свою очередь, зависят от моментов времени  $t_i$ :

$$\Theta = F \left( \sum_{i=1}^n R_i f(K_i, C_i, Z_i) t_i \right). \quad (1)$$

Суммарный эффект рассчитывается с учетом динамики пространственно-временных функциональных связей отдельных компонентов и участков леса, характера природо- и лесопользования и дисконтирования денежных величин.

Пространственный аспект в оценке лесов заключается главным образом в сменах коренных типов леса (в основном, хвойных лесов) производными (лиственными лесами).

Временной аспект в оценке лесов заключается в учете изменения во времени биометрических параметров лесонасаждений (высоты лесонасаждений, определяющих их климаторегулирующую роль; поверхности растений, определяющей их воздухоочистительную способность и др.), и интенсивности биологических процессов (фотосинтеза и прироста фитомассы, поглощения и преобразования газообразных и аэрозольных загрязнений атмосферы и др.).

Учет характера природо- и лесопользования в оценке лесов состоит в рассмотрении различных временных периодов изъятия (заготовки) определенных видов лесных ресурсов и реализации лесных услуг, а также изменения правового статуса участка лесных земель.

При оценке лесных земель необходимо точно определять следующие факторы:

- форму объекта оценки (древостой, лесонасаждение, лесная экосистема);
- объем объекта оценки (фактическое состояние, потенциально возможное, в частности, модальное или эталонное насаждение);
- длительность оцениваемого периода (с фактического момента оценки до заданного момента времени, с момента начала лесовосстановления до момента окончания оцениваемого периода).

По мнению экономистов, центральная и самая сложная проблема учета фактора времени при оценке природных комплексов – обоснование показателя дисконтирования. Анализ работ по экономике природопользования свидетельствует о целесообразности применения показателя дисконта при оценке лесов в зависимости от периода дисконтирования. Его значение будет находиться в интервале от 0,01...0,02 до 0,15...0,17 в зависимости от классов и групп возраста насаждений [4].

Оценка лесных ресурсов как лесных благ разового изъятия производится на основе исходной формулы сложных процентов и ее модификаций. При определенных условиях может использоваться и формула простых процентов. Отдельные случаи оценки ресурсов древесины на лесных землях приводятся в Методике государственной кадастровой оценки земель лесного фонда РФ (Росземкадастр, 2002 г.).

Для оценки средоформирующих функций лесов в качестве эффектов  $R_i$  в формуле (1) принимаются их суммарные годовые значения за последовательные классы (или группы) возраста  $R_i^0$ . За период одного оборота рубки леса (например, за 6 классов возраста) критерий оценки конкретной средоформирующей функции

$$\mathcal{E} = \sum_{i=1}^6 \frac{R_i^0}{(1 + P_i)^{t_i}} = \sum_{i=1}^n R_i^0 d_i, \quad (2)$$

где  $P_i$  – ставка дисконта для момента времени  $t_i$ ;

$d_i$  – коэффициент дисконтирования для момента времени  $t_i$ .

Значения эффектов  $R_i$  за последовательные классы возраста определяются в соответствии с гистограммами изменения биометрических параметров (высоты древостоев) и интенсивности биологических процессов (текущих приростов).

Графическая интерпретация определения эффектов  $R_i^0$  за последовательные классы возраста, их дисконтированных значений  $\mathcal{E}_i$  и суммарной величины  $\mathcal{E}$  приведена на рис. 2.

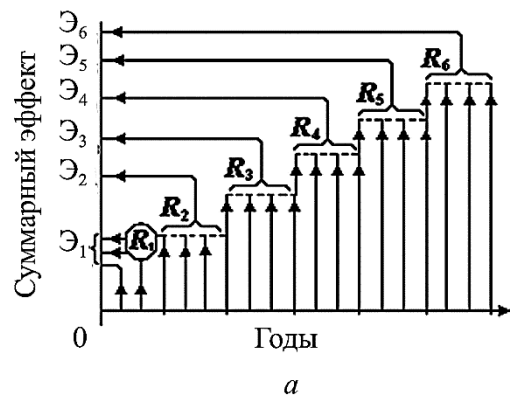
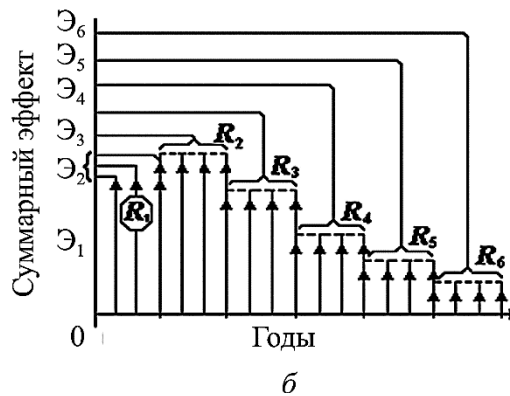


Рис. 2. Дисконтирование суммарных эффектов средоформирующих функций леса за последовательные периоды: а – эффекты, зависящие от высоты лесонасаждения; б – эффекты, зависящие от среднего текущего прироста древесины



Лес как объект правовой системы государства при оценке представляется в виде экологической системы, для каждого компонента которой установлены общеобязательные правила их использования и защиты. Важным моментом на данном этапе экономической оценки лесов является необходимость учета совокупности лесных благ, соответствующей правовому статусу оцениваемого участка леса.

Схема построения экономической оценки лесов соответствует разделению их на эксплуатационные и защитные, на категории защитности, на виды особо защитных участков леса и леса на особо охраняемых природных территориях.

Рассматривая леса как экологические системы, состоящие из различных компонентов (лесная растительность, лесные почвы, лесная фауна, сток воды в лесу), связанных между собой и с обществом обменом веществ и потоками энергии, считаем, что при экономической оценке эксплуатационных лесов необходимо учитывать не только их ресурсный потенциал, но и часть средоформирующих функций, присущих всей территории лесов: поддержание состава атмосферного воздуха, водоохранно-водорегулирующую, климаторегулирующую и почвообразующую функции. Тогда экономическая оценка участков лесных земель в эксплуатационных лесах будет равна сумме оценок этих видов лесных благ (лесных ресурсов, средоформирующих функций).

В защитных лесах стоимость лесных земель определяется правовым статусом лесов защитных категорий (видов) и статусом особо защитных участков леса. Степень выраженности средоформирующих функций этих участков леса зависит от конкретных экологических условий на данных территориях. Так, стоимость лесов в запретных полосах по берегам рек, озер, водохранилищ и других водных объектов дополнительно к стоимости эксплуатационных лесов включает стоимость еще почвозащитной и водоочистительной функций.

Стоимость роли чистых насаждений (р./га лесных земель) в поддержании состава воздуха атмосферы  $\mathcal{E}_a$  за период одного оборота рубки леса определяется по следующей формуле:

$$\mathcal{E}_a = \sum_{i=1}^n q_i W (1 + V_1 Y_{1i} + V_2 Y_{2i}) t_i (P_c \Pi_c + P_o \Pi_o) d_i, \quad (3)$$

где  $n$  – число групп возраста (молодняки, средневозрастные, приспевающие, спелые);

$q_i$  – текущий среднепериодический прирост стволовой древесины в  $i$ -й группе возраста, м<sup>3</sup>/га;

$W$  – плотность древесины в  $i$ -й группе возраста, т/м<sup>3</sup>;

$V_1, V_2$  – коэффициенты соизмерения прироста древесины пней и корней, сучьев и ветвей;

$Y_{1i}, Y_{2i}$  – коэффициенты соизмерения прироста фитомассы отдельных компонентов лесонасаждения по различным возрастным периодам;

$t_i$  – продолжительность  $i$ -й группы возраста, лет;



$P_c, P_o$  – интенсивность поглощения углекислого газа и выделения кислорода при образовании 1 т абсолютно сухой древесины, т/т;

$\Pi_c, \Pi_o$  – замещающие затраты при оценке данной функции леса, р./т;

$d_i$  – коэффициент дисконтирования для  $i$ -й группы возраста.

**Пример 1.** Определить стоимость роли леса в поддержании состава воздуха атмосферы при следующих его параметрах:  $q_1 = 3,2$  м<sup>2</sup>/га;  $q_2 = 2,6$  м<sup>2</sup>/га;  $q_3 = 1,5$  м<sup>2</sup>/га;  $q_4 = 1,4$  м<sup>2</sup>/га;  $W = 0,54$  т/м<sup>3</sup>;  $V_1 = 0,10$  и замещающих затратах  $P_c = P_o = 485$  р./т по (3):

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_a = & [(3,2 \times 0,54 (1 + 0,13 \times 0,8 + 0,10 \times 0,85) 40 \times 0,25 + 2,6 \times 0,54 \times \\ & \times (1 + 0,13 + 0,10) 40 \times 0,161 + 1,5 \times 0,54 (1 + 0,13 \times 0,8 + \\ & + 0,10 \times 0,9) 20 \times 0,142 + 1,4 \times 0,54 (1 + 0,13 \times 0,7 + \\ & + 0,10 \times 0,7) 20 \times 0,137)] (1,802 \times 485 + 1,389 \times 485) = 56\,964 \text{ р. / га.} \end{aligned}$$

Стоимость водоохранно-водорегулирующей роли лесов  $\mathcal{E}_b$  (р./га) определяется по среднегодовому приросту подземного стока как разница между фактическим стоком на лесопокрытом водосборе и теоретическим подземным стоком на безлесной территории. Наиболее выражен первичный эффект водорегулирующей роли лесов в летний период:

$$\mathcal{E}_b = \sum_{i=1}^n X \alpha K_1 \mu (C_1 K_2 K_3 K_4 - (1 - \beta) C_2) t_i r d_i, \quad (4)$$

где  $X$  – сумма осадков;

$\alpha$  – коэффициент речного стока;

$K_1$  – коэффициент заболоченности территории;

$\mu$  – доля (от 1) летних осадков в сумме годовых;

$C_1$  и  $C_2$  – коэффициенты подземной составляющей речного стока соответственно для данной лесопокрытой и безлесной территорий;

$K_2, K_3$  – коэффициенты, корректирующие соответственно возраст и класс бонитета насаждений;

$K_4$  – коэффициент, корректирующий полноту насаждений;

$\beta$  – коэффициент прироста осадков благодаря лесам;

$t_i$  – продолжительность  $i$ -й группы возраста, лет;

$r$  – стоимость (водная рента) 1 м<sup>3</sup> воды, р./м<sup>3</sup>.

**Пример 2.** Определить стоимость водоохранно-водорегулирующей роли леса на 1 га при следующих исходных данных: среднее количество осадков за год  $X = 800$  мм;  $\alpha = 0,14$ ;  $K_1 = 0,95$ ;  $\mu = 0,78$ ;  $\beta = 0,10$ ;  $C_1 = 0,85$ ,  $C_2 = 0,40$ ;  $K_2 = 1$ ;  $K_3 = 1$ ;  $K_4 = 1$ ;  $r = 13,8$  р./ м<sup>3</sup> по (4):

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_b = & [800 \times 0,14 \times 0,95 \times 0,78 (0,85 \times 0,28 \times 1 \times 1 - \\ & - (1 - 0,10) 0,40) 40 \times 0,250 + (0,85 \times 0,78 \times 1 \times 1 - \\ & - (1 - 0,10) 0,40) 40 \times 0,160 + (0,85 \times 0,92 \times 1 \times 1 - \\ & - (1 - 0,10) 0,20) 20 \times 0,142 + (0,85 \times 1 \times 1 \times 1 - \\ & - (1 - 0,10) 0,40) 20 \times 0,137] 13,8 = 44\,896 \text{ р./га.} \end{aligned}$$

**Шкала стоимости (тыс. р./ га) лесных земель в эксплуатационных лесах  
Свердловской области (Екатеринбургский лесокатастровый район;  
стоимость пересчитана с уровня 1999 г. на 2010 г.)**

Группа типов леса	Стоимость лесных ресурсов	Стоимость средоформирующих функций				Стоимость участка леса	
		поддержания состава воздуха атмосферы	водоохранно-водорегулирующая	климаторегулирующая	почвообразующая		
			<i>Сосна</i>				
Разнотравная	25,5	57,0	45,0	21,6	27,9	177	
Ягодниковая	24,0	54,0	42,0	21,6	27,0	168	
Брусничная	21,0	49,5	37,5	16,5	22,5	147	
Мшисто-хвощевая	14,1	35,1	26,4	10,5	12,9	99	
Сфагновая и травяно-болотная	9,3	19,2	16,2	6,6	8,4	60	
			<i>Ель</i>				
Разнотравная	15,6	47,7	35,7	18,0	24,8	141	
Травяно-зелено-мошная	14,6	45,0	33,0	15,9	21,9	132	
Крупнотравно-приручейная	14,1	37,5	28,8	13,8	16,8	111	
Мшисто-хвощевая	10,8	27,6	22,2	9,9	13,5	84	
			<i>Береза</i>				
Разнотравная	9,9	40,8	32,1	17,0	20,1	120	
Ягодниковая	6,9	38,1	29,1	13,8	17,1	105	
Мшисто-хвощевая	4,8	21,9	18,6	8,1	9,6	63	
Сфагновая и травяно-болотная	3,3	14,4	11,7	5,4	7,2	42	

В таблице приведены результаты расчетов стоимости участков эксплуатационных лесов на Среднем Урале (Постановление Правительства Свердловской области № 1265-ПП от 04.11.1999 г.).

Рассмотренные методология, принципы и практика эколого-экономической оценки лесов позволяют более достоверно по сравнению с существующими подходами определить общественную значимость лесных экосистем. Такие оценки являются фундаментальной основой разрешения (соединения) краткосрочных интересов индивидуальных лесо- и природопользователей в максимизации дохода и долгосрочных предпочтений общества в сохранении природно-ресурсного потенциала территорий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Большаков В.Н., Корытин Н.С., Кряжмский Ф.В., Шишмарев В.М.* Новый подход к оценке стоимости биотических компонентов экосистем. М.: Экология, 1998. № 5. С. 339–448.
2. *Кожухов Н.И.* Экономика воспроизводства лесных ресурсов. М.: Лесн. пром-сть, 1988. 262 с.
3. *Лебедев Ю.В.* Оценка лесных экосистем в экономике природопользования. Екатеринбург: УрО РАН, 2011. 574 с.
4. *Лебедев Ю.В., Копылова Ю.Ю., Потравный И.М.* Учет фактора времени при оценке долговременного эффекта средоформирующих функций леса // Экономика природопользования. 2003. №1. С. 32–43.
5. *Моисеев Н.А., Моисеева Т.И.* О взаимоотношениях человека, общества и природы // Лесн. хоз-во. 2009. № 1. С. 8–14.
6. *Петров А.П.* Лесной кадастр и стоимостная оценка лесных ресурсов // Лесн. хоз-во. 1996. № 2. С. 11–16.
7. *Тишков А.А.* Биосферные функции природных экосистем России. М.: Наука, 2005. 309 с.
8. *Туркевич И.В.* Кадастровая оценка лесов. М.: Лесн. пром-сть, 1977. 318 с.

Поступила 01.08.13

UDC 634.09

**Methodology, Principles and Practice of Forest's Ecosystems Estimation**

*Yu.V. Lebedev, Doctor of Engineering*

Ural State Forest Engineering University, Sibirsky tract, 37, Ekaterinburg, 620100, Russia; e-mail: taranova@ukr.net

Now forest ecosystems usually are estimated only by the forest resources and some ecological functions, and the environment- generating potential is estimated by the set factors. The methodology of forest ecosystems estimation includes the principles of construction of the forest goods set in their dynamics of forest-forming process; forms of representation of economic characteristics (indicators, criteria, effects) taking into account their spatio-temporal dynamics; ways of definition of total cost of forests sites depending on their environmental and social and economic importance and legal status. Main principles of forest ecosystems estimation: representation of a forest site as object of the environmental and economic estimation; formation of natural indicators set of the forest goods (resources and functions); the substantiation of economic equivalents of natural indicators of the forest goods; construction of complex estimation criterion of a forest site. Forest ecosystems at their estimation are considered from three positions: as natural phenomenon; as a part of economic sphere; as an element of legal system of the state. As the natural phenomenon forests at an estimation are represented in the form of ecological system. As an element to economic sphere they are considered in the form of a source of various natural goods, developing on certain regularities of forest-forming process taking into account anthropogenous factors. Criterion of forest ecosystems estimation is the discounted quantity of the rental income in the form of difference between total potential economic benefit of all forest goods for a long period of time and expenses of forestry on reproduction, preservation and protection of forests.

The total effect is calculated considering dynamics of the spatio-temporal functional connections of separate components and forest sites, character of nature- and forest- management and discounting of monetary quantity. The scheme of construction of an economic estimation of forests corresponds to their division on operational and protective, on protective categories, on types of especially protective forests sites and forests in especially protected natural territories. Considered methodology, principles and practice of the environmental and economic estimation of forests allow to define more authentically, in comparison with existing approaches, the public importance of forest ecosystems. Such estimations are a scientific basis of the permission (connection) of short-term interests of the individual forest-, nature users in income maximization and long-term preferences of a society in preservation of nature-resource potential of forest ecosystems.

*Keywords:* forest resources, environment-generating functions, social functions, long-term effect, spatial consequences, time dynamics, discounting.

#### REFERENCES

1. Bol'shakov V.N., Korytin N.S., Kryazhimskiy F.V., Shishmarev V.M. Novyy podkhod k otsenke stoimosti bioticheskikh komponentov ekosistem [New Approach to Estimated Value of the Biotic Components of Ecosystems]. *Ekologiya*, 1998, no. 5, pp. 339–448.
2. Kozhukhov N.I. *Ekonomika vosпроизводства lesnykh resursov* [Reproduction Economy of Forest Resources]. Moscow, 1988, 262 p.
3. Lebedev Yu.V. *Otsenka lesnykh ekosistem v ekonomike prirodopol'zovaniya* [Evaluation of Forest Ecosystem in the Economy of Nature]. Ekaterinburg, 2011, 574 p.
4. Lebedev Yu.V., Kopylova Yu.Yu., Potravnyy I.M. Uchet faktora vremeni pri otsenke dolgovremennogo effekta sredoformiruyushchikh funktsiy lesa [Time Factor in the Assessment of Long-Term Effect of Environment-Forming Functions of Forest]. *Ekonomika prirodopol'zovaniya*, 2003, no.1, pp. 32–43.
5. Moiseev N.A., Moiseeva T.I. O vzaimootnosheniyakh cheloveka, obshchestva i prirody [On the Relationships Between Human, Society and Nature]. *Lesnoe khozyaystvo*, 2009, no. 1, pp. 8–14.
6. Petrov A.P. Lesnoy kadastr i stoimostnaya otsenka lesnykh resursov [Forest Cadaster and Forest Valuation]. *Lesnoe khozyaystvo*, 1996, no. 2, pp. 11–16.
7. Tishkov A.A. *Biosfernye funktsii prirodnykh ekosistem Rossii* [Biospheric Functions of Natural Ecosystems in Russia]. Moscow, 2005, 309 p.
8. Turkevich I.V. *Kadastr ovaya otsenka lesov* [Cadastral Valuation of Forests]. *Lesnaya promyshlennost'*, 1977, 318 p.

Received on August 01, 2013

---

УДК 630\*4

## УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН: ВРЕДИТЕЛИ И БОЛЕЗНИ ОСНОВНЫХ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД

© *Н.А. Ахматович*<sup>1</sup>, канд. с.-х. наук, доц.

*А.В. Селиховкин*<sup>1,2</sup>, д-р биол. наук, проф.

*Н.Г. Магдеев*<sup>3</sup>, канд. полит. наук, министр

<sup>1</sup>С.-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, Институтский пер., 5, г. С.-Петербург, Россия, 194021; e-mail: akhmatovich.n.a@mail.ru

<sup>2</sup>С.-Петербургский государственный университет, Университетская наб., д. 7–9, г. С.-Петербург, Россия, 199034, e-mail: spbu@spbu.ru

<sup>3</sup>Министерство лесного хозяйства Республики Татарстан, пр. Ямашева, 37а, г. Казань, Россия, 420124; e-mail: minleshoz@tatar.ru

Проблема массового размножения вредителей и развития болезней древесных растений обострилась к настоящему времени, особенно, в центральных и южных районах России. Проанализируем ее на примере Республики Татарстан. В последние годы на территории республики наблюдается дефицит осадков и повышенная температура воздуха в течение вегетационного периода. Недостаток осадков в сочетании с антропогенной нагрузкой и загрязнением окружающей среды приводит к ослаблению насаждений, которые становятся благоприятной средой для последующего размножения вредителей и развития болезней. По сведениям Рослесозащиты в лесонасаждениях во всех частях республики (Предволжье, Предкамье, Закамье, Закамье Возвышенное) формируются очаги массового размножения насекомых-вредителей леса и патогенных организмов. На первом этапе исследования были получены и проанализированы сведения об основных видах вредителей и патогенов, формирующих очаги массового размножения и значимого повреждения основных лесобразующих пород, на втором этапе проведена верификация некоторых данных о видовом составе вредителей и возбудителей заболеваний древесных растений. Результаты обследования ельников показали, что в республике возникла вспышка массового размножения типографа. Очаг размножения начал развиваться в 2010 г. В 2011 г., судя по количеству старого сухостоя, типограф и, в меньшей степени, гравер уже имели высокую, но еще не катастрофическую численность. В 2012 г. площадь очагов превысила 3,5 тыс. га, численность жуков стала предельно большой, так как была использована основная часть кормовой базы. Таким образом, вспышка размножения вышла на максимальный уровень. Ситуация, сложившаяся в березовых насаждениях лесополос, является чрезвычайно опасной. Характерные признаки бактериальной водянки, многочисленные участки развития инфекции, не оставляют сомнений, что в данном случае выявлена эпифитотия бактериальной водянки. В процессе гибели берез накапливается инфекция, которой затем заражаются соседние участки.

*Ключевые слова:* очаги, вредители, болезни древесных растений, мониторинг.

### *Введение*

Жаркое лето 2010 г. было первым мощным сигналом неблагоприятных погодных изменений для лесных экосистем Центральной и Южной России. К настоящему времени в целом в Российской Федерации и, особенно, в ее

центральных и южных районах проблема массового размножения вредителей и развития болезней обострилась. Это связано с несколькими факторами, которые проанализированы на примере Республики Татарстан.

Лесистость в республике в среднем составляет 17,4 %, распределяется она по районам крайне неравномерно и колеблется от 2,8 до 41,0 %. Леса расположены в двух зонах: смешанных лесов и лесостепной. Преобладают мягколиственные породы. В республике проходит южная граница естественного распространения ели европейской, или обыкновенной (*Picea abies* (L.) Karst. (*P. excelsa* (Lam.) Link)) и пихты сибирской (*Abies sibirica* (Ledeb.)), северная граница естественного произрастания дуба черешчатого (*Quercus robur* (L.)) и северо-восточная граница ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior* (L.)). Хвойные насаждения занимают 24,6 % покрытой лесом площади, твердолиственные – 16,4 %, из них дубовые высокоствольные – 8,9 %, мягколиственные и кустарники – 59,0 %. Основные лесообразующие древесные породы представлены осиной, или тополем дрожащим (*Populus tremula* (L.)), липой мелколистной (*Tilia cordata* (Mill.)), березой бородавчатой, или повислой (*Betula pendula* (Roth.)), сосной обыкновенной (*Pinus silvestris* (L.)), дубом черешчатым. На молодняки приходится 25,7 % покрытой лесом площади, средневозрастные занимают 35,5 %, приспевающие – 15,5 %, спелые и перестойные – 23,3 %. Защитные и эксплуатационные примерно равны по площади [4, 7].

В Предволжском районе республики мало лесов, самые значительные массивы расположены в Кайбицком и Больше-Тарханском районах. Южная половина республики (Закамье, часть Предволжья) лежит в пределах степной зоны. К востоку от Волги чаще встречаются дубово-липовые леса, в Предкамье – сосновые леса, простирающиеся от Елабуги в Челнинский район. Сосновые боры расположены и на левом берегу Волги, до границы с Республикой Марий Эл. На водоразделах в Закамском возвышенном районе расположены самые большие по площади лесные массивы.

В последние годы на территории Республики Татарстан наблюдаются дефицит осадков и повышенная температура воздуха в течение вегетационного периода. Недостаток осадков, особенно, в сочетании с антропогенной нагрузкой и загрязнением окружающей среды приводит к ослаблению насаждений. Такие насаждения становятся благоприятной средой для последующего размножения вредителей и развития болезней. Увеличение суммы эффективных температур, т. е. температур, обеспечивающих развитие насекомых, является мощным ускоряющим фактором, особенно для развития непарного шелкопряда (*Lymantria dispar* (L.)) [5, 6] – одного из значимых вредителей леса в республике.

#### *Объекты и методика исследований*

Натурное обследование проводили\* в два этапа, в Арском и Пригородном лесхозах, имеющих самые большие по площади лесные массивы.

\* При содействии работников лесного хозяйства республики.

На первом этапе были получены и проанализированы сведения об основных видах вредителей и патогенов, формирующих очаги массового размножения и значимого повреждения основных лесообразующих пород республики, на втором этапе проведена верификация некоторых данных о видовом составе вредителей и возбудителей заболеваний древесных растений.

Методика исследований – стандартная для проведения лесопатологических обследований [8, 9]. Комплекс работ включал: рекогносцировочные работы, учет и определение видового состава вредителей и болезней [1, 11–13, 15], оценку состояния деревьев. Сведения о распределении очагов подготовлены директором филиала ФГУ «Рослесозащита» Н.З. Абдуллиным.

Ниже приведен перечень объектов.

*Арский лесхоз*

Объект 1. Сурнарское лесничество. Квартал 5, выдел 39, площадь – 2,6 га, лесные культуры – 7Е1П1С1Е, бонитет – 1, тип леса – С2, класс возраста – 2, полнота – 0,8, категория защитности – запретные полосы рек и водохранилищ, ельник.

Объект 2. Арское лесничество, Тукайское участковое лесничество. Квартал 61:

а) выделы 20, 21, 23–27, площадь – 13,0 га, постоянный лесосеменной участок ели европейской № 31, заложен в 1981–1986 гг., 10Е, бонитет – 1, тип леса – С3, класс возраста – 2, полнота – 1,0;

б) выдел – 19, площадь 18,0 га, географические культуры ели европейской, заложены в 1977 г., 10Е, бонитет – 1, тип леса – С2, класс возраста – 3, полнота – 0,9. Имеются 30 климатипов в 3 повторностях. Климатипы: Ленинградская, Псковская, Литовская, Могилевская, Ровенская, Закарпатская, Прикарпатская, Архангельская, Вологодская, Коми, Костромская, Кировская, Московская, Калининская, Калужская, Татарская, Удмуртская, Башкирская, Пермская, Свердловская, Тюменская, Львовская, Горьковская, Новгородская.

*Пригородный лесхоз*

Объект 3. Приволжские террасы. 8С1Д1Б+Ос, бонитет – 1, тип леса – Д3, класс возраста – 5, полнота – 0,7.

Объект 4. Матюшинское участковое лесничество. Квартал. 46, 8С1Б1Ос, бонитет – 1, тип леса – С2, класс возраста – 5, полнота – 0,7.

Объект 5. Столбищенское лесничество. Квартал 52. 8С2Б+Ос, бонитет – 1, тип леса – Д2, класс возраста – 6, полнота – 0,7.

Объект 6. Столбищенское лесничество. Квартал 59. Лесные культуры сосны, созданы в 1971 г. 10С, бонитет – 1, тип леса – Д3, класс возраста – 3, полнота – 0,8.

Объект 7. Столбищенское лесничество. Квартал 40. 10С, бонитет – 2, тип леса – В3, класс возраста – 3, полнота – 0,7.

Объект 8. Придорожная лесная защитная полоса у автотрассы Арск – Республика Мари Эл. 10Б, бонитет – 1, тип леса – С3, класс возраста – 3, полнота – 0,6.

## Результаты исследований

По сведениям Рослесозащиты в лесонасаждениях Татарстана формируются очаги массового размножения насекомых-вредителей леса и патогенных организмов, которые зафиксированы во всех частях республики (Предволжье, Предкамье, Закамье и Закамье Возвышенное).

В лиственных и хвойных насаждениях в целом преобладают очаги насекомых, на долю которых приходится 77 % площади очагов (табл.1). Особенно это характерно для лиственных насаждений с преобладанием осины, липы и дуба. В сосняках преобладают очаги, сформированные патогенными организмами.

Таблица 1

**Распределение площади очагов по древесным породам  
в Республике Татарстан (2012 г.)**

Древесная порода	Патогенные организмы		Насекомые-вредители		В сумме	
	га	%	га	%	га	%
Осина	6 001,0	100,0	0,0	0,0	6 001,0	100,0
Липа	5 538,9	100,0	0,0	0,0	5 538,9	100,0
Дуб	1 181,1	3,0	38 185,5	97,0	39 366,6	100,0
Береза	4 011,9	14,9	23 006,5	85,2	27 018,4	100,0
Сосна	2 609,4	86,0	424,6	14,0	3 040,0	100,0
Ель	174,6	4,7	3 587,3	85,3	3 761,9	100,0
<i>Всего</i>	19 516,9	23,0	65 209,9	77,0	84 726,8	100,0

По данным Рослесозащиты (табл. 2) для осины наибольшую опасность представляют трутовые грибы: ложный трутовик (*Fomes (Phellinus) igniarius* (L.) Gill.) и настоящий трутовик (*Fomes fomentarius* (L.:Fr.) Kickx). Для липы указано только наличие стволовых гнилей, однако не указаны виды дереворазрушающих грибов. Следует отметить, что в республике не отмечены очаги липовой моли пестрянки (*Lithocolletis issikii* (Kumata)), однако в соседнем регионе, в Удмуртии, они встречаются [2, 3]. В дубравах доминирует дубовая зеленая листовертка (*Tortrix viridana* (L.)) и непарный шелкопряд. Дубовая побеговая моль (*Stenolehia gemella* (L.)) на дубе встречается реже. В березняках преобладает непарный шелкопряд. В сосняках наиболее активна корневая губка (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.), в молодых насаждениях – восточный майский хрущ (*Melolontha hippocostani* (F.)). Сосновая губка (*Phellinus pini* (Brot.:Fr.) A. Ames), большой сосновый лубоед (*Tomicus piniperda* (L.)), рыжий сосновый пилильщик (*Neodiprion sertifer* (Geoff.)), сосновый подкорный клоп (*Aradus cinnamomeus* (Panz.)) отмечены на сосне в гораздо меньшем количестве и в сумме немного превышают 15 % от общего количества случаев обнаружения возбудителей заболеваний сосны. Сосновые лубоеды (*Tomicus* spp.), по данным Рослесозащиты, больших очагов не образуют, встречаются в нескольких лесничествах, формируя очаги на общей площади около 55,0 га. В ельниках доминируют короед-типограф (*Ips typographus* (L.)) и еловый обыкновенный пилильщик (*Pristiphora abietina* (Christ.)).



Таблица 2

**Распределение площади очагов по породам и видам патогенов  
и вредителей в лиственных насаждениях**

Древесная порода	Вид организма, заболевание	Площадь, га	Доля очагов, %
Осина	Ложный трутовик	5 305,6	88,41
	Настоящий трутовик	516,4	8,61
	Стволовая гниль	100,7	1,68
	Рак	78,3	1,30
Липа	Ложный трутовик	734,1	13,25
	Настоящий трутовик	90,5	1,64
	Стволовые гнили	4 714,3	85,11
Дуб	Ложный трутовик	353,3	0,90
	Стволовые гнили	827,8	2,10
	Непарный шелкопряд	10 214,1	25,95
	Дубовая побеговая моль	16,0	0,04
	Дубовая зеленая листовертка	27 955,4	71,0
Береза	Бактериальные заболевания	4 004,7	14,82
	Стволовые гнили	7,2	0,03
	Непарный шелкопряд	23 006,5	85,15
Сосна	Рак серянка	111,1	3,66
	Корневая губка	2 366,2	77,99
	Сосновая губка	132,1	4,35
	Большой сосновый лубоед	54,6	1,80
	Рыжий сосновый пилильщик	80,3	2,65
	Майский хрущ	200,9	6,62
	Сосновый подкорный клоп	88,8	2,93
Ель	Корневая гниль	108,1	2,87
	Стволовые гнили	66,5	1,79
	Типограф	1 863,8	49,54
	Большой сосновый лубоед*	61,0	1,62
	Еловый обыкновенный пилильщик	1 662,0	44,18

\*В материалах Рослесозащиты допущена очевидная ошибка в определении вида вредителя.

Натурное обследование объектов показало, что типограф действительно является серьезной проблемой для ельников Татарстана. В Сурнарском и Арском лесничествах сформировалась вспышка массового размножения типографа, которая может привести к гибели всех еловых насаждений на территории республики. В Сурнарском лесничестве (объект 1) примерно 85 % елового древостоя представляет собой свежий или старый сухостой. Доля свежего сухостоя – примерно 40 % от общего количества усохших деревьев.

Основным вредителем, заселявшим погибшие деревья, является короед-типограф (рис. 1).



Рис. 1. Усыхание деревьев ели в Арском лесничестве

На старом сухостое заселяются усачи рода *Monochamus* sp., но плотность поселения черных усачей низка и имеет значение только с точки зрения качества древесины, резко снижая потребительскую ценность сухостоя. Типограф в данном насаждении является абсолютно доминантным видом. При этом в очаге размножения наблюдаются активные попытки заселения типографа на здоровые деревья. Короедный запас текущего года (общее количество жуков молодого поколения, развившихся за прошедший вегетационный сезон) колеблется от 1,0 до 1,5 млн экз. жуков на 1 га при очень высокой энергии размножения (отношение количества жуков молодого поколения к количеству жуков родительского поколения). Среднее значение для обследованного участка – 6,5. Плотность поселения составляет 1,4 экз. жуков родительского поселения на 1 дм<sup>2</sup>. Эти показатели говорят о наличии активно развивающегося очага массового размножения типографа.

В Арском лесничестве (объект 2, выделы 19, 20 и 21) усохло примерно 70 % деревьев. Ели, имеющие диаметр на высоте груди 14 см и выше, заселены типографом. На таких деревьях типограф является абсолютно преобладающим видом. В структуре отпада преобладает свежий сухостой. Наблюдаются многочисленные попытки поселения на здоровых деревьях. Следует отметить, что заселенные участки культур ели представлены единым массивом (рис. 1), а не куртинами, т. е. активность популяции настолько высока, что различия в индивидуальной устойчивости деревьев не играют роли. Незаселенные деревья в очаге размножения практически отсутствуют.

Деревья, имеющие диаметр на высоте груди 14 см и меньше, заселены преимущественно гравером (*Pityogenes halcographus* (L.)). На деревьях, заселенных короедами, встречаются также вторичные поселения черных хвойных усачей.

На некоторых участках, находящихся на периферии выдела 19 (географические культуры), размножения типографа не наблюдается. Отмечены только попытки поселения.

Ситуация, сложившаяся в 61 квартале Тукайского участкового лесничества и в 5 квартале Сурнарского лесничества, чрезвычайно тревожная. Здесь также сформировался очаг массового размножения типографа (доминантный вид). Накоплен очень большой и агрессивный его запас.

В спелых сосновых древостоях, расположенных на Приволжских террасах (объект 3) наблюдается существенная доля усыхающих деревьев (от 15 до 35 %). При этом приблизительно 25 % усохших деревьев – свежий сухостой. Все обследованные деревья сосны заселены черными усачами, в основном черным сосновым усачом (*Monochamus galloprovincialis* (Oliv.)). Личинки находятся в древесине в состоянии диапаузы. Ходы большого и малого соснового лубоедов единичны, обнаружены в основном на старом сухостое. Под корой встречаются личинки усача-рагиума (*Rhagium* sp.), развивающиеся в лубе погибших деревьев.

На объекте 4 (Столбищенское лесничество, квартал 52) в спелом сосновом древостое также наблюдается значимый отпад сосны (около 10 % сухостойных деревьев). Как и на предыдущем объекте доминируют поселения черного соснового усача, иногда встречаются поселения сосновых лубоедов и усача-рагиума.

В спелых древостоях других лесничеств, особенно в Пригородном лесничестве, наблюдается значительное количество свежего сухостоя, расположенного группами по 2...5 деревьев. Это свидетельствует о том, что ситуация на объектах 3 и 4 характерна и для других лесничеств.

На объектах 5 и 6 (лесные культуры сосны, 40...60 лет) доля усохших деревьев еще больше (от 25 до 45 % древостоя). Структура заселения приблизительно такая же, как и в предыдущих случаях. Все обследованные деревья заселены черным сосновым усачем, поселения сосновых лубоедов единичны. Кроме того, в обследованном древостое значительная часть деревьев поражена корневой губкой (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) (видовая принадлежность патогена приведена по данным лесопатологической службы Татарстана).

На объекте 7 (березовые насаждения в лесополосе) было обследовано три участка с разной долей усыхания березы (от 30 до 90 %, на основной части обследованных участков полосы – более 70 %). Результаты обследования показали, что начало ослабления и деградации березового древостоя лесополосы связано с интенсивным развитием бактериальной водянки, отчетливые признаки появления которой наблюдались на большинстве деревьев (рис. 2).

По мере прогрессивной деградации древостоя появлялись различные виды грибов: настоящий трутовик (*Fomes fomentarius* (L.:Fr.) Kickx.), скошенный трутовик, или чага (*Inonotus obliquus* (Ach.exPers.) Pilat), стереум жестковолосистый (*Stereum hirsutum* (Fr.) ft), вешенка (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm) и др. Кроме перечисленных видов, можно ожидать наличие плоского трутовика (*Ganoderma applanatum* (Pat.)), березовой губки (*Piptoporus betulinus* (Bull) Karst.), окаймленного трутовика (*Fomitopsis pinicola* (Sw.ExFr.)), опенка (*Armillaria mellea* (Vahl.) Quel.). Кроме этого, отмечена высокая встречаемость березового заболонника и рогохвостов.



Рис. 2. Массовое поражение березовой лесополосы бактериальной водянкой

#### *Обсуждение и выводы*

Результаты обследования ельников показали, что в республике Татарстан возникла вспышка массового размножения типографа. Очаг размножения, по нашему мнению, начал развиваться в 2010 г. В 2011 г., судя по количеству старого сухостоя, типограф и, в меньшей степени, гравер уже имели высокую, но еще не катастрофическую численность. В 2012 г. площадь очагов превысила 3,5 тыс. га (см. табл. 1), численность жуков стала предельно большой, так как использована основная часть кормовой базы. Таким образом, вспышка размножения вышла на максимальный уровень. При этом, по данным лесозащиты, усыхание ельников началось уже 2010 г., но вплоть до 2012 г., по данным службы защиты леса, типограф не наблюдался, а гравер даже не упоминался.

Следует отметить, что по территории Республики Татарстан проходит южная граница ареала ели европейской. Большая часть насаждений ели представлена молодняками или жердняками. Типограф предпочитает развиваться в спелых и перестойных насаждениях, поселяясь в комлевой части ствола, поэтому такая кормовая база для него не очень подходит. Однако хвойные древостои в республике имеют первый бонитет, толстая кора формируется довольно рано. Еловые насаждения представлены высокополнотными чистыми ельниками. На начальной стадии развития очага санитарные рубки с соблюдением необходимых требований (сроки, удаление зараженной коры) или иные мероприятия по борьбе с вредителями (ловчие деревья, феромонные ловушки и т.п.) предприняты не были. В сочетании с высокой суммой эффективных температур эти факторы способствовали развитию вспышки.

Следует подчеркнуть, что в географических культурах ели некоторые климатипы не пострадали от типографа. Нам не удалось установить, какие именно климатипы остались неповрежденными. Это очень важный момент, на который в дальнейшем следует обратить пристальное внимание. Не исключено, что удастся выявить энтомоустойчивую форму ели.

Проведение сплошных санитарных рубок с жестким соблюдением нормативных сроков рубки и уничтожением коры – единственно возможная мера, которая может спасти еще сохранившиеся ельники. Последующее лесовосстановление целесообразно проводить смешанным составом пород с преобладанием лиственных. При этом возможно и использование ели, если удастся выявить устойчивый климатип.

Интересна ситуация с формированием очагов размножения черного усача. В данных лесопатологического мониторинга этот вредитель вообще не отмечен, а в качестве причины усыхания сосновых древостоев назывались сосновые лубоеды и корневая губка, т. е. наиболее традиционные патогены. Необходимо уточнить, что период развития черных усачей составляет 1...3 года. Следовательно, очаги размножения сформировались не менее чем 3...4 года назад. Все это время усыхание сосны относили на счет лубоедов и корневой губки. Корневая губка является одной из причин ослабления сосновых молодняков и жердняков, создавая благоприятную среду для размножения усачей, которые способствуют распространению возбудителей корневых гнилей. Но именно черный усач является решающим фактором гибели сосняков, которые и должны являться целевым объектом защитных мероприятий. В зависимости от степени повреждения древостоя они включают сплошные и выборочные санитарные рубки, проводящиеся с неукоснительным соблюдением технологии.

Ситуация, сложившаяся в березовых насаждениях лесополос, является чрезвычайно опасной. Характерные признаки бактериальной водянки, многочисленные участки развития инфекции не оставляют сомнений, что в данном случае мы имеем дело с эпифитотией бактериальной водянки. В процессе гибели берез накапливается инфекционное начало, затем заражаются соседние участки. Распространению и развитию бактериальной водянки способствуют также вспышки массового размножения насекомых филофагов, особенно непарного шелкопряда [10, 14]. В связи с этим необходимо проведение сплошной санитарной рубки и замена видового состава насаждения, а также вырубка не только погибших и деградировавших насаждений, но и примыкающих участков, имеющих признаки бактериоза. При последующем создании насаждений предложено исключить березу из состава насаждений и в дальнейшем, создавая лесополосы или иные насаждения на свободных от инфекции участках, использовать ее только в смешанных насаждениях. При этом доля березы в составе насаждения не должна превышать 20 %.

Лесопатологические обследования в Республике Татарстан проводятся в тридцати ГКУ «Лесничество» согласно приказу № 523 Рослесхоза от 29.12.2007 г. Филиал ФБУ «Российский центр защиты леса – Центр защиты

леса Республики Татарстан» ведет лесопатологический мониторинг в соответствии с Наставлением по организации и ведению лесопатологического мониторинга в лесах России, которое разработано Всероссийским научно-исследовательским институтом лесоводства и механизации лесного хозяйства в 2001 г. Однако приведенный выше анализ ситуации с размножением типографа, гравера, черного соснового усача и распространением бактериальной водянки выявил следующие проблемы в организации лесозащиты.

Во-первых, лесопатологический мониторинг носит весьма поверхностный характер, виды вредителей не всегда определяются правильно или не определяются вообще, состояние популяций не оценивается.

Во-вторых, система принятия решений и проведения мероприятий по борьбе с вредителями запаздывает. Особенно это характерно для проведения санитарных рубок, при организации которых имеются объективные трудности. В частности, существующая нормативно-правовая база не позволяет оперативно выделить средства на проведение рубок и своевременно привлекать подрядчика. Кроме того, общественность чрезвычайно болезненно реагирует на проведение каких бы то ни было рубок в лесодефицитных районах. Своевременное обнаружение очагов размножения вредителей затрудняет и отсутствие развитой сети лесных дорог.

В связи с этим необходимо уделить серьезное внимание выявлению реальных причин ослабления и гибели древостоев. Если отмечено усыхание или ослабление тех или иных пород, следует проводить детальное лесопатологическое обследование с привлечением квалифицированных специалистов. Первоочередные задачи лесопатологов при проведении такого обследования – установление видового состава патогенных организмов (видов насекомых-вредителей, возбудителей заболеваний деревьев) и состояния популяций. Если популяция имеет тенденцию к росту (высокая плодовитость, высокая численность, низкая смертность и т. п.), то необходимо проводить те или иные мероприятия по контролю плотности популяции. Эти задачи сформулированы в нормативных документах Рослесхоза. Их решение при наличии квалифицированных кадров и технического обеспечения не составляет проблемы. Однако следует отметить, что оперативное решение – краеугольный камень эффективности лесозащиты. От момента обнаружения поврежденного древостоя (если говорить о стволовых вредителях, то это, как правило, конец вегетационного сезона) до проведения истребительных мероприятий (например, санитарной рубки) должно пройти 8...10 мес. Это очень жесткие сроки, регламентирующие весь процесс буквально по дням. При этом несоблюдение сроков проведения рубок делает в некоторых случаях их не только не имеющими смысла, но и вредными, способствующими увеличению плотности популяции.

В связи с вышесказанным при организации лесопатологического мониторинга в Республике Татарстан необходимо ориентироваться в каждом районе на преобладающие и хозяйственно значимые лесные породы и

комплексы их вредителей и болезней. Постоянные пункты наблюдения следует организовывать не в рамках регулярной сети мониторинга, а располагать в наиболее типичных для данной территории местах. Не следует отказываться и от рекогносцировочного обследования, которое позволяет осмотреть значительные по площади участки лесных массивов. При этом необходимо фиксировать начальную и конечную точки маршрута для повторных обследований и получения регулярной информации. Работников лесного хозяйства целесообразно снабдить карманными справочниками с фотографиями и кратким описанием вредителей и болезней основных древесных пород Республики Татарстан.

В настоящее время в республике используются феромонные ловушки для типографа. Это эффективный метод мониторинга, который целесообразно использовать и в дальнейшем.

Эффективным инструментом в системе защиты леса являются ГИС-технологии. В Республике Татарстан сделаны существенные шаги в этом направлении: создан информационный центр, в котором сегодня разрабатываются ГИС-технологии для лесных ресурсов, что позволит использовать этот инструмент и для организации лесозащитных мероприятий, применять математические модели для прогнозирования развития вспышек массового размножения конкретных видов вредителей, ориентируясь на ситуацию в регионе. Конечно, все это потребует подготовки соответствующего персонала, прог-раммного обеспечения и вычислительной техники.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусев В.И., Римский-Корсаков М.Н. Определитель повреждений лесных и декоративных деревьев и кустарников европейской части СССР. Л.: Гослентехиздат, 1940. 587 с.

2. Ермолаев И.В., Зорин Д.А. Пороги вредоносности липовой моли пестрянки (*Phyllonorycter issikii* Kumata (Lepidoptera, Gracillariidae)) // Изв. СпбЛТА. Вып. 196. Спб.: СпбЛТА, 2011. С. 37–45.

3. Ермолаев И.В., Мотошкова Н.В. Биологическая инвазия липовой моли пестрянки (*Phyllonorycter issikii* Kumata (Lepidoptera, Gracillariidae): особенности взаимоотношения минера с кормовым растением // Энтомол. обозрение. 2008. Т. 87, № 1. С. 15–25.

4. Итоги работы Министерства лесного хозяйства Республики Татарстан в 2012 г. Казань: Мин-во лесн. хоз-ва Республики Татарстан, 2013. 50 с.

5. Киреева, И.М. Экология и физиология непарного шелкопряда. К.: Наук. думка, 1983. 380 с.

6. Клобуков Г.И. Влияние температурных условий на развитие гусениц непарного шелкопряда *Lymantria dispar* (L.) в очагах массового размножения // Изв. СпбЛТА. 2011. Вып. 196. С. 62–69.

7. Леса Татарстана: осины, липы и березы // ЛесПромИнформ. № 1 (67). М., 2010. С. 48–51.

8. Методы мониторинга вредителей и болезней леса // Болезни и вредители в лесах России: справ. Т. 3 / Под. ред. В.К. Тузова. М.: ВНИИЛМ, 2004. 200 с.

9. Мозолевская Е.Г., Катаев О.А., Соколова Э.С. Методы лесопатологического обследования очагов стволовых вредителей и болезней леса. М.: Лесн. пром-сть, 1984. 152 с.
10. Пономарев В.И., Толкач О.В., Клобуков Г.И. Связь дефолиации березовых древостоев с непарным шелкопрядом (*Lymantria dispar* L.) с заболеваемостью бактериальной водянойкой // Изв СПбЛТА. Вып. 202. СПб.: СПбЛТА, 2013. С. 74–85.
11. Ролл-Хансен Ф., Ролл-Хансен Х. Болезни лесных деревьев / Под ред. В.А. Соловьева. СПб.: СПбЛТА, 1998. 120 с.
12. Спесивцев П.Н. Определитель короедов Европейской части СССР. М.; Л.: Госсельхозиздат, 1931. 103 с.
13. Старк В.Н. Фауна СССР. Жесткокрылые. Т. XXXI. Короеды. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1952. 461 с.
14. Шелуха В.П., Сидоров В.А. Бактериальная водянка березы и эффективность мероприятий по борьбе с ней в насаждениях зон смешанных и широколиственных лесов. Брянск: БГИТА, 2009. 117 с.
15. Яценковский А.В. Определитель короедов по повреждениям. М.; Л.: Сельхозгиз, 1930. 206 с.

Поступила 07.04.14

UDC 630.4+453+595.7

### **Risk Management in the Republic of Tatarstan: Pests and Diseases of the Main Forest Forming Plants**

*N.A. Akhmatovich*<sup>1</sup>, *Candidate of Agriculture, Associate Professor*

*A.V. Selikhovkin*<sup>1,2</sup>, *Doctor of Biology, Professor*

*N.G. Magdeev*<sup>3</sup>, *Candidate of Politics, Minister*

<sup>1</sup>Saint Petersburg State Forest Technical University under name of S.M.Kirov, Institutskiy per, 5, Saint-Petersburg, 194021, Russia; e-mail: akhmatovich.n.a@mail.ru

<sup>2</sup>Saint Petersburg State University, Universitetskaya nab., 7–9, St. Petersburg, 199034, Russia; e-mail: spbu@spbu.ru

<sup>3</sup>Ministry of forestry of the Republic of Tatarstan, Yamasheva, 37a, Kazan, 420124, Russia; e-mail: minleshoz@tatar.ru

The problem of mass breeding of pests and disease development of woody plants has escalated to the present time, especially in the central and southern regions of Russia. This is due to several factors, analyzed on the example of the Republic of Tatarstan. In recent years, deficient rainfall and high air temperature during the growing season are observed in the Republic. Lack of precipitation weakens plants, especially when combined with anthropogenic impact and pollution. Such plantations are a favorable environment for further development of pests and diseases. According to the Forest Protection Service in forest stands of Republic mass insect forest pests and pathogens are formed, which are recorded in all parts of the Republic: in the Predvolzh'ye, Predkam'ye, Zakam'ye and Zakam'ye Vozvyshennoe. At the first stage of study were obtained and analyzed information on the main types of pests and pathogens, forming pockets of mass reproduction and significant damage of major tree species of the Republic of Tatarstan. On the second stage - verification of some data on the species composition of pests and pathogens of diseases



of woody plants was realized. Survey results of spruce forests have shown that in the Republic an outbreak of mass reproduction beetle is emerged. Breeding areas began to develop in 2010. In 2011, judging by the amount of old dead wood, typographer and, to a lesser degree, engraver, already had a high, but not catastrophic population. In 2012, the area of lesions exceeded 3.5 hectares and the amount of beetles became too large, because was used the bulk of forage resources. Flash breeding thus reached the maximum. The situation in the birch stands belts is extremely dangerous. Typical signs of bacterial dropsy, large sites of infection, leave no doubt that in this case is dealt with epiphytoxics of bacterial dropsy. In the process of birch death builds infectious beginning, and then the neighboring areas are infected.

*Keywords:* outbreaks, insect pests, wood diseases, monitoring

#### REFERENCES

1. Gusev V.I., Rimskiy-Korsakov M.N. *Opredelitel' povrezhdeniy lesnykh i dekorativnykh derev'ev i kustarnikov evropeyskoy chasti SSSR* [Damage Determinant of Forest and Ornamental Trees and Shrubs of the European Part of the USSR]. Leningrad, 1940. 587 p.
2. Ermolaev I.V., Zorin D.A. Porogi vredonosnosti lipovoy moli pestryanki (Phyllonorycter issikii Kumata (Lepidoptera, Gracillariidae) [Damage Thresholds of Linden Moth]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii*, 2011, iss. 196, pp. 37–45.
3. Ermolaev I.V., Motoshkova N.V. Biologicheskaya invaziya lipovoy moli pestryanki (Phyllonorycter issikii Kumata (Lepidoptera, Gracillariidae); osobennosti vzaimootnosheniya minera s kormovym rasteniyem [Biological Invasion of Linden Moth; Relationship Features of Miner with Host Plants]. *Entomol. Obozreniye*, 2008, vol. 87, no. 1, pp. 15–25.
4. *Itogi raboty Ministerstva lesnogo khozyaystva Respubliki Tatarstan v 2012 godu* [Results of the Ministry of Forestry of the Republic of Tatarstan in 2012]. Kazan, 2013. 50 p.
5. Kireeva I.M. *Ekologiya i fiziologiya neparnogo shelkopryada* [Ecology and Physiology of the Gypsy Moth]. Kiev, 1983. 380 p.
6. Klobukov G. I. Vliyanie temperaturnykh usloviy na razvitie gusenits neparnogo shelkopryada *Lymantria dispar* (L.) v ochagakh massovogo razmnozheniya [Effect of Temperature Conditions on the Development of Gypsy Moth Caterpillars *Lymantria Dispar* (L.) in the Centers of Mass Reproduction]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii*, 2011, iss. 196, pp. 62–69.
7. Lesa Tatarstana: osiny, lipy i berezy [Tatarstan Forests: Aspens, Birches and Basswoods]. *Lesnaya promyshlennost' Inform*, Moscow, 2010, no. 1, pp. 48–51.
8. Tuzova V.K. Metody monitoringa vreditel'ey i bolezney lesa [Methods for Monitoring of Forest Pests and Diseases]. *Bolezni i vrediteli v lesakh Rossii* [Diseases and Pests in the Forests of Russia]. Moscow, 2004, vol. 3. 200 p.
9. Mozolevskaya E.G., Kataev O.A., Sokolova E.S. *Metody lesopatologicheskogo obsledovaniya ochagov stvolovykh vreditel'ey i bolezney lesa* [Methods of Forest Pathology Examination of Stem Centers of Forest Pests and Diseases]. Moscow, 1984. 152 p.
10. Ponomarev V.I., Tolkach O.V., Klobukov G.I. Svyaz' defoliatsii berezovykh drevostoev s neparnym shelkopryadom (*Lymantria dispar* L.) s zabolevaemost'yu

bakterial'noy vodyankoy [Defoliation Connection of Birch Stands with the Gypsy Moth (*Lymantia Dispar* L.) with an Incidence of Bacterial Dropsy]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii*, 2013, pp. 74–85.

11. Roll-Khansen F., Roll-Khansen Kh. *Bolezni lesnykh derev'ev* [Diseases of Forest Trees]. St. Petersburg, 1998. 120 p.

12. Spesivtsev P.N. *Opredelitel' koroedov Evropeyskoy chasti SSSR* [Bark Beetles Determinant in the European Part of the USSR]. Moscow, Leningrad, 1931. 103 p.

13. Stark V.N. *Fauna SSSR. Zhestkokrylye* [Fauna of the USSR. Beetles]. *Koroedy* [Bark Beetles]. Moscow, Leningrad, Vol. XXXI, 1952. 461 p.

14. Shelukho V.P., Sidorov V.A. *Bakterial'naya vodyanka berezy i effektivnost' meropriyatiy po bor'be s ney v nasazhdeniyakh zon smeshannykh i shirokolistvennykh lesov* [Bacterial Dropsy of Birch and Effectiveness of Control Measures in Plantations of Mixed and Large-Leaved Forests]. Bryansk, 2009. 117 p.

15. Yatsentkovskiy A.V. *Opredelitel' koroedov po povrezhdeniyam* [Bark Beetles Determinant on Damages]. Moscow, Leningrad, 1930. 206 p.

Received on April 07, 2014

---

---

УДК 630\*231.1

## **КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВОЗОБНОВЛЕНИЯ ПОД ПОЛОГОМ ДРЕВОСТОЕВ, СФОРМИРОВАВШИХСЯ ИЗ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ ГЕНЕРАЦИЙ**

© *Н.М. Дебков, канд. с.-х. наук, ст. преп.*

Национальный исследовательский Томский государственный университет, пр. Ленина, 36,  
г. Томск, Россия, 634050; e-mail: nikitadebkov@yandex.ru

Официальная статистика показывает, что наиболее распространенным и оптимальным способом восстановления лесов является естественный. Наиболее эффективно сохранение молодого поколения леса предварительных генераций. Началом применения этого способа при механизированных лесозаготовках является середина XX в., т. е. сейчас эти насаждения достигают возраста спелости. Исследования проведены в границах Томской области, расположенной в южной тайге Западной Сибири. Полученные результаты свидетельствуют о том, что состав подроста аналогичен составу древостоя. Однако в высокополнотных насаждениях (0,80 и выше) пихта проявляет доминирование по отношению к другим породам, причем наблюдается выраженная динамика в разрезе типов леса: в мелкотравно-зеленомошном, зеленомошном и папоротниковом типах леса доминирует подрост пихты, в травяно-болотном и разнотравном – ели. Под пологом преобладает мелкий и средний подрост высотой до 1,0...1,5 м и возрастом 10...15 лет во всех типах леса. При этом для мелкотравно-зеленомошного и зеленомошного типов леса характерна равномерная встречаемость, для папоротникового, травяно-болотного и разнотравного – неравномерная. Жизнеспособность подроста неудовлетворительная, его популяции ослаблены. Вариабельность густоты велика и зависит от типа леса: от 1...2 тыс. шт./га в травяных типах до 3...8 тыс. шт./га в зеленомошных. Сравнительный анализ выявил, что в мелкотравно-зеленомошном и зеленомошном типах леса показатели густоты естественного возобновления вполне удовлетворительны, что позволяет рекомендовать в них рубки с сохранением подроста, в разнотравном и травяно-болотном типах леса возможно комбинированное лесовосстановление. Для папоротникового типа леса необходима исключительно посадка лесных культур.

*Ключевые слова:* жизнеспособность возобновления, насаждения из подроста, возобновление под пологом леса, лесовосстановительный потенциал.

### *Введение*

В преддверии конференции ООН «РИО+20» Всемирным фондом дикой природы был опубликован доклад «Живая Планета», согласно которому с 2000 г. площадь мировых лесов ежегодно уменьшалась на 13 млн га [11]. В Российской Федерации ситуация с лесоистреблением в плане уменьшения лесопокрытой площади не стоит так остро. Однако существует проблема деградации лесов, выражающаяся в смене продуктивных хозяйственно-ценных хвойных и широколиственных древостоев низкопродуктивными малоценными

ми мягколиственными. Причина этого явления заключается в некачественном восстановлении вырубок, особенно в таежной зоне. В то же время по данным Федерального агентства лесного хозяйства в 2011 г. около 80 % вырубок восстановлены с помощью мер содействия естественному возобновлению, в том числе путем сохранения подроста предварительных генераций [10]. Вопрос обеспеченности насаждений подпологовым возобновлением в различных условиях достаточно хорошо освещен в специальной литературе [2, 9], однако существует пробел в отношении древостоев, сформировавшихся из сохраненного подроста. Кроме количественных характеристик, важную роль играют качественные, особенно жизнеспособность возобновления. Актуальность данного вопроса обусловлена тем, что с начала масштабных работ по сбережению молодняка при лесозаготовке прошло более полувека, и насаждения из подроста приспевают к рубке [6].

#### *Материалы и методы*

На фоне изложенного выше возникает правомерный вопрос об использовании естественных возобновительных процессов, протекающих под пологом леса, с целью восстановления вырубок автохтонными хвойными породами. В связи с этим нами были проведены лесотаксационные работы в насаждениях, сформировавшихся из сохраненного подроста и тонкомера на вырубках 35–50-летней давности в пределах южной тайги Томской области. Начиная с 1960-х гг., но более масштабно в 1969–1971 гг., на территории Калтайского участкового лесничества Тимирязевского лесничества ОГУ «Томское управление лесами» разрабатывались лесосеки по технологии «узких лент». Площадь, пройденная рубкой, составила немногим более 3 тыс. га. Подрост сохранен на 64 % площади. В рубку поступали спелые, преимущественно разновозрастные темнохвойно-кедровые древостои примерного состава 4П2Е1К2Б1Ос, зеленомошных и разнотравных типов леса с запасами древесины 260...380 м<sup>3</sup>/га, где до рубки находилось 3...8 тыс. шт./га молодого поколения хвойных пород. Примерный состав подпологового возобновления 7П2Е1К+Б в разных вариациях. После лесозаготовок, осуществлявшихся трактором ТДТ-40 трелевкой за вершины, сохранилось 1,5...2,8 тыс. шт./га молодняка.

Исследования проведены методом временных пробных площадей (ПП) (табл. 1). Отвод, таксация и обработка данных ПП производились общеизвестными способами, изложенными в специальной литературе, в соответствии с требованиями ОСТ 56-69-83 [5]. При отводе пробных площадей соблюдались все условия, обеспечивающие высокую достоверность полученных результатов. На всех ПП площадью, обеспечивающей наличие деревьев основного компонента леса в количестве не менее 200 шт., проведена перечислительная таксация способом сплошного перечета древостоя на высоте 1,3 м в абсолютных значениях с точностью до 1 мм с помощью металлической мерной вилки (всего обмерено 8,2 тыс. деревьев).

Таблица 1

## Характеристика древостоев, сформировавшихся из сохраненного подростка и тонкомера

№ ПП	Давность рубки, лет	Состав	Высота, м	Диаметр, см	Возраст, лет	Полнота	Класс бонитета	Густота, шт./га	Запас, м <sup>3</sup>
<i>Мелкостволо-зеленомошный тип леса</i>									
1	45	4П1Е1К4Ос+С, Б	18,6±0,1	16,5±0,2	63,8±1,9	0,89	II.6	1294	297
7	39	5Е2К2П1Б+С	15,5±0,2	15,7±0,4	69,4±1,4	0,97	III.8	1296	214
11	45	3П2Е1К4Б ед. С, Лц	14,7±0,2	12,3±0,2	51,1±0,8	0,90	III.0	1736	208
12	42	2П2Е1К4Б1Ос+С	18,1±0,3	14,8±0,4	59,4±1,5	0,79	II.5	1335	264
15	37	4Е3С1П2Б+К, Ос ед. Лц	16,8±0,3	17,3±0,5	64,7±1,6	0,79	III.2	887	221
21	47	6К2П1Е1Б	14,7±0,1	16,7±0,4	57,9±1,2	0,98	III.5	961	197
23	38	4Е2П1К3Б ед. С	11,5±0,1	10,6±0,2	42,3±1,1	0,86	III.3	1985	135
<i>Зеленомошный тип леса</i>									
4	38	4П2Е2К2Б	13,7±0,1	12,5±0,3	55,1±1,5	0,72	III.7	1387	164
10	36	4К3Е3Б+С, Лц ед. П, Ос	14,4±0,1	14,7±0,4	56,9±0,8	0,96	III.6	1126	180
16	40	4Е4П1К1Б	12,3±0,1	12,3±0,2	52,0±1,3	0,94	III.9	1889	166
<i>Папоротниковый тип леса</i>									
2	49	3П2Е5Б+К	19,6±0,2	18,2±0,2	62,7±2,3	0,58	II.2	737	211
18	49	3П2Е1К4Б	19,9±0,1	18,1±0,4	69,1±2,9	0,66	II.5	867	256
22	48	5П2Е3Б ед. К	20,7±0,1	19,3±0,5	69,6±2,0	0,70	II.3	818	274
<i>Травяно-болотный тип леса</i>									
5	42	5Е2П1К1Лц1Б	15,8±0,3	16,1±0,5	69,8±1,5	0,59	III.8	785	173
6	38	5Е5Б+П, К, Лц	13,3±0,2	11,5±0,3	49,3±0,1	0,68	III.4	1461	150
8	39	5Е1Лц1К3Б+П	13,4±0,2	11,6±0,3	48,8±1,6	0,73	III.4	1558	139
14	38	4Е1К1П1Лц3Б	12,1±0,2	11,1±0,2	42,3±0,8	0,75	III.2	1540	125
<i>Разнотравный тип леса</i>									
9	38	6Е1П3Б+К, ед. Лц, С	15,5±0,2	15,6±0,5	55,5±0,9	0,64	III.0	814	161
13	39	4Е3Лц1К2Б+П	19,3±0,6	16,5±0,6	56,1±2,0	0,77	I.9	1041	292
19	48	2П2Е1К4Б1Ос	17,2±0,2	14,9±0,4	54,0±1,5	0,70	II.2	1093	209
24	37	7Е1К2Б+П ед. Лц	15,6±0,2	15,0±0,5	70,8±2,5	0,63	III.9	975	166

На основании перечетов проводили отбор модельных деревьев – в среднем 30 шт. на ПП (количество от 22 до 38 шт. зависело от породного состава и строения по толщине древостоя). Всего было спилено и обмерено по стандартной методике 617 модельных деревьев кедра (К), ели (Е), пихты (П), березы (Б) и осины (Ос). Объем ствола определяли по сложной формуле Губера для срединных сечений. Было заложено 24 ПП в пяти наиболее распространенных типах леса: мелкотравно-зеленомошном, зеленомошном, разнотравном, травяно-болотном и папоротниковом.

Естественное возобновление изучали в соответствии с методическими указаниями А.В. Побединского [7]. Учетные площадки равномерно размещали по пробной площади в количестве 30 шт., радиусом 1,78 м (площадь – 10 м<sup>2</sup>). Перечет подроста производили с определением породы, высоты, диаметра и жизненного состояния, при этом отмечали пространственную локализацию (пасека или волок). Разделение естественного возобновления на категории по жизненному состоянию (благонадежный, сомнительный, неблагонадежный, сухой) давали в соответствии с «Правилами лесовосстановления» [8].

К всходам относили экземпляры высотой до 10 см. Материал обрабатывали стандартными статистическими методами. Жизненное состояние популяций подроста рассчитывали по методике В.А. Алексеева [1]:

$$C = (100n_1 + 70n_2 + 30n_3)/N,$$

где  $C$  – показатель жизненного состояния популяции подроста;

$n_1, n_2, n_3$  – количество благонадежного, сомнительного и неблагонадежного подроста;

$N$  – общее количество подроста, включая сухой.

При  $C = 100...80$  % ценопопуляция подроста считается здоровой, при 79...50 % – ослабленной, при 49...20 % – сильно ослабленной, при 19 % и ниже – разрушенной. Данный показатель рассчитывали как для всей популяции, так и по категориям крупности.

#### *Результаты и обсуждение*

Проанализировав структуру породного состава подпологового возобновления, можно отметить, что она повторяет состав материнского древостоя (табл. 2). Более того, в большинстве случаев сохраняются даже пропорции. Однако бывают исключения, когда в верхнем пологе преобладает ель и кедр, но под пологом доминирует подрост пихты. Например, участвуя в сложении древостоя на позиции соэдификатора или даже в качестве примеси на ПП № 5–10, 13–15, 21, 23, 24, пихта составляет значительную часть естественного возобновления, подтверждая свою большую теневыносливость относительно других пород. Немаловажен тот факт, что полнота насаждений в этих случаях составляет 0,8 или выше, что является пределом адаптационных возможностей для подроста ели и кедра. Усредненный состав возобновления в мелкотравно-зеленомошном типе леса – 54П30Е11К+Б ед. Ос, в зеленомошном – 35П33Е14К7Б+С, Ос ед. Лц, в папоротниковом – 63П35Е+К, в травяно-болотном – 59Е36П11Б+К, в разнотравном – 45П45Е6К+Б ед. Ос. Таким образом, в мелкотравно-зеленомошном, зеленомошном и папоротниковом типах леса доминирует подрост пихты, а в травяно-болотном и разнотравном – ели.

Таблица 2

## Таксационная структура естественного возобновления под пологом древостоев, сформировавшихся из сохранившегося подростка и тонкомера

№ ПП	Состав	Высота, м	Диаметр*, см	Возраст, лет	Встречаемость, %	Общее количество всходов и подростка, тыс. шт./га	Количество благонадёжного подростка, тыс. шт./га
<i>Мелкотравно-зеленомошный (МЗМ) тип леса</i>							
1	7П2Е1К	0,55±0,02	0,75±0,04	10,7±1,0	80	19,8±5,4	9,7±2,4
7	5П4Е1К+Б ед. Ос	0,36±0,06	0,64±0,11	10,1±1,4	80	17,8±3,7	5,5±1,4
11	7П2Е1К+Б	0,51±0,04	0,66±0,03	5,6±0,8	80	56,3±18,7	22,5±8,5
12	7П1К1Е1Ос	0,53±0,06	0,74±0,06	8,9±1,0	60	8,2±2,3	4,7±1,4
15	7Е2П1К ед. С, Б, Ос	0,83±0,07	0,96±0,07	10,9±1,2	73	9,0±2,4	5,1±1,5
21	6П3Е1К+Б ед. Ос	0,73±0,05	0,92±0,06	9,6±1,1	93	15,6±3,1	7,1±1,4
23	4П3Е2К1Б ед. С	2,59±0,22	2,42±0,18	19,2±2,2	90	5,2±1,0	2,6±0,3
<i>Зеленомошный (ЗМ) тип леса</i>							
4	5П3Е1К1Б ед. Ос	0,99±0,10	1,09±0,09	11,9±1,4	97	22,4±4,6	11,6±2,5
10	4Е2К2П1Б1С+Ос, Лщ	2,15±0,20	2,10±0,17	18,5±2,8	83	4,2±0,7	2,6±0,5
16	5П4Е1К+Б ед. Лщ	2,56±0,28	2,62±0,22	25,3±3,5	80	4,1±0,9	1,6±0,2
<i>Полоротниковый (ПП) тип леса</i>							
2	7П3Е	0,46±0,05	0,67±0,06	9,2±1,0	44	3,0±1,0	1,6±0,6
18	6П4Е+К	0,58±0,05	0,81±0,06	9,1±0,9	70	3,7±0,7	2,4±0,5
22	6П4Е	0,63±0,07	0,92±0,10	10,1±1,1	37	2,5±0,7	1,3±0,4
<i>Травяно-болотный (ТБ) тип леса</i>							
5	5Е4П1Б+К	1,13±0,07	1,14±0,05	13,8±1,7	83	9,9±1,7	3,0±467
6	6Е3П1Б+К	3,23±0,35	2,95±0,27	27,3±3,3	63	2,6±0,4	1,3±259
8	8Е1П1Б+К	0,79±0,08	0,93±0,07	10,1±1,4	60	2,8±0,4	0,9±175
14	6Е3П1Б+К	2,35±0,30	2,22±0,24	17,2±2,1	63	3,2±0,7	1,5±306
<i>Разнотравный (РТР) тип леса</i>							
9	5Е4П1К ед. Б	0,74±0,14	0,91±0,13	8,9±1,0	27	2,8±1,3	1,5±0,7
13	6П4Е+К ед. Б	1,25±0,18	1,85±0,24	14,4±1,6	57	2,3±0,4	1,0±0,2
19	7П2Е1К	0,58±0,06	0,83±0,08	8,8±0,9	70	5,4±1,2	3,0±0,7
24	6Е2П1Б1К ед. Ос	1,02±0,10	1,10±0,09	9,1±1,0	70	13,2±3,1	4,7±1,1

\* Измерен штангенциркулем у корневой шейки.

Анализ распределения подполовых генераций по категориям высот показал, что в составе возобновления преобладает подрост высотой до 1,0...1,5 м. Однако в зависимости от типа леса цифры разнятся. В частности, в мелкотравно-зеленомошном типе леса такого подроста от 78 до 92 %, в зеленомошном – 72 %, в папоротниковом – 84...97 %, в травяно-болотном – 74 %, в разнотравном – 78...91 %. Также встречаются насаждения, в которых наблюдается подрост практически всех высотных категорий в примерно одинаковых пропорциях (ПП № 10, 14, 16, 23). Реже прослеживается дискретная высотная структура. Этот вид структуры отмечен в древостоях травяно-болотного типа леса (ПП № 6, 8). Преобладает подрост высотой до 1,0 м (40...50 %) и выше 3 м (40...50 %) при практически полном отсутствии возобновления высотой от 1,0 до 3,0 м. Возрастная структура находится в прямой пропорциональной связи с высотной, при этом возраст подроста до 1,0 м составляет 10 лет, до 1,5 м – 15 лет, а 2,0...3,5 м – от 15 до 30 лет. Отсюда следует, что средний прирост по высоте равен около 10 см/год. Это подтверждает перспективность данного подроста [3].

Активизация процессов отпада среди подроста начинается с высоты 0,5 м. Однако доминирование процессов отмирания над процессом пополнения возобновления отмечается, начиная с высоты 1,0...1,5 м, при этом существует типологическая зависимость. Массовый же отпад приурочен к высотам от 2,0 м и более – 50...90 % (вариация обусловлена принадлежностью к разным типам леса).

Варьирование коэффициента встречаемости также детерминировано по типам леса. При этом наибольшее значение наблюдается в зеленомошном типе леса – 85 %, далее следуют мелкотравно-зеленомошный – 80 %, травяно-болотный – 65 %, разнотравный – 55 %, наименьший показатель характерен для папоротникового – 50 %. Анализ этих данных показал, что равномерная встречаемость имеет место быть лишь в мелкотравно-зеленомошном и зеленомошном типах леса, неравномерная – в папоротниковом, травяно-болотном и разнотравном. Учитывая, что в пределах южно-таежной подзоны тайги удовлетворительное возобновление имеет коэффициент встречаемости 50 % и выше [4], следует признать, что это требование выполняется в мелкотравно-зеленомошном, зеленомошном и травяно-болотном типах леса, в разнотравном и папоротниковом типах леса примерно в половине представленных насаждений он не дотягивает до порогового значения.

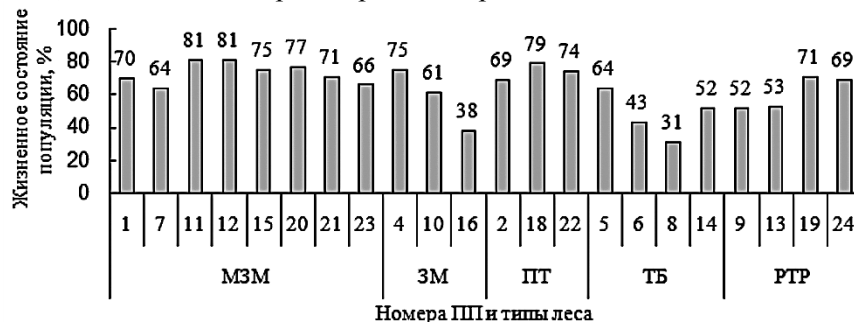
Густота благонадежного подроста имеет широкую амплитуду колебаний: от менее 1,0 тыс. шт./га в травяно-болотном типе леса до более 20,0 тыс. шт./га в мелкотравно-зеленомошном. Выявлена типологическая детерминация в обеспеченности естественным возобновлением. В частности, самые густые популяции подроста имеются под пологом древостоев мелкотравно-зеленомошного и зеленомошного типов леса: от 2,6 до 18,0 тыс. шт./га крупного подроста (в среднем 3,0...8,0 тыс. шт./га). Травяная группа типов леса обеспечена подполовым возобновлением меньше: в папоротниковом типе леса – 0,8...1,9 тыс. шт./га, в разнотравном – 0,8...3,8 тыс. шт./га, в травяно-болотном – 0,7...2,4 тыс. шт./га. Сравнительный анализ с данными Правил лесовосстанов-



ления [8] выявил, что в мелкотравно-зеленомошном и зеленомошном типах леса показатели густоты естественного возобновления вполне удовлетворительны. Это позволяет рекомендовать в них рубки с сохранением подроста, в разнотравном и травяно-болотном типах леса возможно комбинированное лесовосстановление. В папоротниковом типе леса необходима исключительно посадка лесных культур.

Соотношение количества жизнеспособных экземпляров подроста и общего их числа изменяется от 1,5 до 2 раз. Это означает, что популяции подроста находятся в достаточно угнетенном состоянии. Такая ситуация характерна тенденция абсолютно для всех типов леса. Другая интересная тенденция возобновления связана с повсеместным преобладанием количества жизнеспособных всходов и подроста над таковым благонадежного подроста: амплитуда варьирует в диапазоне от 1 до 2,2 раз. Эта закономерность, в свою очередь, означает, что происходит постоянное пополнение возобновления под пологом. Следует отметить, что интенсивность данного процесса детерминирована не только типом леса. Среди второстепенных факторов можно выделить морфоструктуру материнского древостоя (биометрические и другие таксационные показатели древостоя), а также микроэкологические (наличие ветровально-почвенных комплексов, валежной древесины) и микроценотические (синузильное строение травяно-мохово-кустарничкового яруса, густота подлеска) условия под пологом. Процессы обновления преобладают в мелкотравно-зеленомошном и зеленомошном типах леса по сравнению с папоротниковым, разнотравным и травяно-болотным. Более того, в некоторых насаждениях разнотравной группы типов леса этот процесс вообще не наблюдается (например, ПП № 9).

Индексы жизненного состояния, определенные по методике В.А. Алексеева (1989 г.), показывают (см. рисунок), что среди изученных популяций естественного возобновления в насаждениях, возникших из сохраненного подроста, есть как здоровые, так и ослабленные в той или иной степени. Наиболее часто встречаются ослабленные ценопопуляции, значительно реже – сильно ослабленные (в зеленомошном и травяно-болотном типах леса) и здоровые (в мелкотравно-зеленомошном типе леса). Наиболее жизнеспособный подрост находится в мелкотравно-зеленомошном типе леса, далее следуют: папоротниковый, зеленомошный, разнотравный, травяно-болотный.



Виталитетная структура подроста в древостоях, сформировавшихся из сохраненного подроста и тонкомера (см. обозначения в табл. 2)

Выявлена положительная связь возраста подроста и относительной полноты древостоя и негативная роль относительной полноты по отношению к густоте возобновления. Повышение равномерности распределения популяций подроста происходит с ухудшением условий местопроизрастания. Густота естественного возобновления прямо пропорционально зависит от давности вырубки, что свидетельствует о накоплении подроста под пологом. Причем, как и в случае с встречаемостью, ухудшение лесорастительных условий катализирует этот процесс. Однако снижается жизнеспособность популяций всходов и подроста. Отмеченные закономерности обладают коэффициентами корреляции в пределах 0,5...0,7.

#### *Заключение*

Для ценозов, возникших из сохраненного подроста и тонкомера, характерно наличие как непрерывного, так и дискретного типов возобновления. Такая детерминация обусловлена как внутренними (состояние материнского древостоя), так и внешними (климатические циклы) причинами. В целом преобладают генерации высотой до 1,0...1,5 м (80...90 %), причем породный состав повторяет состав верхнего полога. Массовое отмирание подроста начинается с высоты 2,0 м, которой соответствует возраст 15...25 лет. Динамика густоты возобновления очень вариабельна, но более обеспечены насаждения зеленомошной группы типов леса. Это позволяет рекомендовать в них проведение рубок с сохранением подроста. Недостаточная обеспеченность возобновлением разнотравного и травяно-болотного типов леса требует комбинированного лесовозобновления, в папоротниковом – только посадки лесных культур. Не способствует существенному увеличению количества подроста и медленное пополнение возобновления за счет всходов. Следует признать большинство популяций естественного возобновления ослабленными. Причину этого следует искать, с одной стороны, в структуре материнского полога, полнота которого высока, с другой – в строении живого напочвенного покрова. Также необходимо уделять внимание пространственной дифференциации площади насаждений (как правило, на местах волоков плотность почвы выше, чем в пасеке), которая изменяет микроэкологические условия.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеев В.А.* Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. 1989. № 4. С. 51–57.
2. *Грязькин А.В.* Основной путь восстановления ельников в условиях Европейской тайги // Лесн. журн. 1999. № 5. С. 24–27. (Изв. высш. учеб. заведений).
3. *Дебков Н.М.* Основа формирования древостоев из предварительного возобновления // Лесное хозяйство и зеленое строительство в Западной Сибири. Томск: Изд-во Том. гос. ун-та, 2011. Вып. 6. С. 40–45.
4. *Мартьянов А.Н.* Оценка естественного возобновления ели // Лесоведение. 1992. № 4. С. 43–50.

5. ОСТ 56-63–83. Площади пробные лесоустроительные. Метод закладки. М., 1983. 60 с.
6. Паневин В.С., Дебков Н.М. Необходимость научных исследований в насаждениях, сформировавшихся из сохраненного подроста // Вестн. Том. гос. ун-та. Сер. Биология. 2010. № 1(9). С. 93–99.
7. Побединский А.В. Изучение лесовосстановительных процессов. М.: Наука, 1966. 64 с.
8. Правила лесовосстановления: утв. приказом №183 МПР России 16 июля 2007 г. М., 2007. 11 с.
9. Тюрин Е.Г., Корякин В.В. О восстановлении лесов в Вологодской области // Лесн. хоз-во. 1989. № 3. С. 32–34.
10. Федеральное агентство лесного хозяйства подвело предварительные итоги по лесовосстановлению в целом и по закладке лесных культур на территории Российской Федерации в 2011 г. // Официальный сайт Федерального агентства лесного хозяйства. Режим доступа: <http://www.rosleshoz.gov.ru/media/news/897>, свободный.
11. WWF оценил здоровье Планеты // Официальный сайт Всемирного фонда дикой природы России. Режим доступа: <http://www.wwf.ru/news/article/9608>, свободный.

Поступила 26.06.13

UDC 630\*231.1

### **Quantitative and Qualitative Parameters of Renewal Under the Canopy of Forest Stand, Formed from Preliminary Generations**

*N.M. Debkov, Candidate of Agriculture, Senior Lecturer*

National Research Tomsk State University, Lenin Prospekt, 36, Tomsk, 634050, Russia;  
e-mail: [nikitadebkov@yandex.ru](mailto:nikitadebkov@yandex.ru)

Official statistics shows that the most common and importantly the optimal method of the forests reforestation is the natural process and measures for its promotion. Among the latter is the most effective conservation of the young generation of the forest preliminary generations. The beginning of the application of this method with mechanized harvesting is the middle of the XX century, as a result of the plantations reach the age of maturity, which determines the relevance of the study. Research has been conducted in the southern taiga of Western Siberia within the borders of the Tomsk region. The obtained results indicate that the composition of growth similar to that of a stand. However, in high completeness plantations (0.8 and above) fir shows dominance in relation to other breeds, there is a pronounced dynamics in the context of forest types: in small grass and green moss, green moss and ferny forest types dominated fir undergrowth, and in marsh grass and multigrass – spruce undergrowth. Under the canopy are dominated small and medium undergrowth with height up to 1-1,5 m and the age of 10-15 years in all types of forests. The uniform occurrence is typical for small grass and green moss and only green moss forest types, and for ferny and marsh grass and multigrass – uneven. The viability of undergrowth is poor and its populations are weakened. Density variability is high and depends on the forest type, from 1–2 thousand units on hectare in the grass types to 3–8 thousand units on hectare in green moss. Comparative analysis revealed that in small grass and green moss and only green moss forest types density indicators of natural regeneration are quite satisfactory, that allows to recommend

them in felling with undergrowth conservation, in marsh grass and multigrass forest types perhaps a combination reforestation, as for the ferny forest type, there is only needed the planting of forest cultures.

*Keywords:* viability of renewal, undergrowth planting, renewal under canopy, reforestation potential.

#### REFERENCES

1. Alekseev V.A. Diagnostika zhiznennogo sostoyaniya derev'ev i drevostoev [Diagnostics of the Vitality of Trees and Tree Stands]. *Lesovedenie*, 1989, no. 4, pp. 51–57.
2. Gryaz'kin A.V. Osnovnoy put' vosstanovleniya el'nikov v usloviyakh Evropeyskoy taygi [The Main Path of Spruce Forests Recovery in the Conditions of European Taiga]. *Lesnoy zhurnal*, 1999, no. 5, pp. 24–27.
3. Debkov N.M. Osnova formirovaniya drevostoev iz predvaritel'nogo vozobnovleniya [The Basis of Stands Formation from Preliminary Recreation]. *Lesnoe khozyaystvo i zelenoe stroitel'stvo v Zapadnoy Sibiri* [Forestry and Green Building in the Western Siberia]. Tomsk, 2011, vol. 6, pp. 40–45.
4. Martynov A.N. Otsenka estestvennogo vozobnovleniya eli [Assessment of Spruce Natural Regeneration]. *Lesovedenie*, 1992, no. 4, pp. 43–50.
5. OST 56-63-83. Ploshchadi probnye lesoustroitel'nye. Metod zakladki [Industry Standard 56-63-83. Sample Forest Plots. Establishment Method]. Moscow, 1983. 60 p.
6. Panevin V.S., Debkov N.M. Neobkhodimost' nauchnykh issledovaniy v nasa-zhdeniyakh, sformirovavshikhsya iz sokhrannogo podrosta [Necessity of Researches in Plantations, Formed from a Saved Undergrowth]. *Biologiya*, 2010, no. 1(9), pp. 93–99.
7. Pobedinskiy A.V. *Izuchenie lesovosstanovitel'nykh protsessov* [Study of Forest Recovery Processes]. Moscow, 1966. 64 p.
8. *Pravila lesovosstanovleniya* [Reforestation Rules]. Order no. 183 of the Ministry of Natural Resources RF of 16 July 2007. Moscow, 2007. 11 p.
9. Tyurin E.G., Koryakin V.V. O vosstanovlenii lesov v Vologodskoy oblasti [On Restoration of Forests in the Vologda Region]. *Lesnoe khozyaystvo*, 1989, no. 3, pp. 32–34.
10. *Federal'noe agentstvo lesnogo khozyaystva podvelo predvaritel'nye itogi po lesovosstanovleniyu v tselom i po zakladke lesnykh kul'tur na territorii Rossiyskoy Federatsii v 2011 godu* [Federal Forestry Agency Summed up the Preliminary Results of Reforestation in General and for Planting on the Territory of Russian Federation in 2011]. Available at: <http://www.rosleshoz.gov.ru/media/news/897>.
11. *WWF otsenil zdorov'e Planety* [WWF Has Estimated the Planet's Health]. Available at: <http://www.wwf.ru/news/article/9608>.

Received on June 26, 2013

УДК 630\*453:595.799

## ОЦЕНКА МЕДОНОСНЫХ РЕСУРСОВ НА ЗЕМЛЯХ ЛЕСНОГО ФОНДА РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

© *И.Д. Самсонова, канд. с.-х. наук, докторант*

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова Донского государственного аграрного университета, ул. Пушкинская, 111, г. Новочеркасск, Ростовская область, Россия, 346428; e-mail: isamsonova18@rambler.ru

Широкое использование биологического и экологического потенциала растений для отрасли пчеловодства возможно в результате изучения и освоения медоносных ресурсов на землях лесного фонда. Медосбор зависит от количества медоносных растений и их видового состава, продолжительности цветения и расположения медоносной базы и других природных и антропогенных факторов. Изучение медоносных ресурсов на землях лесного фонда проводилось по базовым и усовершенствованным методам полевых и стационарных исследований с использованием справочного материала. Для оценки потенциальной медопродуктивности лесов по количеству нектара (сахара), образуемого в процессе фотосинтеза медоносных растений на определенной площади, предложен обобщенный показатель, биоресурсный потенциал лесов для медосбора. Определение биоресурсного потенциала лесов в различных районах выполнялось с учетом показателя сахаропроодуктивности. В процессе освоения медоносных ресурсов выявлялся ассортимент медоносных растений, определялись занятые ими площади и динамика возрастной структуры лесопокрытой площади на территории Ростовской области. Несмотря на незначительную лесистость, на территории области произрастает немало медоносов: робиния псевдоакация, различные виды кленов, ильмовые, а также кустарниковые медоносы. В возрастном составе лесных сообществ на покрытой лесом площади увеличилась доля молодняков и средневозрастных деревьев. Для дифференцированной оценки медосборов, районирования обширных территорий введен показатель – район медосбора. При оценке районов медосбора дана характеристика условий, оказывающих непосредственное влияние на этот процесс. Определен ориентировочный медовый запас и возможное количество пчелосемей для развития пчеловодства. В пределах Ростовской области выделено пять районов медосбора. Наилучшим биоресурсным потенциалом лесов для медосбора отличается первый район (3261 т). Ориентировочный медовый запас на землях лесного фонда Ростовской области составляет не менее 6468 тыс. т, возможное количество пчелосемей для развития пчеловодства – около 54 тыс. Оценка медоносных ресурсов на землях лесного фонда позволяет полноценно и рационально использовать кормовую базу пчеловодства. На основе районирования можно не только оценивать, проектировать и использовать медосборы, но и осуществлять технологические приемы по улучшению кормовой базы пчеловодства.

*Ключевые слова:* медоносные ресурсы, район медосбора, медовый запас, биоресурсный потенциал, лесной фонд, медосбор.

Пчеловодство является важной отраслью сельского хозяйства и имеет хорошие перспективы развития при использовании лесов в соответствии со статьей 38 Лесного кодекса РФ. Успешное развитие пчеловодства, увеличение

числа пчелиных семей и количества пасек наряду с высокими сборами меда возможны только в условиях хорошей и устойчивой кормовой базы для пчел.

Целью исследований являлось изучение медоносных ресурсов на землях лесного фонда для развития отрасли пчеловодства в условиях Ростовской области.

Устойчивое развитие пчеловодческого и лесного хозяйства в современных условиях основывается на широком использовании биологического и экологического потенциала растений и их системных образований – биоценозов. Важную роль в реализации этой задачи занимают вопросы изучения и освоения медоносных ресурсов, что в равной мере относится и к Ростовской области. Здесь произрастают сотни видов ценных медоносных растений. Между тем растительные ресурсы изучены недостаточно, что отрицательно сказывается на развитии отрасли пчеловодства и его продуктивности.

При оценке медоносных ресурсов сначала устанавливали площади, занятые медоносными растениями. Эти данные брали из «Пояснительной записки к проектам организации и ведения лесного хозяйства в лесхозах Ростовской области» (2005 г.). При отсутствии подобных сведений примерное соотношение медоносных и немедоносных пород в лесу устанавливали самостоятельно, маршрутным методом [2]. Возрастную структуру медоносных ресурсов учитывали на основе лесного плана Ростовской области на 2009–2018 гг. Количество выделенного сахара в нектаре определяли методом смывания [1], используя рефрактометр ИРФ-22. Сахаропроductивность неопределенных видов медоносов принимали по Н.П. Смарагдовой [6].

Биоресурсный потенциал ( $B_{p,n}$ ) лесов для медосбора является обобщенным показателем оценки потенциальной медопродуктивности лесов по количеству нектара (сахара), образуемого в процессе фотосинтеза медоносных растений на определенной площади [5]. Его находят с учетом распределения площади лесов по породам. Площади медоносных растений ( $S_i$ ) последовательно умножают на их сахаропроductивность ( $X_c$ ), полученные произведения суммируют и вычисляют  $B_{p,n}$  лесов и сельскохозяйственных угодий для медосбора по следующей формуле:

$$B_{p,n} = S_1X_{c1} + S_2X_{c2} + S_3X_{c3} + \dots + S_nX_{cn},$$

где  $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$  – площади произрастания отдельных лесных пород (медоносов), га;

$X_{c1}, X_{c2}, X_{c3}, \dots, X_{cn}$  – сахаропроductивность отдельных лесных пород (медоносов), кг/га.

При расчетах медового запаса (или медосбора) области (района) следует учитывать, что пчелы обычно собирают только часть (от 1/3 до 1/2) нектара, выделенного растениями, поэтому  $B_{p,n}$  лесов для медосбора не может быть полностью использован по следующим причинам:

часть нектара собирают другие насекомые;

пчелы не смогут посетить все медоносные растения;

из-за неблагоприятных погодных условий пчелы собирают не весь выделенный нектар.

Медовый запас ( $P$ ) рассчитывают по формуле:

$$P = 0,625B_{p.n.},$$

где 0,625 – коэффициент, учитывающий перевод сахара в мед при использовании 1/2 биоресурсного потенциала лесов для медосбора ( $0,5 \cdot 1,25B_{p.n.}$ ).

Количество пчелосемей ( $N$ ), необходимое для медосбора при использовании 1/2 биоресурсного потенциала лесов, определяют с учетом провизорного получения товарного меда (120 кг), которое складывается из 90 кг, необходимых каждой пчелиной семье для нормальной жизнедеятельности в течение года и 30 кг среднегодового получения от сильной семьи товарного меда:

$$N = \frac{0,625B_{p.n.}}{120}.$$

В Ростовской области, которая расположена на юге европейской части России, исторически сложились благоприятные ландшафтные и климатические условия для развития пчеловодства. Условия медосбора в большинстве районов отличаются большим разнообразием.

Лесистость области составляет 2,5 %. Основные лесообразующие породы – дуб (36 % покрытой лесом площади основных лесообразующих пород, или 65,6 тыс. га) и сосна (34 %, или 63,2 тыс. га), а также такие медоносные растения, как робиния псевдоакация (9 %), ильмовые (8 %) и др. [3]. Общая площадь лесов региона превышает 380,5 тыс. га, среди них немало (37,8 тыс. га) лесных медоносов [5].

Из медоносов наиболее распространены клен (остролистный, татарский, полевой), липа, робиния псевдоакация, груша, черешня, яблоня, абрикос, ива. В ярусе кустарников произрастают клен татарский, кизил мужской, терн, боярышник (однопестичный, алма-атинский), жимолость татарская, акация желтая, аморфа кустарниковая, калина обыкновенная, крушина ломкая, лох серебристый, снежноягодник, вишня степная [4].

Древесная и кустарниковая медоносная растительность произрастает в основном в лесных насаждениях, а также байрачных, пойменных и аренных лесах.

За последние годы возрастной состав лесных сообществ значительно изменился. По данным учета лесного фонда, на 1 января 2009 г. в покрытой лесом площади увеличилась доля молодняков (робиния псевдоакация – 39, клен – 25, ильмовые – 16 % от общей площади преобладающих древесных и кустарниковых пород) и средневозрастных деревьев (клен – 39, ильмовые – 36, робиния псевдоакация – 29 %). Площади, занимаемые приспевающими, спелыми и перестойными деревьями, сократились, главным образом, под воздействием лесных пожаров, вредителей и болезней, природно-климатических условий, а также за счет вырубки.

Медосбор характеризуется определенной продолжительностью периода цветения медоносных растений и интенсивностью сбора пчелами нектара и пыльцы или количеством меда, который получают от пчелиной семьи или

пасеки за весенне-летний период. Медосбор зависит от количества медоносных растений и их видового состава, продолжительности цветения, расположения медоносной базы и других природных и антропогенных факторов.

Указанные условия достаточно полно учтены в районировании медосборов, разработанном в НИМИ. На его основе можно не только оценивать, проектировать и использовать медосборы, но и осуществлять технологические процессы по улучшению кормовой базы пчеловодства [5].

Для дифференцированной оценки медосборов, районирования обширных территорий (область, край, республика) введен показатель – район медосбора. Это территория со сходными геоморфологическими, почвенно-климатическими и другими природными условиями, которые определяют ассортимент медоносных растений, медопродуктивность и мелиоративно-хозяйственное назначение.

В пределах Ростовской области выделено пять районов медосбора, различающихся между собой по медопродуктивности, состоянию поверхности территории (мезорельефу) и растительного покрова, почвенно-климатическим и другим показателям окружающей среды.

*1-й район медосбора* находится на северо-западе области. Сухая разнотравно-ковыльная степь. Рельеф равнинно-широковолнистый. Высокая расчлененность территории района (коэффициент расчлененности – 0,72 км/км<sup>2</sup>), большое количество оврагов (14797) и балок, обильно поросших древесно-кустарниковой растительностью. Общая лесистость территории достигает 9,9 % (наивысшая по области).

Из неблагоприятных природных факторов для медосбора главную опасность представляют высокие температуры и сильные ветры (суховеи). Территория с пониженным загрязнением окружающей среды.

*2-й район медосбора* находится на северо-востоке области. Сухая типчаково-ковыльная степь. Рельеф пологоволнистый. Высокая расчлененность территории (0,60 км/км<sup>2</sup>), большое количество оврагов (12845) и балок создает благоприятные условия для произрастания древесно-кустарниковой и травянистой растительности. Лесистость территории достигает 6,0 %.

К неблагоприятным природным факторам относятся засухи, суховеи (до 88 дн. в году) и пыльные бури.

*3-й район медосбора* находится на западе области, в Приазовье. Сухая разнотравно-типчаково-ковыльная степь. Рельеф слабоволнистый. Высокая расчлененность территории (0,53 км/км<sup>2</sup>), значительное количество оврагов (5891) и балок создает благоприятные условия для произрастания медоносных растений. Естественная древесная и кустарниковая растительность развита слабо, лесов меньше. Общая лесистость территории не превышает 4,3 %. В насаждениях преобладают робиния псевдоакация, дуб, ясень, тополя, вяз, клены, абрикос, шелковица, жимолость, скумпия, лох, шиповник, свидина, редко липа, софора и др.

В районе давно сложилась напряженная экологическая обстановка, связанная с повышенным загрязнением окружающей среды. Выбросы промышленных предприятий и электростанций покрывают значительную площадь района медосбора, что снижает качество нектара.



4-й район медосбора занимает южную часть области. Сухая разнотравно-типчаково-ковыльная степь. Рельеф слабоволнистый. Расчлененность территории овражно-балочной сетью низкая (0,18 км/км<sup>2</sup>), 267 оврагов. На территории района преобладают ветры восточных направлений. Лесистость территории 3,5 %. Лесные насаждения, расположенные на землях транспорта и землях сельскохозяйственного назначения, в основном представлены: робинией псевдоакацией, абрикосом, кленами, софорой, жимолостью, боярышником, лохом, редко липой, кизилом. Естественных лесов мало, их основные массивы расположены на землях лесного фонда в пойме р. Дон. Они обеспечивают поддерживающий ранний медосбор (ивы, клены).

В районе повышенное загрязнение окружающей среды выбросами промышленных предприятий, что снижает качество медосборных условий.

5-й район медосбора охватывает юго-восточную часть области. Сухая типчаково-ковыльная и полынно-типчаковая степь. Рельеф равнинный, слабо расчлененный (0,27 км/км<sup>2</sup>), 3658 оврагов. Лесистость территории не превышает 2,1 %. В насаждениях преобладающими породами являются робиния псевдоакация, дуб, ясень и вяз приземистый. Медосбор этого района нестабильный, осложняется погодными условиями (до 100 дн. за теплый период), дуют суховеи и пыльные бури (23 дн.). Этот район отличается пониженным загрязнением окружающей среды.

Данные приведены в таблице.

**Биоресурсный потенциал лесов для медосбора  
и провизорное количество пчелосемей для развития пчеловодства  
на землях лесного фонда Ростовской области (по районам медосбора)**

Преобладающие медоносы	Площадь, га	Биоресурсный потенциал лесов, кг	Медовый запас, т		Число пчелосемей
			т	%	
<i>1-й район</i>					
Дуб	32124,0	217880,0	136175	2,1	1135
Клены	2455,0	625932,8	391208	6,0	3260
Вязы	6529,3	256638,4	160399	2,5	1337
Робиния псевдоакация	4361,2	1852000,0	1157500	17,9	9646
Липа мелколистная	157,5	88200,0	55125	0,9	459
Ива белая	2237,8	207089,6	129431	2,0	1079
Гледичия трехколочковая	9,9	841,6	526	0,01	4
Абрикос, груша, яблоня, вишня и др.	281,8	8564,8	5353	0,1	45
Смородина золотая, терн, акация желтая, жимолость, аморфа и др.	41,7	3833,6	2396	0,04	20
<i>Итого</i>		3260980,8	2038113	31,5	16985

Продолжение таблицы

Преобладающие медоносы	Площадь, га	Биоресурсный потенциал лесов, кг	Медовый запас		Число пчело- семей
			т	%	
<i>2-й район</i>					
Дуб	9797,0	58782,4	36739	0,6	306
Клены	780,3	98664,0	61665	1,0	514
Вязы	2088,9	55795,2	34872	0,5	291
Робиния псевдоакация	4671,6	1868640,0	1167900	18,1	9733
Ива белая	329,4	26352,0	16470	0,3	137
Гледичия трехколючковая	12,8	1088,0	680	0,0	6
Абрикос, груша, яблоня, вишня и др	39,5	4521,6	2826	0,0	24
Смородина золотая, терн, акация желтая, жимолость, аморфа и др.	53,6	2179,2	1362	0,0	11
<i>Итого</i>		2116022,4	1322514	20,5	11021
<i>3-й район</i>					
Дуб	6836,0	41016,0	25635	0,4	214
Клены	271,3	30411,0	19007	0,3	158
Вязы	1732,2	58254,4	36409	0,6	303
Робиния псевдоакация	4544,4	1817760,0	1136100	17,6	9468
Ива белая	411,9	32952,0	20595	0,3	172
Гледичия трехколючковая	145,9	12401,6	7751	0,1	65
Абрикос, груша, яблоня, вишня и др	144,2	8040,0	5025	0,1	42
Смородина золотая, терн, акация желтая, жимолость, аморфа и др.	208,0	7750,4	4844	0,1	40
<i>Итого</i>		2008585,4	1255366	19,5	10461
<i>4-й район</i>					
Дуб	1812,0	10872,0	6795	0,1	57
Клены	91,0	7253,0	4533	0,1	38
Вязы	1641,0	32820,8	20513	0,3	171
Робиния псевдоакация	3934,6	1573840,0	983650	15,2	8197
Ива белая	766,1	61288,0	38305	0,6	319
Гледичия трехколючковая	69,6	5916,8	3698	0,1	31
Абрикос, груша, яблоня, вишня и др.	134,3	8200,0	5125	0,1	43

Окончание таблицы

Преобладающие медоносы	Площадь, га	Биоресурсный потенциал лесов, кг	Медовый запас		Число пчелосемей
			т	%	
Смородина золотая, терн, акация желтая, жимолость, аморфа и др.	69,5	3716,8	2323	0,04	19
<i>Итого</i>		1703907,4	1064942	16,5	8875
<i>5-й район</i>					
Дуб	12224,0	72411,0	45257	0,7	377
Клены	306,7	40411,0	25257	0,4	210
Вязы	2308,2	14464,2	9040	0,1	75
Робиния псевдоакация	2632,6	1053051,0	658157	10,2	5485
Ива белая	645,0	51600,0	32250	0,5	269
Гледичия трехколочковая	73,3	6230,4	3894	0,1	32
Абрикос, груша, яблоня, вишня и др.	70,0	9508,8	5943	0,1	50
Смородина золотая, терн, акация желтая, жимолость, аморфа и др.	171,6	11286,4	7054	0,1	59
<i>Итого</i>		1258962,8	786852	12,2	6557
Всего		10348458,8	6467787	100,0	53898

## Выводы

1. В пределах Ростовской области выделено пять районов медосбора: 1-й район высокого и стабильного медосбора (биоресурсный потенциал лесов 3261 т); 2-й район хорошего, менее стабильного медосбора (2116 т); 3-й район хорошего, не стабильного медосбора (2009 т); 4-й район удовлетворительного и стабильного медосбора (1704 т); 5-й район пониженного, нестабильного медосбора (1259 т).

2. Ориентировочный медовый запас на землях лесного фонда Ростовской области составляет не менее 6468 тыс. т, количество пчелосемей для развития пчеловодства – около 54 тыс.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ливенцева Е.К. О методике определения нектаропродуктивности растений. Пчеловодство. 1954. № 11. С. 33–39.
2. Пономарева Е.Г., Детерлева Н.Б. Медоносные ресурсы и опыление сельскохозяйственных растений. М: Агропромиздат, 1986. С. 178–179.

3. Самсонова И.Д. Медоносы лесных и примыкающих экосистем. Лесн. хоз-во. 2008. № 6. С. 23–24.

4. Сидаренко П.В., Шилер Г.Г., Богданова И.Б. Медоносный конвейер в лесах Ростовской области. Лесн. хоз-во. 2001. № 5. С. 29

5. Сидаренко П.В., Самсонова И.Д., Богданова И.Б. Оценка, использование и улучшение биоресурсного потенциала лесов и сельскохозяйственных угодий для медосбора в Ростовской области: науч.-метод. рекомендации. Новочеркасск, 2010. 47 с.

6. Смарагдова Н.П. О нектаро- и сахаропродуктивности медоносных растений. Пчеловодство. 1954. № 11. С. 40–43.

Поступила 19.06.13

UDC 630\*453:595.799

### **Evaluation of Nectariferous Resources on Forest Lands of the Rostov Region**

*I.D. Samsonova, Candidate of Agriculture, doctoral candidate*

Novocherkassk Engineering Meliorative Institute named after A.K. Kortunov of Don State Agrarian University, Pushkinskaya, 111, Novocherkassk, 346428, Russia; e-mail:isamsonova18@rambler.ru

Extensive use of biological and ecological potential of plants for the beekeeping industry is possible only as a result of study and development of honey resources on forest lands. The magnitude of honey flow depends on the amount of nectariferous plants and their species composition, duration of blooming and location of nectariferous base and other natural and anthropogenic factors. The studying of nectariferous resources on forest lands was held by the base and improved methods of field and stationary studies using reference material. To assessment of the potential honey production of forests by the amount of nectar (sugar), formed during photosynthesis of nectariferous plants on a certain area the composite index, bioresource potential of forests for honey flow is proposed. The determination of bioresource potential of forests in different areas was performed considering indicator of sugar productivity. As development progresses of nectariferous resources the assortment of nectariferous plants, the area, occupied by them and the dynamics of the age structure of the forest area on the territory of the Rostov region were determined. Despite the small percentage of forest land area in the region, a lot of nectariferous plants grow there: locust, various species of maples, elms, and honey shrubs. In the age structure of forest communities on the forested area the proportion of middle-aged trees and growing stock is increased. For differentiated assessment of honey flow, zoning of vast territories the special index - district of honey flow - is introduced. Evaluating the areas of honey flow, characteristics of conditions directly influencing on it are given. The approximate store of honey and possible amount of beehives for the development of beekeeping are defined. Five areas of honey flow are distinguished within the Rostov region. The first area has the best bioresource potential of forests for honey flow (3261 tons). The approximate store of honey on forest lands of the Rostov region is about 6468 thousand tons and possible amount of beehives for the development of beekeeping is about 54000. Evaluation of nectariferous resources on forest lands allows to use forage base of beekeeping completely and rationally. On the basis of honey flow areas one can evaluate, project and use honey flow, and also perform technological methods improving forage base of beekeeping.

*Keywords:* nectariferous resources, honey flow area, honey stock, bioresource potential, forest land, honey flow.

REFERENCES

1. Liventseva E.K. O metodike opredeleniya nektaroproduktivnosti rasteniy [On the Method of Determination of Nectar Productivity in Plants]. *Pchelovodstvo*, 1954, no. 11, pp. 33–39.
2. Ponomareva E.G., Deterleeva N.B. *Medonosnye resursy i opylenie sel'skokhozyaystvennykh rasteniy* [Nectariferous Resources and Crop Pollination]. Moscow, 1986, pp. 178–179.
3. Samsonova I.D. Medonosy lesnykh i primykayushchikh ekosistem [Nectariferous Plants of Forest and Adjacent Ecosystems]. *Lesnoe khozyaystvo*, 2008, no. 6, pp. 23–24.
4. Sidarenko P.V., Shiler G.G., Bogdanova I.B. Medonosnyy konveyer v lesakh Rostovskoy oblasti [Nectariferous Conveyor in the Forests of the Rostov Region]. *Lesnoe khozyaystvo*, 2001, no. 5, p. 29
5. Sidarenko P.V., Samsonova I.D., Bogdanova I.B. *Otsenka, ispol'zovanie i uluchshenie bioresursnogo potentsiala lesov i sel'skokhozyaystvennykh ugodiy dlya medosbora v Rostovskoy oblasti* [Evaluation, Use and Improvement of Bioresource Potential of Forests and Farmland for Honey Flow in the Rostov Region]. Novocheerkassk, 2010, 47 p.
6. Smaragdova N.P. O nektaro- i sakharoproduktivnosti medonosnykh rasteniy [About Nectar and Sugar Productivity of Nectariferous Plants]. *Pchelovodstvo*, 1954, no. 11, pp. 40–43.

Received on June 19, 2013

---

УДК 630\*116.23

## ЭРОЗИЯ ПОЧВЫ ВО ВРЕМЯ ЛИВНЕЙ В ПРОИЗВОДНЫХ ЛЕСАХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА

© *В.М. Ивонин<sup>1</sup>, д-р с.-х. наук, проф.*  
*А.В. Тертерян<sup>2</sup>, соискатель*

<sup>1</sup>Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова Донского государственного аграрного университета, ул. Пушкинская, 111, г. Новочеркасск, Россия, 346428; e-mail: Ivoninforest @yandex.ru

<sup>2</sup>Пшишское лесничество КГУ «Комитет по лесу» Краснодарского края, ул. Первомайская, 4, пос. Октябрьский, Туапсинский р-н, Краснодарский край, Россия, 352818; e-mail: tertym-ashout@mail.ru

Цель научного исследования – выяснение роли производных лесов Северо-Западного Кавказа в защите почвы от эрозии. Эти леса сформированы в результате лесозаготовок в первичных лесах. Производные леса водосборов горных рек лишены защитных свойств первичных лесов, что увеличивает риск наводнений во время осадков высокой интенсивности. В этих лесах определена масса сухой лесной подстилки и травянистого покрова: 10,00 т/га – нет поверхностного стока в период интенсивных осадков; 3,25 т/га – нет эрозии почвы. Кроме того, получены значения показателей, которые характеризуют отсутствие эрозии почвы: содержание органического вещества в верхнем слое почвы – 7,6 %, коэффициент пористости – 1,33, предел текучести – 53 %, угол внутреннего трения между почвенными частицами – 22°. Изменение этих показателей приводит к образованию поверхностного стока, эрозии почвы во время сильных дождей и переполнению русла горных рек во время интенсивных осадков. Обоснованы меры по защите почв от эрозии в производном лесу, которые должны гарантировать предотвращение деградации почв и накопление лесной подстилки под пологом леса.

*Ключевые слова:* производный лес, поверхностный сток, эрозия почвы, лесная подстилка.

Вырубка коренных лесов Северо-Западного Кавказа привела к образованию производных (или вторичных) лесов с пониженной стокорегулирующей способностью [3]. В Туапсинском районе Краснодарского края лесные угодья занимают 208 тыс. га. На основной части (70 %) этой площади находятся производные леса. Это служит причиной усиления поверхностного стока при ливнях, что может привести к наводнениям на горных реках [2]. Формирование ливневого стока в производных лесах, сопровождающееся эрозией почв, усиливает опасность возникновения заторов в ущельях и местах мостовых переходов, когда уровень воды в реках поднимается до 5 м и более.

Такие явления наблюдались в производных лесах, на водосборе р. Пшиш (Пшишское лесничество Краснодарского края), в ночь с 21 на 22 августа 2012 г. при очень сильном ливне (данные метеорологического поста Дефановка – 195,4 мм за период 20.00–08.00 ч).

Цель наших исследований – изучить эрозионные процессы при ливневом поверхностном стоке в производных лесах Пшишского лесничества на водосборе р. Пшиш (приток Кубани).

Река образуется слиянием рек Большой и Малый Пшиш, берущих начало на северных склонах Большого Кавказа. Длина реки – 270 км, площадь бассейна – 1850 км<sup>2</sup>, средний расход воды – около 25 м<sup>3</sup>/с, наибольший – около 1000 м<sup>3</sup>/с.

На территории Пшишского лесничества были подобраны типичные участки для закладки вариантов площадок искусственного дождевания при проведении экспериментов по методике [1]. Дождевание проводили с помощью исследовательской капельно-струйной установки, изготовленной в мастерских Пшишского лесхоза и обеспечивающей неизменность критерия эродирующей способности искусственного и натурального ливней.

На каждом варианте дождевания устраивали по две одинаковых стоковых площадки размером 1,43 × 0,70 м (площадь 1 м<sup>2</sup>), размещая их длинной стороной вдоль склона. Стоковые площадки ограждали листовым железом, заглубленным в почву для предупреждения бокового растекания воды. Сток на водоприемном лотке учитывали объемным способом с помощью тарированной емкости. Одна из площадок предназначалась для искусственного дождевания, вторая – для отбора образцов лесной подстилки (ЛП), живого напочвенного покрова (ЖНП) и слоя почв 0...20 см.

Мутность стока определяли фильтрованием проб стока, отобранных на водоприемном лотке стоковой площадки, три раза: в начале стока, в его середине и по окончании. Определив среднюю мутность и зная объем стока, находили смыв почвы, выражая его в тоннах на 1 га.

В грунтоведческой лаборатории г. Туапсе в образцах почв определяли: гранулометрический состав – по ГОСТ 12536–79; естественную влажность, плотность и пластичность, водно-физические характеристики – по ГОСТ 5180–84; содержание органики – при прокаливании образцов.

Обработанные на ЭВМ данные позволили получить уравнения связи.

Свойства почв и характеристики напочвенного покрова для различных вариантов исследований (участков) представлены в табл. 1, результаты наблюдений за эрозией при искусственном дождевании – в табл. 2.

Проанализируем динамику мутности стока при дождевании опытных участков.

На лесной поляне, используемой под верхний склад (участок 1.1), наибольшая мутность (6,8 г/л) была в начале стока. В этот период перед водоприемным лотком образовались устьевое отложение наносов и прудок мутной воды. В середине стока мутность уменьшилась до 3,6 г/л (сказалось мульчирующее влияние опилок на поверхности опытного участка), к его окончанию она вновь возросла до 5,6 г/л (опилки были частично смыты поверхностным стоком).

На рабочем волоке (участок 1.2) мутность в начале стока составила 18,8 г/л. При этом эрозия сосредотачивалась по тракторной колее. К середине стока на этом участке мутность уменьшилась до 11,6 г/л, к окончанию она возросла в связи с оползанием почвы по гусеничному следу (средняя мутность на участке 1.2 – 14,8 г/л).

Таблица 1

Показатели почвы (слой 0...20 см), лесной подстилки  
и живого напочвенного покрова

№ участка	Вариант исследований	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Коэффициент пористости	Содержание глинистых фракций, %	Воздушно-сухая масса ЛП + ЖНП, т/га	Содержание органического вещества, %
1.1	Лесная поляна, используемая под верхний склад	1,49	0,819	20,5	0,86	6,1
1.2	Рабочий волок	1,33	1,038	22,8	0,87	8,3
1.3	Грабово-ясеневый дубняк (проба 1)	1,32	1,045	3,9	3,26	6,3
2.1	Строящаяся трасса нефтепровода «Тихорецк–Туапсе»	1,68	0,595	17,0	0,0001	3,6
3.1	Двухлетние культуры дуба под пологом грабово-букового дубняка	1,08	1,472	23,8	1,49	7,5
3.2	Двухлетние культуры дуба на вырубке 2009 г.	1,14	1,351	21,3	1,34	7,3
3.3	Грабово-буковый дубняк вблизи вырубки (проба 2)	1,13	1,381	22,4	1,63	7,4
3.4	Двухлетние культуры дуба на выровненном волоке	1,14	1,351	24,6	1,10	7,2
3.5	Порослево-семенное насаждение, восстановившееся на вырубке (проба 3)	1,34	0,993	15,8	17,09	7,5

Таблица 2

Смыв почвы (дождевание 10-11. 08. 2012 г., слой дождя – 90 мм,  
интенсивность – 3 мм/мин)

№ участка	Вариант исследований	Крутизна склона, град	Средняя мутность, г/л	Сток, мм	Коэффициент стока	Смыв, т/га
1.1	Лесная поляна, используемая под верхний склад	11,0	6,1	36,1	0,401	2,2
1.2	Рабочий волок	7,0	14,8	39,6	0,440	5,9



Окончание табл. 2

№ участка	Вариант исследований	Крутизна склона, град	Средняя мутность, г/л	Сток, мм	Коэффициент стока	Смыв, т/га
1.3	Грабово-ясеневый дубняк (проба 1)	18,0	0,0	0,009	0,0001	0,0
2.1	Строящаяся трасса нефтепровода «Тихорецк–Туапсе»	7,5	84,9	40,6	0,451	34,5
3.1	Двухлетние культуры дуба под пологом грабово-букового дубняка	6,0	5,6	25,0	0,272	1,4
3.2	Двухлетние культуры дуба на вырубке 2009 г.	6,5	5,3	34,0	0,378	1,8
3.3	Грабово-буковый дубняк вблизи вырубки (проба 2)	7,0	0,1	8,7	0,097	0,1
3.4	Двухлетние культуры дуба на выровненном волоке	3,0	7,5	16,9	0,188	1,3
3.5	Порослево-семенное насаждение на вырубке (проба 3)	28,0	0,0	0,009	0,0001	0,0

В грабово-ясеневом дубняке (участок 1.3) стока не было.

На участке строящегося нефтепровода (участок 2.1) мутность сточной воды в начале стока составила 66,4 г/л, в середине стока – 126,8 г/л. Это произошло потому, что дождевание на этом участке сопровождалось оползанием породы. К окончанию дождевания мутность достигла 61,6 г/л (средняя мутность на участке 2.1 – 84,9 г/л).

На участке 3.1 нарушенная подстилка на уплотненной почве не смогла полностью исключить смыв. Мутность сточной воды в начальный период составила 8,0, в середине стока – 4,8, к его окончанию – 4,0 г/л. Небольшая средняя мутность на этом участке (5,6 г/л) объясняется тем, что сток с низким расходом формировался по центру площадки среди «пятен» лесной подстилки и саженцев дуба.

Аналогичная ситуация возникла и на участке 3.2 (культуры дуба на вырубке), где средняя мутность стока равнялась 5,3 г/л.

На участке 3.3 (лес с нарушенной средой вблизи вырубки) небольшая мутность отмечена лишь в начале стока (0,4 г/л) за счет вымывания наносов, аккумулярованных лесной подстилкой во время предыдущих естественных ливней. В середине и к окончанию дождевания на участке формировался сток прозрачной воды (средняя мутность на участке 3.3 – 0,1 г/л).

На участке 3.4 (культуры дуба на выровненном волоке) мутность стока колебалась от 12,4 г/л в начале стока до 4,0 г/л (средняя мутность – 7,5 г/л).

На участке 3.5 (лес в возрасте 60 лет, восстановившийся на вырубке) стока при дождевании не было.

Результаты расчетов эрозии почв при дождевании по вариантам исследований (см. табл. 2) показали, что максимальный смыв наблюдался на участке строящейся трассы нефтепровода (34,5 т/га) и на рабочем волоке (5,9 т/га).

Менее значителен смыв на участке 1.1 (2,2 т/га) за счет защитного влияния опилок на поверхности поляны, используемой под верхний склад.

При дождевании смыв полностью отсутствовал на участках 1.3 (грабово-ясеновый дубняк) и 3.5 (порослево-семенное насаждение, восстановившееся на вырубке). В грабово-буковом дубняке вблизи вырубке (участок 3.3) смыв в количестве 0,1 т/га образовался за счет вымывания мелкозема из лесной подстилки. В двухлетних культурах дуба под пологом насаждения (участок 3.1), на вырубке (участок 3.2) и на выровненном волоке (участок 3.4) смыв составил от 1,3 до 1,8 т/га.

Известно, что при дождевании смыв почвы на вырубках находится в линейной зависимости от уклона местности.

При регрессионном анализе данных табл. 2 не удалось получить тесной связи между эрозией почв при дождевании и крутизной склонов (коэффициент корреляции  $r^2 = 0,043$ ). Это объясняется решающим влиянием воздушно-сухой массы ЛП и ЖНП на смыв почвы. Уравнение связи между эрозией ( $\Theta$ , т/га) и воздушно-сухой массой лесной подстилки и живого напочвенного покрова ( $m$ , т/га) имеет следующий вид:

$$\Theta = -3,183 \ln(m) + 3,757 \quad \text{при } r^2 = 0,951. \quad (1)$$

Решение уравнения (1) показывает, что эрозия возникает, если воздушно-сухая масса ЛП + ЖНП менее 3,25 т/га. Это критическое значение массы означает, что эрозия почв во время ливней полностью отсутствует при  $m \geq 3,25$  т/га.

При обработке экспериментальных данных выявлена связь между эрозией и содержанием органики ( $G$ , %) в верхнем слое почв 0...20 см:

$$\Theta = -6,718G + 50,924 \quad \text{при } r^2 = 0,683. \quad (2)$$

Анализ уравнения (2) позволил сделать заключение, что при  $G \geq 7,6$  % ливневая эрозия практически отсутствует.

Вопрос о влиянии плотности верхнего слоя почв на эрозию остается открытым. Одни исследователи считают, что уплотнение верхнего слоя почв приводит к сокращению эрозии за счет возрастания сцепления между почвенными частицами [4], другие авторы полагают, что уплотнение приводит к сокращению водопроницаемости и увеличению поверхностного стока, тем самым активируя эрозию почв [1].

Регрессионный анализ полученных данных не обнаружил тесной связи между эрозией и плотностью слоя почв 0...20 см ( $r^2 = 0,063$ ), но при этом

была выявлена связь между эрозией и коэффициентом пористости ( $e$ ) верхнего слоя почв:

$$\Theta = -27,14\ln(e) + 7,996 \text{ при } r^2 = 0,547. \quad (3)$$

Анализ обратной логарифмической зависимости (3) показал, что при  $e > 1,33$  эрозия почв во время ливней практически отсутствует.

Содержание глинистых фракций в гранулометрическом составе слоя почв 0...20 см и пластичность не влияют на эрозию почв при ливнях (соответственно  $r^2 = 0,003$  и  $0,0008$ ). Однако верхний предел пластичности ( $W$ , %) тесно связан с эрозией почв. Уравнение, характеризующее эту связь, имеет следующий вид:

$$\Theta = -60,89\ln(W) + 242,11 \text{ при } r^2 = 0,705. \quad (4)$$

Из уравнения (4) следует, что чем выше верхний предел пластичности, тем больше почва сопротивляется водной эрозии при дождевании. При  $W \geq 53$  % эрозия почв под пологом производных лесов отсутствует. Это граница влажности, при увеличении которой почва (порода) теряет свои пластические свойства и переходит в текучее состояние.

Сцепление агрегатов друг с другом считают важнейшим показателем, определяющим эрозию грунтов [5]. Лучший способ определения межагрегатного сцепления – измерение сопротивления разрыву, так как в этом случае граница раздела проходит через контакты между почвенными агрегатами [4]. Применяя этот метод (ГОСТ 12248–96), мы не обнаружили связи между эрозией почв и сцеплением почвенных агрегатов ( $r^2 = 0,0008$ ). Полагаем, что это обусловлено деформациями уплотненной почвы гусеницами трелевщика в виде поперечных (послойных) трещин расхождения. В этом случае сопротивление сдвигу определялось не сцеплением, а зацеплением и трением поверхностей агрегатов.

Подобный вывод подтверждается полученной нами логарифмической связью между эрозией и углами внутреннего трения ( $\varphi$ , град) между агрегатами в слое почв 0...20 см:

$$\Theta = -42,32\ln(\varphi) + 130,28 \text{ при } r^2 = 0,565. \quad (5)$$

Зависимость (5) иллюстрирует, что с возрастанием углов внутреннего трения между почвенными агрегатами уменьшается эрозия почв при дождевании. При  $\varphi > 22^\circ$  эрозия почв при дождевании отсутствует.

На основании проведенных исследований в производных лесах был предложен перечень рекомендаций по повышению их стокорегулирующей и почвоохранной способности:

не проводить проходные рубки, а также рубки переформирования и обновления, при которых вновь эксплуатируются волокнистые и существенно снижается воздушно-сухая масса живого напочвенного покрова и лесной подстилки;

лесохозяйственные работы должны быть сосредоточены на уходах за порослью (порослевые гнезда дуба изреживают до 2-3 экз.), мероприятиях по увеличению участия в составе насаждений семенного дуба и бука, а также на уходах за подростом и самосевом, на посадке сеянцев или саженцев;

для предупреждения формирования стока и эрозии на трелевочных волоках и технологических дорогах необходимо обеспечить отвод поверхностного стока под лесной полог.

#### *Выводы*

Эрозионные процессы при ливневом поверхностном стоке в производных лесах на водосборах горных рек Северо-Западного Кавказа способствуют усилению наводнений за счет снижения массы лесной подстилки и живого напочвенного покрова ниже критических значений, а также за счет свойств поверхностного слоя нарушенных бурых лесных почв.

Определены критические значения массы лесной подстилки и живого напочвенного покрова под пологом производных лесов (3,25 т/га), содержания органики в верхнем слое почв ( $\geq 7,6\%$ ), а также коэффициентов пористости ( $\geq 1,33$ ), верхнего предела пластичности ( $\geq 53\%$ ) и углов внутреннего трения между почвенными частицами ( $\geq 22^\circ$ ).

Рекомендованы лесохозяйственные мероприятия по повышению стокорегулирующей и почвозащитной способности производных лесов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ивонин В.М., Пеньковский Н.Д.* Лесомелиорация ландшафтов. Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ, 2003. 150 с.
2. *Ивонин В.М., Тертерян А.В.* Поверхностный сток при ливнях в нарушенных лесах на водосборах горных рек Северо-Западного Кавказа / Мелиорация и водное хозяйство. 2013. № 1. С. 17–19.
3. *Коваль И.П., Битюков Н.А., Шевцов Б.П.* Экологические основы горного лесоводства. Сочи: НИИгорлесэкология, 2012. 565 с.
4. *Кузнецов М.С., Глазунов Г.П.* Эрозия и охрана почв: учеб. М.: МГУ, 1995. 334 с.
5. *Мирихулава Ц.Е.* Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии. М.: Колос, 1970. 179 с.

Поступила 05.12.13

UDC 630\*116.23

#### **Soil Erosion During Rainstorms in the Second Growth of the Northwest Caucasus**

*V.M. Ivonin, Doctor of Agriculture, Professor*

*A.V. Terteryan, Aspirant*

<sup>1</sup> Novocherkassk Engineering Meliorative Institute named after A.K. Kortunov of Don State Agrarian University, Pushkinskaya, 111, Novocherkassk, 346428, Russia; e-mail: Ivoninfores@yandex.ru

<sup>2</sup> Pshishsk forestry, State Institution "Forest Committee" of the Krasnodar Territory, Pervomayskaya, 4, vill. Oktyabrskii, Tuapse District, Krasnodar Territory, 352818, Russia; e-mail: tertyrnashout@mail.ru

Article is devoted to elucidating the role of second growth of the Northwest Caucasus in protecting soil from erosion. These forests were formed as a result of felling of primary forests. A second growth of mountain river's water catch deprived of his protective

properties of primary forests. It increases the risk of waterflood during the precipitation with high intensity. In the second growth, is determined the dry weight of forest litter and grass cover. The first value (10 t/ha) is lack of interflow during the intensive precipitation, the second value (3, 25 t/ha) is no soil erosion. In addition, we have identified the following values that characterize the lack of soil erosion: the content of organic matter in the topsoil ( $\geq 7,6\%$ ), the coefficients of porosity ( $\geq 1,33$ ), yield of strength ( $\geq 53\%$ ) and angle of internal friction between soil particles ( $\geq 22^\circ$ ). Infracation of these critical values leads to the formation of interflow and soil erosion during heavy rains. The results of this studies can explain why the soil erosion in the forest occurs during the periods of intense of precipitation. It leads to bottled mountain rivers. It substantiates measures to protect soil from erosion in the second growth. These measures should ensure prevention of soil degradation and accumulation of forest litter under the forest canopy.

*Keywords:* second growth, interflow, soil erosion, forest litter.

#### REFERENCES

1. Ivonin V. M., Pen'kovskiy N. D. *Lesomelioratsiya landshaftov* [Forest Melioration of Landscapes]. Rostov-on-don, 2003. 150 p.
2. Ivonin V. M., Terteryan A.V. Poverkhnostnyy stok pri livnyakh v narushennykh lesakh na vodosborakh gornyykh rek Severo-Zapadnogo Kavkaza [Surface Runoff Storm Water in Disturbed Forests in Catchments of the Mountain Rivers of the Northwest Caucasus]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo*, 2013, no. 1, pp. 17–19.
3. Koval' I.P., Bitukov N.A., Shevtsov B.P. *Ekologicheskie osnovy gornogo lesovodstva* [Ecological Bases of Mountain Forestry]. Sochi, 2012. 565 p.
4. Kuznetsov M.S., Glazunov G.P. *Eroziya i okhrana pochv* [Soil Erosion and Protection]. Moscow, 1995. 334 p.
5. Mirtskhulava Ts.E. *Inzhenernyye metody rascheta i prognoza vodnoy erozii* [Engineering Methods for Calculating and Predicting of Water Erosion]. Moscow, 1970. 179 p.

Received on December 05, 2013

---

УДК 712.01:630\*181

## **БИОТЕКТОНИКА – МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА ИССЛЕДОВАНИЯ РОСТА ДРЕВОСТОЕВ**

© *Н.Н. Чернов, д-р с.-х. наук, проф.*

Уральский государственный лесотехнический университет, ул. Сибирский тракт, 36, г. Екатеринбург, Россия, 620100; e-mail: LK\_BF@mail.ru

Цель работы – ввести специалистов-лесоведов в мир некоторых закономерностей роста дерева и древостоя, основанных на фундаментальных свойствах организации материи и жизни, показать пути перевода исследований с господствующих в лесоведении эмпирических методов познания (наблюдения и эксперимента) на методологический уровень объективно существующих природных закономерностей, что позволит кардинально повысить научную эффективность исследований. Применяемые в лесоведении методы наблюдения и эксперимента не обеспечивают возможностей составления математической модели роста дерева – основного объекта исследования лесоведов; они обеспечивают лишь эмпирический, фрагментарный и локальный характер выявленных закономерностей. Конечной целью любого научного исследования является составление математической модели изучаемого объекта или явления. Математическая модель – это приближенное описание какого-либо класса явлений внешнего мира, выраженное с помощью математической символики. До сих пор не достигнута конечная цель изучения роста дерева, представляющего собой высокоорганизованную материальную субстанцию. Предложен путь решения задачи составления математической модели роста дерева на основе использования основного закона роста – закона спирально-логарифмического кумулятивного роста, базирующегося на фундаментальных свойствах и формах организации материи и жизни. Закон спирально-логарифмического кумулятивного роста – это математическая модель роста, которая отражает изменение массы организма с возрастом. Математическая модель роста древостоя представляет собой совокупность математических моделей роста деревьев, составляющих древостой. Закон спирально-логарифмического кумулятивного роста, выражаемый графически золотой спиралью, объединяет в себе все основные свойства организации материи (числа  $\pi$ ,  $e$ -натуральное, золотое сечение  $\Phi$  и основную форму движения материи и организации жизни – спиралевидное вращение) и является важнейшим инструментом исследования роста дерева и древостоя.

*Ключевые слова:* лесоведение, дерево, древостой, архитектоника, биотектоника, математическое моделирование, формы организации материи, золотое сечение, логарифмическая спираль, закон роста.

Конечная цель любого научного исследования – составление математической модели изучаемого объекта или явления. Применявшийся до настоящего времени эмпирический подход к изучению дерева не позволил составить математическую модель дерева и его роста. Нужен был иной, принципиально отличающийся от традиционного взгляд на изучаемый объект. Таким альтернативным подходом, предлагаемым впервые, служит изучение дерева как высоко организованной материальной субстанции, формирующейся на основе

глобальных свойств и законов организации материи. При реализации такого подхода появилась возможность решить проблему составления математической модели роста не только дерева, но и древостоя, с одной стороны, и, по возможности, переноса этих приемов моделирования на другие растения и растительные сообщества, с другой.

Достигнутый лесоведами уровень совершенствования эмпирических моделей явлений и объектов, создаваемых по результатам использования методов наблюдения и эксперимента, методологически исчерпал себя, в связи с чем возникла необходимость использовать в лесоведческих исследованиях принципиально иную научно обоснованную методологическую основу – биотектонику, базирующуюся на закономерностях архитектоники\*.

Архитектоника – это специально-научная методология [4]. Основы архитектоники как методологии были разработаны философами с использованием положений системного анализа и архитектуры преимущественно на растительных объектах [3].

Особенности лесных насаждений (являющихся природными архитектурными объектами), отличающие их от архитектурных сооружений:

- более высокая сложность размещения в пространстве их составных частей;
- более высокий уровень формирования структуры объектов;
- развитие строения объектов в динамике при воздействии многочисленных эндогенных (включая наследственный аппарат) и экзогенных факторов;
- возможность применения мероприятий по улучшению строения и структуры объектов;
- широкое разнообразие цветовой гаммы и ее изменений во времени и пространстве;
- возможность применения широкого спектра методов исследования объектов;
- выполнение объектами экологических функций и т. д.

Для интегрального обозначения тектоники биологических и архитектурных объектов целесообразно использовать термин «биоархитектоника», объединяющий биотектонику и архитектонику. Архитектоника как методология обеспечивает разработку методических подходов исследований в архитектуре. В биологии методологией является биотектоника как параллельная архитектонике методология, построенная на тех же принципах, но учитывающая более сложную структуру и динамику объектов. В составе биотектоники выделяется дендротектоника как методологическая основа для разработки методов исследования древостоев.

---

\*Архитектоника – это художественное выражение закономерностей строения, присущих конструктивной системе зданий, художественных произведений, обуславливающее соотношение его главных и второстепенных элементов. Она является системой закономерностей, занимающей промежуточное положение между разделом философии «Системный анализ» и архитектурой в широком ее понимании.

Первоочередной задачей применения основных положений биотектоники в лесном деле является обоснование возможностей их использования при разработке методических основ и методик исследования строения насаждений и древостоев, их изменений в процессе возрастной динамики в различных условиях произрастания. На втором этапе разработки практических мер по использованию полученных результатов важно использовать также предложения, которые наиболее полно отвечают целевым установкам выращивания лесов и формирования лесных объектов.

Перед лесами как специфическими архитектурными и лесоводственными объектами, наряду с использованием симметрии, пропорций и визуального восприятия, составляющих основу искусства, стоят не менее важные задачи повышения продуктивности и улучшения состояния лесов. Формирование лесов, выполняющих многообразные лесоводственные функции, – сверхзадача лесоводства будущего.

Использование теоретических положений, приемов и методов исследований, разработанных архитекторами, математиками и дизайнерами и составляющих суть архитектоники, применительно к лесным объектам позволит коренным образом усовершенствовать методы изучения лесов с применением фундаментальных закономерностей организации материи и разработать на этой основе практические приемы реализации результатов исследований.

Общенаучной методологией исследований, позволяющей выявить все связи и закономерности развития составных частей сложного явления или объекта, является теория системного анализа [1, 4, 5]. Она служит методологической основой оценки большого количества информации различной природы. К сложным системам относятся: растительное сообщество, лес, лесонасаждение, древостой, дерево, корни, ствол, крона, лист, клетка и т.д. Системный подход допускает вариативность его применения в конкретных науках, давая лишь общую ориентацию.

Основные понятия в архитектонике и биотектонике – системный подход, методология, закономерности строения, симметрия, подобие, соотношение, пропорция, божественная пропорция, золотое сечение, ряды чисел Фибоначчи и Люка, взаимосвязанность форм, пространство, движение, спиральное вращение, логарифмическая спираль, золотые динамические прямоугольники, золотая спираль, основной закон роста (закон спирально-логарифмического кумулятивного роста).

Биотектоника, наряду с художественной выразительностью, определяет структуру лесного насаждения и древостоя, их функциональность, биологическую устойчивость, воспроизводство, экологическое и хозяйственное значение и др. Для природных объектов характерно широкое распространение основных характеристик биотектоники – органичное использование пространства, золотого сечения, симметрии, подобия, спирали.



Основными формами организации материи являются гравитация, структурирование в пропорции золотого сечения, движение (понимаемое как любое изменение вообще) преимущественно в виде спирали. Выделяют алгебраические спирали (архимедова, гиперболическая, параболическая) и псевдоспираль (логарифмическая). Основной формой жизни является логарифмическая спираль, алгебраические спирали встречаются редко.

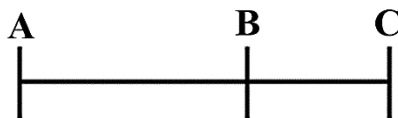


Рис. 1. Божественная пропорция

Основой золотого сечения является божественная пропорция (рис. 1). Она получается путем деления отрезка на два таким образом, чтобы отношение отрезка AC к более длинному AB равнялось отношению последнего к более короткому BC.

Это соотношение равно  $1,61803^*$ , что можно выразить в виде дроби  $(1+\sqrt{5})/2$ .

Золотое сечение – это образ соразмерности, целостности, единства разнообразия, динамического равновесия и роста, упорядоченного множества, образ подобия строению многим природным организмам. Золотое сечение неизменно вызывает чувство полной гармонии и красоты статичных объектов [2], является основой организации материи на всех уровнях, основной пропорцией (соотношением величин) как в неживой, так и в живой природе. Однако золотое сечение не довлеет над другими пропорциями, а присутствует вместе с ними [6, 8, 9].

Золотое сечение (число) представляет собой в природе фундаментальную константу формообразования, но константу не явную, а глубоко скрытую от поверхностных наблюдений. Скрытое, неявное золотое сечение обеспечивает гармонию объектов в динамике (гармонию роста биологических объектов). В ряду золотого сечения  $\Phi$  закодирована генетика. В числе  $\sqrt{\Phi}$  (логарифмическая спираль) закодированы элементарные основополагающие формы живой природы [7].

Золотое сечение имеет место в распределении Лапласа–Гаусса – основного распределения случайных величин (рис. 2). В распределении Лапласа–Гаусса золотым сечением ( $1,61803$ ) является отношение срединной ординаты к ординатам, восстановленным из точек  $-\sigma$  и  $+\sigma$  до точек перегиба кривой распределения. Таким образом беспредельный мир вероятностно-стохастических величин связан с глобальными свойствами материи, лежащими в основе закона спирально-логарифмического кумулятивного роста (золотой спирали).

Золотое сечение является основой организации материи во всех ее проявлениях. Оно лежит в основе всех биологических структур и является геометрическим выражением жизни. Платон называл пропорцию  $\Phi$  ключом к физике космоса.

\*Здесь приведено округленное цифровое значение золотого сечения.

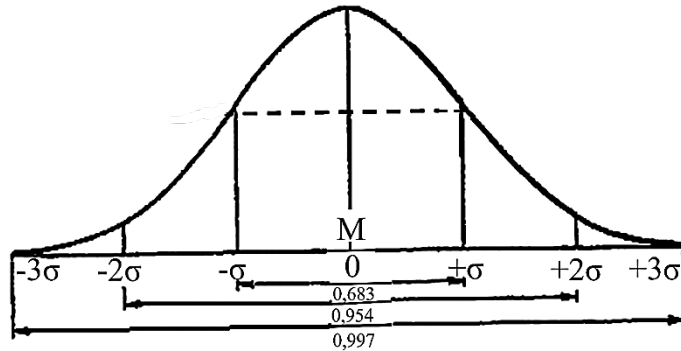


Рис. 2. Кривая нормального распределения Лапласа–Гаусса ( $M$  – среднее арифметическое;  $\sigma$  – стандартное отклонение; по вертикальной оси – частоты (число наблюдений); по горизонтальной – варианты (значения изучаемого признака))

Наряду с золотым сечением и гравитацией основу организации материи составляет число  $\pi$  как форма организации пространства. Золотое сечение с числом  $\pi$  находится в следующем отношении:  $\sqrt{\Phi} = 4/\pi = 1,272$  ( $\Phi = 1,272^2 = 1,61803$ );  $e$ -натуральное является формой организации движения материи по спирали.

Золотое сечение является пропорцией рядов чисел Фибоначчи и Люка, которые получают аддитивным сложением из чисел 1 и 2 (точное его значение в ряду Фибоначчи начинается с 15 действия).

$\begin{array}{c} \text{Ряд Фибоначчи} \\ \downarrow \\ \text{и т. д. } 76, 47, 29, 18, 11, 7, 4, 3, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55 \text{ и т. д.} \\ \uparrow \\ \text{ряд Люка} \end{array}$

Уникальность рядов Фибоначчи и Люка в том, что соотношения соседних чисел в них соответствуют золотому сечению; эта уникальность не числовая, а биологическая. Фундаментальность рядов чисел Фибоначчи и Люка заключается в их аддитивности и мультипликативности в пропорции золотого сечения  $\Phi$ . Понятие аддитивности означает, что целое структурно, понятие мультипликативности – что на все части структурно организованного целого распространяется одна и та же закономерность роста (пропорция). В едином организме все части растут по одному закону. Это свойство рядов чисел является основой организации жизни биологических существ и устройства их генетического аппарата [7].

Спиралевидное строение генетического аппарата сопровождается спиралевидным строением генеративных и вегетативных органов древесных растений (рис. 3). Число правых и левых спиралей всегда неодинаково и соотносится оно между собой как пары соседних чисел в рядах чисел Фибоначчи и Люка. Углы восходящих спиралей (углы дивергенции) определяют числа золотого сечения. 8 спиралей шишки сосны направлены по часовой стрелке, 13 – против часовой, или наоборот. Приведенные числа 8 и 13 – смежные пары ряда чисел Фибоначчи.



Рис. 3. Спирали роста шишек крымской (а) и приморской (б) сосен

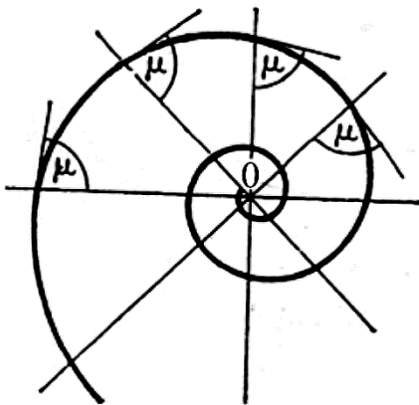


Рис. 4. Логарифмическая спираль

Логарифмическая спираль – это плоская трансцендентная кривая, пересекающая все радиусы-векторы под одним и тем же углом  $\mu$ . Соотношения отрезков лучей, разделяемых точкой роста  $O$ , являются золотым сечением (рис. 4). Логарифмическая спираль нарастает ускоряющимися темпами: чем больше становятся живые существа, тем быстрее они растут.

Основным способом построения золотой спирали как геометрического выражения закона спирально-логарифмического кумулятивного роста является использование золотых прямоугольников [1] (рис. 5).

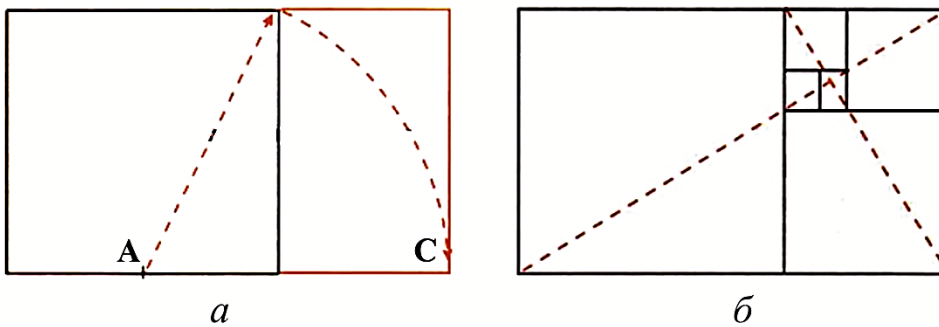
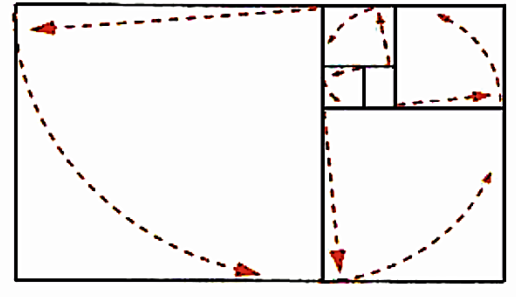
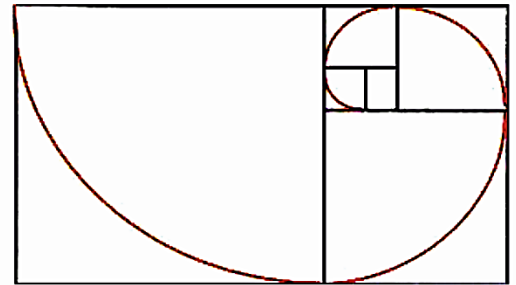


Рис. 5. Построение золотого прямоугольника (а) по методу квадрата (б)



а

Рис. 6. Построение золотой спирали



б

Золотой прямоугольник уникален тем, что при его делении всегда получается такой же прямоугольник меньшего масштаба и квадрат (рис. 6, а). Благодаря этому особому свойству из золотого прямоугольника можно получить спираль, проводя дуги по радиусам, равным сторонам пропорционально уменьшающихся квадратов (рис. 6, б).

Алгебраическое выражение золотой спирали:

$$P = ae^{k\phi},$$

где  $k = \ln a = \text{ctg} \mu$  (при  $\mu = \pi/2$ ,  $k = 0$  и кривая – окружность).

Полюс  $O$  – асимптотическая точка.

Золотая спираль является математическим выражением основного закона роста организма в живой природе – закона спирально-логарифмического кумулятивного роста. Это математическая модель роста, которая отражает изменение массы организма с возрастом.

Закон спирально-логарифмического кумулятивного роста, выражаемый графически золотой спиралью, объединяет в себе все основные свойства организации материи – числа  $\pi$ ,  $e$ -натуральное, золотое сечение  $\Phi$  и основную форму движения материи и организации жизни – спиралевидное вращение. Закон является важнейшим инструментом исследования роста дерева и древостоя.

Применение биотектоники для исследования лесов перспективно в следующих направлениях:

обоснование биотектоники как методологической основы исследования лесов;

составление математической модели роста дерева;

разработка математических методов аппроксимации роста дерева золотой спиралью;

обоснование соответствия роста дерева основному закону роста – закону спирально-логарифмического кумулятивного роста (золотой спирали);

составление математической модели роста древостоя;

выявление особенностей действия и сопряженного взаимодействия экзогенных и эндогенных факторов на динамику роста деревьев в древостое, включая достижение ее соответствия золотой спирали;

выявление степени влияния экзогенных и эндогенных факторов, препятствующих достижению наиболее полного соответствия динамики роста деревьев в древостое золотой спирали;

адаптация разработанных таксаторами методик исследований к установленным закономерностям золотой спирали.

При исследовании древостоя применяется дендротектонический уровень математического моделирования – установление закономерностей роста дерева в виде его математической модели на основе закона спирально-логарифмического кумулятивного роста и математической модели роста древостоя как совокупности математических моделей роста деревьев.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеев П.В., Панин А.В.* Философия. М.: Проспект, 2012. 471 с.
2. *Божко Ю.Г.* Архитектоника и комбинаторика формообразования. К.: Выща шк., 1991. 246 с.
3. *Кимберли Э.* Геометрия дизайна. Пропорции и композиция. СПб.: Изд-во «Питер», 2012. 108 с.
4. *Назаров И.В.* История и философия науки. Екатеринбург: УГЛТУ, 2012. 198 с.
5. Философский словарь. М.: Изд-во полит. лит-ры, 1987.
6. *Шевелев И.Ш., Марутаев М.А., Шмелев И.П.* Золотое сечение: Три взгляда на природу гармонии. М.: Стройиздат, 1970. 352 с.
7. *Шевелев И.Ш.* Принципы пропорции: О формообразовании в природе. М.: Стройиздат, 1986. 200 с.
8. *Шевелев И.Ш.* Метаязык живой природы. М.: Воскресенье, 2000. 352 с.
9. *Шевелев И.Ш.* Золотое пространство, основы гармонии. М.: Промдизайн, 2006. 58 с.

Поступила 24.12.13

UDC 712.01:630\*181

#### **Biotectonics – a Methodological Basis of Research of Forest Stands Growth**

*N.N. Chernov, Doctor of Agriculture, Professor*

Ural State Forest Engineering University, Sibirsky tract, 37, Ekaterinburg, 620100, Russia; e-mail: LK\_BF@mail.ru

The purpose of work is to enter forest experts into the world of some regularities of tree growth and forest stand, based on fundamental properties of the material and life organization,

to show the ways of researches transference from empirical methods of knowledge, dominating in a dendrology, (supervision and experiment) on methodological level of objectively existing natural regularities that will allow to increase scientific efficiency of researches. Methods of supervision and experiment, applied in a dendrology, don't provide the drawing up opportunities of mathematical model of a tree growth – the main research object of forest experts; they provide only empirical, fragmentary and local nature of the revealed regularities. Ultimate goal of any scientific research is mathematical model drawing up of studied object or the phenomenon. The mathematical model is an approximate description of any phenomena class outside, expressed by means of mathematical symbology. Still the ultimate objective of the tree growth studying, representing the high-organized material substance, hasn't been achieved. The way of problem solving of mathematical model of tree growth drawing up on the basis of use of the fundamental growth law – the law spiral-logarithmic cumulative expansion, which is based on fundamental properties and forms of the organization of a material and life, is offered. The law spiral-logarithmic cumulative expansion is a mathematical model of growth which reflects the change of organism mass with age. Algebraic expression of the Gold spiral is  $P = ae^{k\phi}$ . The mathematical model of forest stand growth represents set of mathematical models of the trees growth, making a forest stand. The law spiral-logarithmic cumulative expansion, expressed graphically by Gold spiral, unites all main properties of the material organization (pi, an e-natural, golden section F and the main form of material movement and the life organization – heliciform rotation) is the most important instrument of research of tree and forest stand growth.

*Keywords:* dendrology, tree, forest stand, architectonics, biotektonics, mathematical modeling, forms of the material organization, golden section, logarithmic spiral, law of growth.

#### REFERENCES

1. Alekseev P.V., Panin A.V. *Filosofiya* [Philosophy]. Moscow, 2012. 471 p.
2. Bozhko Yu.G. *Arkhitektonika i kombinatorika formoobrazovaniya* [Architectonic and Theory of Combinations of Casting]. Kiev, 1991. 246 p.
3. Kimberli Elam. *Geometriya dizayna. Proportsii i kompozitsiya* [Design Geometry. Proportions and Composition]. St. Petersburg, 2012. 108 p.
4. Nazarov I.V. *Istoriya i filosofiya nauki* [History and Philosophy of Science]. Ekaterinburg, 2012. 198 p.
5. *Filosofskiy slovar'* [Philosophical dictionary]. Moscow, 1987.
6. Shevelev I.Sh., Marutaev M.A., Shmelev I.P. *Zolotoe sechenie: Tri vzglyada na prirodu garmonii* [Golden Section: Three Views of the Harmony Nature]. Moscow, 1970. 352 p.
7. Schevelev I.Sh. *Printsipy proportsii: O formoobrazovanii v prirode* [Principles of a Proportion: About a Forming in the Nature]. Moscow, 1986. 200 p.
8. Schevelev I.Sh. *Metazyk zhivoy prirody* [Meta Language of Wildlife]. Moscow, 2000. 352 p.
9. Schevelev I.Sh. *Zolotoe prostranstvo, osnovy garmonii* [Gold Space, Harmony Bases]. Moscow, 2006. 58 p.

Received on December 24, 2013

УДК 630\*17:582:630\*232

## ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В УСЛОВИЯХ ВОСТОЧНОГО ПОЛЕСЬЯ УКРАИНЫ

© *Я.Д. Фучило<sup>1</sup>, д-р с.-х. наук, проф.*

*А.Ю. Рябухин<sup>1</sup>, асп.*

*М.В. Сбитная<sup>1</sup>, канд. с.-х. наук, ст. преп.*

*В.Ю. Кайдык<sup>1</sup>, асп.*

*С.В. Левин<sup>2</sup>, ст. преп.*

<sup>1</sup>Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, ул. Героев Оборона, 15, г. Киев, Украина, 03041; e-mail: fuchylo\_yar@ukr.net

<sup>2</sup>Луганский национальный аграрный университет, ул. Мазепы, 10, г. Луганск, Украина, 91008; e-mail: levinlg@ukr.net

Важным условием переориентирования лесного хозяйства Украины на экологические основы является максимальное использование при лесовозобновлении естественного возобновления древесных пород. В статье представлены результаты исследований состояния естественного возобновления сосны обыкновенной, дуба обыкновенного и других пород в лесах Восточного Полесья Украины. Определены оптимальные условия, в которых можно рассчитывать на успешное естественное восстановление. Изучено влияние мер содействия естественному возобновлению на интенсивность появления самосева сосны. Установлено, что появление интенсивного естественного возобновления сосны обыкновенной в лесах Восточного Полесья возможно во влажных и переходных к свежим субореваемых лесорастительных условиях, удовлетворительное возобновление в благоприятные годы – в свежих суборах и судубравах. Значительно повысить интенсивность появления самосева сосны можно путем минерализации почвы. При этом количество 1–2-летних растений может достигать 150175 тыс. шт./га. Количество самосева сосны обыкновенной на лесокультурных площадях с возрастом резко уменьшается вследствие воздействия на него сорной растительности и других негативных факторов. Для повышения сохранности растений за ними необходимо проводить тщательный уход.

*Ключевые слова:* лесовосстановление, сосна обыкновенная, естественное возобновление, минерализация почвы.

Леса нашей планеты являются мощным фактором, существенно влияющим на круговорот веществ и энергии, стабилизацию экологического равновесия биосферы, поэтому проблема успешного воспроизводства лесных фитоценозов и увеличения площадей, занятых лесами, чрезвычайно актуальна. В Украине лесовосстановление, в основном, осуществляется за счет создания лесных культур. Естественное возобновление лесов используется очень редко, хотя в отдельные годы во многих типах лесорастительных условий северных и северно-западных регионов страны для этого создаются вполне благоприятные условия. Более широкое использование естественного возобновления имеет важное экономическое и экологическое значение, поскольку позволяет до минимума сократить затраты на лесовосстановление и получить более

устойчивые насаждения, так как природные древостои состоят из особей, на всех стадиях онтогенеза прошедших жесткий естественный отбор в конкретных лесорастительных условиях и лучше к ним приспособившихся.

Целью исследований было изучение состояния естественного возобновления сосны обыкновенной и других пород в лесах Восточного Полесья Украины, определение оптимальных лесорастительных условий, в которых можно рассчитывать на успешное естественное возобновление, а также исследование влияния мер содействия естественному возобновлению на интенсивность появления самосева сосны.

#### *Объекты и методика исследований*

Объектами исследований служили лесные участки с наличием естественного возобновления сосны обыкновенной и других древесных пород под пологом ряда насаждений в западной и восточной частях Восточного Полесья, которые различаются между собой по возрасту, полноте, лесорастительным условиям и другим характеристикам, а также самосев сосны, который появляется в 1–2-летних лесных культурах. Естественное возобновление изучали на учетных площадках по традиционным методикам. Учетные площадки располагались равномерно по площади насаждений, на них проводили сплошной учет естественного возобновления каждой древесной породы с распределением его по возрасту и высоте и последующим переводом полученных результатов на 1 га.

#### *Результаты и обсуждение*

Главная лесобразующая порода Полесья – сосна обыкновенная, по данным Г.С. Корецкого [3], начинает семеношение в насаждениях с 20-летнего возраста и в 10–15-летнем возрасте, если растет на открытом пространстве. Нами установлено, что начало семеношения сосны может наступить и несколько раньше (в возрасте 8 лет). С возрастом увеличивается количество особей, способных к репродукции, а также семян, полученных из них. Спелые сомкнутые сосновые древостои продуцируют от 1 до 20 кг семян на 1 га [3]. Если учесть, что масса 1000 шт. семян сосны составляет в Украине около 6 г, их средняя всхожесть – 90 %, то получается, что под полог таких древостоев ежегодно на 1 га попадает от 130 тыс. (в неурожайный год) до 2 млн (в урожайный год) жизнеспособных семян. Такое их количество должно обеспечить обильное естественное возобновление сосняков, поскольку урожайные годы в Украине повторяются через каждые 2...4 года, неурожайные бывают очень редко [2].

Обследование нами ряда насаждений, которые различаются между собой по возрасту, полноте, условиям произрастания, составу и т. д., позволило выявить некоторые факторы, влияющие на интенсивность появления под их пологом естественного восстановления сосны обыкновенной, дуба обыкновенного и др. пород.



Было установлено, что четко выраженной зависимости между возрастом материнского насаждения и интенсивностью возобновления под его пологом молодого поколения не наблюдается. Можно отметить почти полное отсутствие самосева и подроста сосны в 33–42-летних насаждениях, что в большей мере было вызвано их высокой полнотой (0,8...1,0). Больше самосева и подроста (от 3,9 до 14,5 тыс. шт./га) оказалось под пологом насаждений полнотой 0,5...0,7. Высокая сомкнутость полога ухудшает условия для появления всходов из-за недостаточной освещенности поверхности почвы и толстого слоя подстилки, при меньшей его плотности всходы подавляются густой злаковой растительностью, представленной в основном пыреем ползучим и вейником лесным.

В бедных лесорастительных условиях (боры, субори) преобладают подрост и самосев сосны, с повышением плодородия почвы их вытесняют мегатрофные породы (дуб, граб, клен, ильм и др.). Отсутствие естественного возобновления сосны под пологом насаждений в сложных субориях объясняется также наличием там густого подлесочного яруса лещины обыкновенной, крушины, бузины красной и других кустарников, который создает неблагоприятные для всходов сосны условия освещенности. Количество самосева дуба здесь достигает 4,6 тыс. шт./га, в суборевых условиях – от 0,6 до 4,1 тыс. шт./га.

Интенсивность естественного восстановления сосны в значительной степени зависит от влажности почвы. Так, в свежих субориях количество ее самосева и подроста составляет 0,3...3,5 тыс. шт./га, в переходных от свежих к влажным условиям – 0,6...5,1, во влажных субориях – 12,0 тыс. шт./га [6].

Согласно шкале оценки успешности естественного семенного возобновления [4], возобновление сосны под пологом насаждений в свежей субории в основном плохое. Оно удовлетворительное только в переходных к влажным условиям и во влажных субориях.

Важное значение для лесного хозяйства имеет естественное возобновление под пологом спелых и перестойных насаждений, поскольку после вырубki последних оно может стать основой будущих древостоев. По данным Полесской агролесомелиоративной станции (АЛМОС) [1], на Полесье Украины на долю участков спелых сосновых насаждений, где после рубки главного пользования можно рассчитывать на естественное восстановление леса (благодаря предыдущему восстановлению), приходится 20...25 %. Серьезную проблему при использовании такого обновления составляет значительное повреждение подроста при проведении рубок главного пользования. Для сохранения самосева и подроста необходимо применять специальные технологии главных рубок, что повышает себестоимость лесозаготовительных работ и позволяет формировать естественные или комбинированные сосновые древостои.

При лесовосстановлении можно также использовать самосев, который появляется после удаления материнского древостоя (последующее возобновление). Изучение динамики изменения количества самосева и подроста древесных пород проводилось нами на вырубках Боярского лесничества Обособленного подразделения Национального университета биоресурсов и природопользования (НУБиП) Украины «Боярская ЛДС» в междурядьях лесных культур. Среди исследуемых участков были представлены три вырубки средневозрастных насаждений, пострадавших в результате лесных пожаров и имеющих на момент проведения рубок возраст 35, 63 и 52 года. Первый участок – естественное насаждение сосны, возникшее вследствие постепенных рубок, проводимых кафедрой общего лесоводства Украинской сельскохозяйственной академии (сейчас – НУБиП Украины) [5], остальные – вырубки спелых и перестойных сосновых древостоев.

Было установлено, что существует значительная разница в количестве естественного возобновления между свежими и влажными суборевыми условиями: в свежих суборях общее количество самосева составляет от 0,4 до 3,0 тыс. шт./га, во влажных – 36,5 тыс. шт./га. С увеличением возраста лесных культур количество естественного возобновления уменьшается (от 3,0 тыс. шт./га на 1-летней вырубке до 0,4 тыс. шт./га на 10-летней). Причиной этого является интенсивное разрастание на лесокультурных площадях сорняков, от конкуренции с которыми значительная часть естественного возобновления погибает, а та, которая выживает, как правило, имеет значительно меньшую высоту, чем саженцы лесных культур, растущих рядом. В 10-летних культурах естественное возобновление сосны практически полностью отсутствует или встречается одиночно.

Для достижения положительных результатов при лесовыращивании с участием естественного возобновления сосны обыкновенной целесообразно применять меры содействия его появлению, в частности – минерализацию почвы. Проведенные исследования в Олинском лесничестве Государственного предприятия «Свесское ЛХ» Сумской области показали, что применяемая здесь на вырубках минерализация почвы путем проведения борозд плугом ПКЛ-70 через 2,5 м между их центрами способствует появлению значительного количества самосева сосны (см. таблицу).

В минерализованных полосах (в среднем их ширина 0,5 м) на пробных площадях (ПП) 1 и 2 количество самосева сосны составило соответственно 370,0 и 429,3 тыс. шт./га, в междурядьях (незадерневших) – соответственно 46,0 и 49,2 тыс. шт./га. Таким образом, минерализация почвы увеличила количество самосева сосны более чем в 8 раз. На задерневших площадях, например, на ПП 3, где в междурядьях естественное возобновление сосны отсутствует полностью, этот показатель может достигать больших значений.

**Влияние минерализации почвы на успешность естественного возобновления сосны обыкновенной на вырубках в условиях сложной субори**

Номер ПП	Квартал	Возраст самосева, лет	Количество самосева, тыс. шт./га			Примечание
			в минерализованных полосах	в между-рядьях	всего на площади	
1	48	1	370,0	46,0	154,0	Самосев по бороздам, проведенным плугом ПКЛ-70
2	50	1	429,3	49,2	175,9	
3	53	1	111,0	–	22,2	
		2	285,0	–	57,0	
		<i>Всего</i>	396,0	–	79,2	
4	53	1	508,0	–	101,6	Самосев в рядах 1-летних культур сосны
5	48	1	67,5		67,5	Самосев в рядах и между-рядьях 2-летних лесных культур ели
		2	47,7		47,7	
		<i>Всего</i>	115,2		115,2	
6	53	4	88,0	–	17,6	Самосев в рядах 4-летних лесных культур сосны
7	56	5	8,5	–	1,7	Самосев в рядах 5-летних лесных культур березы
8	55	1	457,0	–	91,4	Борозды на расстоянии 0...50 м от стены леса
9	55	1	99,5	–	19,9	Борозды на расстоянии 80...130 м от стены леса

В исследуемом регионе довольно часто наблюдается появление значительного количества самосева сосны в рядах 1–2-летних лесных культур (ПП 4–7). При этом, как и в условиях западной части региона исследований (Боярское лесничество), отмечается снижение его количества с возрастом. Так, в 1–2-летнем возрасте количество самосева составляет 101,6...115,2 тыс. шт./га (ПП 4, 5), в 4-летнем – 17,6 тыс. шт./га (ПП 6), в 5-летнем – 1,7 тыс. шт./га (ПП 7). Это указывает на значительную уязвимость 1–2-летнего самосева сосны и необходимость проведения тщательного ухода с целью защиты его от сорняков и нежелательной древесной растительности.

Как видно из данных, характеризующих ПП 8 и 9, прослеживается обратная связь между интенсивностью появления самосева сосны обыкновенной и расстоянием до источника обсеменения. При благоприятных условиях (минерализация поверхности почвы, направление ветра) достаточное для формирования высокополнотных естественных сосняков количество самосева можно получить на расстоянии 80...130 м от источника семян.

*Выводы*

1. Естественное возобновление сосны обыкновенной при лесовосстановлении используется на лесных предприятиях Украины недостаточно. Формирование лесных насаждений, которые частично или полностью состоят из самосева и подроста, позволило бы сократить затраты на лесовосстановление и повысить биологическую устойчивость лесов.

2. Появление интенсивного естественного возобновления сосны обыкновенной на Восточном Полесье возможно во влажных и переходных к свежим суборевых лесорастительных условиях. Удовлетворительное возобновление в благоприятные годы возможно также в свежих суборях и судубравах. Значительно повысить интенсивность появления самосева сосны можно путем проведения минерализации почвы.

3. Прослеживается обратная связь между интенсивностью появления самосева сосны обыкновенной и расстоянием площади до источника обсеменения (до стены леса). При благоприятных условиях достаточное для формирования высокополнотных естественных сосняков количество самосева возможно на расстоянии 80...130 м от стены леса.

4. Количество самосева сосны обыкновенной на лесокультурных площадях с возрастом резко уменьшается вследствие воздействия на него сорной растительности, что указывает на необходимость проведения за ним тщательного ухода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бузун В.А., Турко В.Н. Формирование сосновых насаждений из сохранившегося подроста // Лесн. хоз-во. 1996. № 5. С. 23–25.
2. Гордієнко М.І., Рибак В.О., Грінченко В.В., Гордієнко Н.М., Червонний А.Є., Шаблій І.В. Лісові культури сосни звичайної на півдні Київського Полісся. К.: НАУ, 1996. 191 с.
3. Корецький Г.С. Лісовенасінництво // Лісові культури: підручник. К.: Сільгосп-просвіта, 1995. С. 11–98.
4. Лохматов Н.А., Ромашов Н.В., Чернявский Н.В. Естественное возобновление и меры содействия ему // Справочник лесоведа. К.: Урожай, 1990. С. 140–150.
5. Мегалінський П.М. Природнепоновлення сосни // Результати наукових досліджень по лісових культурах в Боярському дослідному лісгоспі. К: Вид-во УАСГН, 1960. С. 79–85.
6. Фучило Я.Д., Рибак В.О., Радчук М.Ф., Червонний А.Є., Свириденко В.І. Природне поновлення лісів Київського Полісся // Вісник аграрної науки. 1997. № 11. С. 46–49.

Поступила 07.11.13

UDC 630\*17:582:630\*232

### The Natural Renewal of Scots Pine in Eastern Polissia Conditions of Ukraine

*Ya.D. Fuchilo*<sup>1</sup>, Doctor of Agriculture, Professor

*O.Yu. Ryabukhin*<sup>1</sup>, Postgraduate Student

*M.B. Sbitnaya*<sup>1</sup>, Candidate of Agriculture, Senior Lecturer

*V.Y. Kaidyk*<sup>1</sup>, Postgraduate Student

*S.V. Levin*<sup>2</sup>, Senior Lecturer

<sup>1</sup>National University of Bioresources and Environmental Management of Ukraine, Geroev Oborony, 15, Kiev, 03041, Ukraine; e-mail: fuchylo\_yar@ukr.net

<sup>2</sup>Lugansk National Agrarian University, Mazepy, 10, Lugansk, 91008, Ukraine; e-mail: lev-inlg@ukr.net

An important condition to redirect the forestry in Ukraine on environmental ecology basis is the maximum usage of natural regeneration of wood species for reforestation. The article presents the results of research on the state of natural regeneration of Scots pine, oak and other species in the forests of the Eastern Ukraine Polissia. The optimal conditions, in which you can depend on the successful natural regeneration, are determined. The effect of measures to promote natural regeneration on the intensity of the appearance of self-sown pine is studied. It is established, that the occurrence of intense natural regeneration of Scots pine in the East Polissia forests is possible in wet and transitional to fresh subor forest conditions. Satisfactory renewal in good years is possible also in fresh and subor sudubrava. Significantly increase the intensity of the appearance of self-sown pine can be through soil mineralization. The amount of 1-2-year-old plants can reach to 150 – 175 thousand/ha. The amount of self-sown pine on silvicultural areas with age decreases sharply due to the impact on it of weeds and other negative factors. For the conservation increasing of plants it is necessary to handle them carefully.

*Keywords:* reforestation, Scots pine, natural forest renewal, soil mineralization.

#### REFERENCES

1. Buzun V.A., Turko V.N. Formirovanie osnovnykh nasazhdeniy iz sokhranivshego-sya podrosta [Pine Stands Formation from Intacted Undergrowth]. *Lesnoe khozyaystvo*, 1996, no. 5, pp. 23–25.
2. Gordijenko M.I., Rybak V.O., Grinchenko V.V., Gordijenko N.M., Chervonnyj A.E., Shabl'ij I.Y. *Lisovikul'tury sosny zvyčajnoi' na p'ivdni Kyi'vs'kogo Polissja* [Forest Plantations of Scots Pine in the South Part of Kiev Polessie]. Kiev, 1996. 191 p.
3. Korec'kyj G.S. Lisovenasinnyctvo [Forest Seed]. *Lisovikul'tury* [Forest Crops]. Kiev, 1995. pp. 11–98.
4. Lokhmatov N.A., Romashov N.V., Chernyavskiy N.V. Estestvennoe vozobnovlenie i mery sodeystviya emu [Natural Regeneration and Assistance Measures to Him]. *Spravochnik lesovoda* [Forester Guide]. Kiev, 1990, pp. 140–150.
5. Megalins'kyj P.M. Pryrodneponovlennja sosny [Natural Regeneration of Pine]. *Rezultaty naukovykh doslidzhen' po lisovykh kul'turah v Bojars'komu doslidnomul'isgosp'i* [The Researches Results on Forest Plantations in Boyarka Experimental Forestry]. Kiev, 1960, pp. 79–85.
6. Fuchylo Ja.D., Rybak V.O., Radchuk M.F., Chervonnyj A.E., Svyrydenko V.I. Pryrodne ponovlennja lisiv Kyi'vs'kogo Polissja [Natural Regeneration of Kiev Polessie Forests]. *Visnyk agrarnoi' nauky*, 1997, no. 11, pp. 46–49.

Received on November 7, 2013

УДК 581.5

**УРОЖАЙНОСТЬ И СОДЕРЖАНИЕ ВИТАМИНА С  
В БРУСНИКЕ (*VACCINIUM VITIS-IDAEA* L.)  
И ЧЕРНИКЕ (*VACCINIUM MYRTILLUS* L.)  
В ПРЕДЕЛАХ ПЛЕСЕЦКОГО ТЕКТОНИЧЕСКОГО УЗЛА\***

© *В.В. Старицын, мл. науч. сотр.*

*В.В. Беляев, д-р с.-х. наук, проф.*

Институт экологических проблем Севера УроРАН, наб. Сев. Двины, 23, г. Архангельск, Россия, 163002; e-mail: corwin87@mail.ru

В настоящее время большое внимание уделяется комплексному использованию лесных ресурсов. Дикорастущие ягодники являются одним из основных компонентов недревесных лесных ресурсов, на состояние популяций которых оказывают влияние как общеизвестные экологические факторы среды, так и геоэкологические условия, рассмотренные в данной работе на примере территорий тектонических узлов. Показано изменение урожайности и содержания аскорбиновой кислоты дикорастущих плодов брусники и черники на территориях тектонических узлов. Район исследования расположен на севере Кенозерского национального парка. На протяжении двух полевых сезонов осуществлялась оценка урожайности по общепринятым в ресурсоведческих исследованиях методикам. Плоды отбирались для проведения химических анализов, которые были выполнены на базе Института естественных наук и биомедицины Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Установлено, что в центре узла урожайность брусники и черники значительно меньше, чем на периферии. Аналогично изменяется и количество ягод: в центре количество брусники составляет  $9,32 \pm 1,44$ , черники –  $22,32 \pm 3,61$  шт./м<sup>2</sup>; на периферии – соответственно  $54,68 \pm 8,49$  и  $76,48 \pm 9,41$  шт./м<sup>2</sup>. Так, урожайность на 1 м<sup>2</sup> между центром и периферией у брусники отличается на 79 %, черники – на 66 %; количество ягод на 1 м<sup>2</sup> различается на 82 % у брусники и на 71 % у черники. Данную зависимость можно объяснить существенным различием в количестве осадков, особенно, в засушливые годы и разным содержанием микроэлементов в почве. Содержание витамина С в ягодах определяли фотометрическим методом. Установлено, что в центре узла содержание витамина С в бруснике составляет  $70,86 \pm 4,69$ , в чернике –  $55,99 \pm 2,00$  мг/100 г, что значительно больше, чем на периферии: соответственно  $43,70 \pm 0,97$  и  $35,30 \pm 5,13$  мг/100 г. Так, содержание витамина С в центре и на периферии у брусники отличается на 59 %, у черники – на 62 %. Предварительно зависимость содержания витамина С от расположения на территории тектонического узла можно объяснить влиянием химического состава почвы: недостаток азота в почве обуславливает снижение аскорбиновой кислоты в растении, обогащение почвы калием приводит к ее повышению.

*Ключевые слова:* *Vaccinium myrtillus* L., *V. vitis-idaea* L., урожайность, аскорбиновая кислота, тектонические узлы.

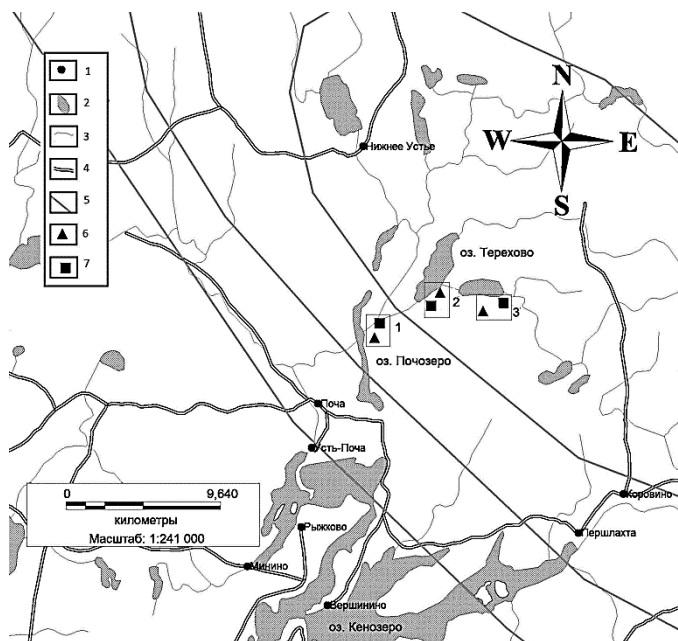
\*Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ № 11-04-98802 а и проекта №12-П-15-1009 Программы Президиума РАН.

Тектонические разломы являются наиболее активным структурообразующим элементом геологической среды. С увеличением числа пересекающихся разломов степень раздробленности, проницаемости и глубинности тектонического узла возрастает. Возникает вертикальная высокопроницаемая область, которая обеспечивает коро-мантийное взаимодействие и постоянный приток флюидов и глубинных газов, т. е. возникает глубинный стволочной канал повышенного тепломассобмена [5]. Кроме того, над тектоническими узлами располагается статичный минимум атмосферного давления. Проведенные ранее исследования показали, что в центре узла осадки выпадают практически в 2 раза реже, их количество на 38 % меньше. Количество осадков увязывают с атмосферным давлением [1]. Естественно, что такое распределение осадков неизбежно влияет и на растительные сообщества.

Объектами нашего исследования выбраны черника (*Vaccinium myrtillus* L.) и брусника (*V. vitis-idaea* L.), поскольку они широко распространены и активно используются на территории Архангельской области. Плоды данных растений характеризуются устойчивым стабильным плодоношением и содержат важные в биологическом отношении вещества – витамины, например витамин С.

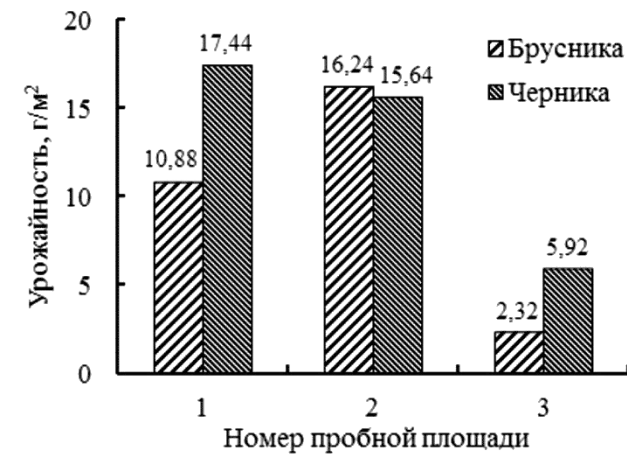
На первом этапе, в течение двух полевых сезонов, оценивали урожайность и количественные показатели черники и брусники в пределах Плесецкого тектонического узла на трех пробных площадях, расположенных на северной окраине Кенозерского национального парка Архангельской области (рис. 1). Методика полевых исследований основана на классических методах лесоводства. Для каждого участка была составлена лесоводственно-геоботаническая характеристика.

Рис. 1. Расположение пробных площадей по учету брусники и черники (Архангельская область, Плесецкий район): 1 – населенные пункты, 2 – озера, 3 – реки, 4 – дороги, 5 – изолинии плотности разрывных нарушений, 6 – брусничник; 7 – черничник (нумерация пробных площадей с 1 по 3 по направлению от периферии тектонического узла к его центру)

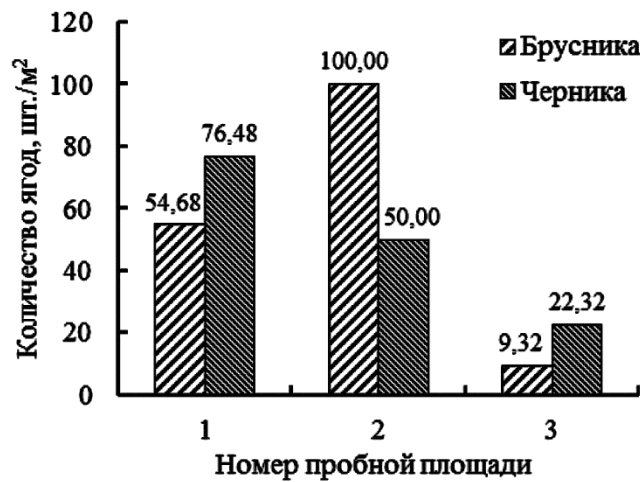


Для определения урожайности использовали метод учетных площадок. Учетные площадки (площадь 1 м<sup>2</sup>) располагались «конвертом» через равные промежутки (1 м) независимо от наличия или отсутствия экземпляров изучаемого вида. Для достижения достаточной точности урожайность рассчитывали в 25 повторностях. На каждой учетной площадке собирали всю массу ягод и рассчитывали среднюю урожайность на единицу площади [6].

Первичные данные были обработаны в программе Excel. Полученные результаты представлены на рис. 2.



*a*



*б*

Рис. 2. Урожайность (*a*) и количество плодов (*б*) брусники и черники на пробных площадях (нумерация пробных площадей по направлению от периферии к центру тектонического узла)



Как видно из рис. 2, в центре узла урожайность брусники и черники составила  $2,32 \pm 0,41$  и  $5,92 \pm 0,96$  г/м<sup>2</sup>, что значительно меньше, чем на периферии: соответственно  $10,88 \pm 1,24$  и  $17,44 \pm 2,52$  г/м<sup>2</sup>. Аналогично изменяется и количество ягод: в центре собрано брусники и черники  $9,32 \pm 1,44$  и  $22,32 \pm 3,61$  шт./м<sup>2</sup>, на периферии – соответственно  $54,68 \pm 8,49$  и  $76,48 \pm 9,41$  шт./м<sup>2</sup>. Так, урожайность на 1 м<sup>2</sup> между центром и периферией отличается на 79 % у брусники и на 66 % у черники; количество ягод на 1 м<sup>2</sup> – соответственно на 82 % у брусники и на 71 % у черники. Возможно, данная зависимость объясняется существенным различием в количестве осадков, особенно, в засушливые годы и разным содержанием микроэлементов в почве.

На втором этапе определяли содержание витамина С в плодах. Исследовали свежие плоды, собранные в фазу полного созревания на тех же пробных площадях, и замороженные после сбора. Анализы выполнены на базе Института естественных наук и биомедицины Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова.

Известно [2], что витамин С в плодах находится в трех формах: восстановленной (аскорбиновая кислота), окисленной (дегидроаскорбиновая кислота) и связанной (аскорбиноген). Большая часть (90...95 %) находится в восстановленной форме.

Содержание аскорбиновой кислоты в ягодах определяли фотометрическим методом (ГОСТ 24556–89. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С). Метод основан на экстракции аскорбиновой кислоты соляной кислотой, восстановлении 2,6-дихлориндофенолята натрия (краска Тильманса) аскорбиновой кислотой с последующей экстракцией бутилацетатом избытка краски и фотометрировании на приборе КФК-2 органического экстракта при длине волны 490 нм. Все пробы были проанализированы в трех повторностях, проведена статистическая обработка результатов.

Содержание аскорбиновой кислоты вычисляли по следующей формуле:

$$X = \frac{(V_1 - V_2)TV_3 \cdot 1000 \cdot 100}{V_4 m},$$

где  $V_1$  – израсходованный объем раствора 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия, см<sup>3</sup>;

$V_2$  – объем раствора 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия, найденный по калибровочному графику, см<sup>3</sup>;

$T$  – титр раствора 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия, г/см<sup>3</sup>;

$V_3$  – объем экстракта, полученный при экстрагировании витамина С из навески продукта, см<sup>3</sup>;

1000 – перерасчет на 1 мг аскорбиновой кислоты;

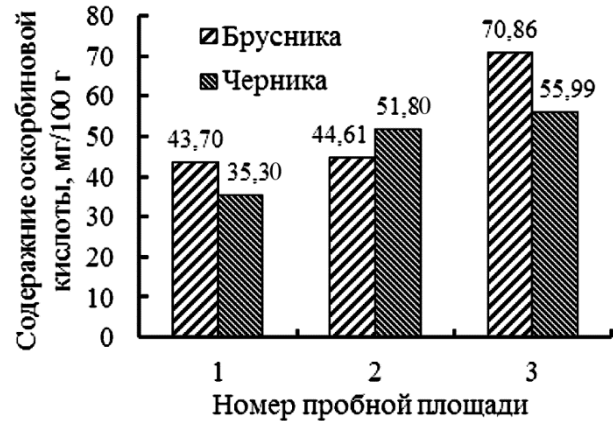
100 – перерасчет на 100 г сырья;

$V_4$  – использованный объем экстракта, см<sup>3</sup>;

$m$  – масса навески продукта, г.

Этот метод позволяет избежать влияния окраски исходной ягодной вытяжки на окраску фотометрируемого раствора и дает результаты, сопоставимые с литературными данными (рис. 3).

Рис. 4. Содержание витамина С в бруснике и чернике на пробных площадях



Установлено, что в центре тектонического узла содержание витамина С в бруснике и чернике составляет  $70,86 \pm 4,69$  и  $55,99 \pm 2,00$  мг/100 г. Это значительно больше, чем на периферии: соответственно  $43,70 \pm 0,97$  и  $35,30 \pm 5,13$  мг/100 г. Таким образом, содержание витамина С в центре и на периферии отличается на 59 % у брусники и на 62 % у черники. Следовательно, максимальное содержание витамина С наблюдается в центре тектонического узла.

Данные литературных источников по содержанию витаминов расходятся. Так, в работе [3] приводятся цифры: для брусники – 15 мг%, для черники – 5 мг%; в работе [7]: для брусники – 15 мг%, для черники – 10 мг%. По М.Д. Киверину и З.А. Копыловой [4] для Европейского Севера средние сопоставимые значения содержания витамина С: в бруснике – 30 мг/100 г, в чернике – 5 мг/100 г. Это позволяет сделать вывод, что по содержанию витамина С территория относится к перспективным для промышленных сборов дикорастущих ягод.

Предварительно зависимость содержания витамина С от расположения на территории тектонического узла можно объяснить влиянием химического состава почвы, на которой произрастают ягодники: недостаток азота в почве обуславливает уменьшение аскорбиновой кислоты в растении, обогащение почвы калием приводит к ее увеличению. Более благоприятные результаты оказывает внесение в почву азота, фосфора, калия. На основании ряда исследований можно также отметить благоприятное действие марганца и бора на накопление растением аскорбиновой кислоты [3].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беляев В.В., Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б., Хмара К.А. Влияние узлов тектонических дислокаций на характер выпадения осадков в лесных экосистемах // Вестн. ПГУ. Сер. «Естественные и точные науки». 2009. № 2. С. 45–50.
2. Блинова К.Ф., Борисова Н.А., Гортинский Г.Б., Грушевицкий И.В., Забинкова Н.Н., Комарова М.Н., Мусаева Л.Д., Николаева Л.А., Регир В.Г., Селенина Л.В., Сыровежко Н.В., Теслов Л.С., Харитонова Н.Н., Шатохина Р.К., Яковлев Г.П. Ботанико-

фармакологический словарь: справ. пособие / Под ред. К.Ф. Блиновой, Г.П. Яковлева. М.: Высш. шк., 1990. 272 с.

3. *Девятнин В.А.* Витамины. М.: Пищепромиздат, 1948. 280 с.

4. *Киверин М.Д., Копылова З.А.* Профилактика С-гиповитаминозных состояний на Севере. Архангельск: Северо-Западное кн. изд-во, 1964. 43 с.

5. *Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б.* Разломно-блоковая тектоника и ее роль в эволюции литосферы // Литосфера и гидросфера Европейского Севера России. Геоэкологические проблемы. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2001. С. 68–113.

6. Методика выявления дикорастущих сырьевых ресурсов при лесоустройстве. М.: Госкомлес СССР, 1987. 54 с.

7. Химический состав российских пищевых продуктов: справ. / Под ред. И.М. Скурихина и В.А. Тутельяна. М.: ДеЛи, 2002. 236 с.

Поступила 29.01.14

UDC 581.5

### **Productivity and Vitamin C Content in Blueberry (*Vaccinium Myrtillus* L.) and Cowberry (*Vaccinium Vitis-Idaea* L.) in the Plesetsk Tectonic Centre**

*V.V. Staritsyn, Researcher*

*V.V. Belyaev, Doctor of Agriculture, Professor*

Institute of Ecological Problems of the North, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 23, Arkhangelsk, 163002, Russia; e-mail: corwin87@mail.ru

Currently is given much consideration to the integrated use of forest resources. Wild-growing berry plantations are one of the main components of the non-timber forest resources, the populations of which are affected both by well-known environmental factors and geo-ecological conditions, studied in the present article. This article explores the change of productivity and ascorbic acid content of wild-growing cowberries (*Vaccinium vitis-idaea* L.) and blueberries (*Vaccinium myrtillus* L.) in the territories of tectonic centres. The studying area is located in the north of the Kenozero National Park. During the two field seasons have been studied the productivity of berries with the use of conventional resource study methods. A selection of berries was picked for chemical analysis. The tests were carried out at the Institute of Natural Sciences and Biomedicine of the Northern Arctic Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia. The findings has shown that in the core of the tectonic centre the productivity of cowberries and blueberries is considerably lower than in the periphery. Similarly, the amount of berries has been changed. In the core of the tectonic centre cowberries was  $9.32 \pm 1.44$ , blueberries –  $22.32 \pm 3.61$  pcs/m<sup>2</sup>; at the periphery  $54.68 \pm 8.49$  and  $76.48 \pm 9.41$  pcs/m<sup>2</sup>, respectively. So, the productivity per 1 m<sup>2</sup> differs by 79% between the core and the periphery for cowberries, and by 66% for blueberries. This may be declared of the significant differences in the amount of precipitation, especially in dry years, and different content of microelements in the soil. Ascorbic acid content in berries was determined by the photometric method based on State Standard 24556-89. It has been found, that in the core of the tectonic centre the content of Vitamin C in cowberries is  $70.86 \pm 4.69$  mg/100 g and in blueberries is  $55.99 \pm 2.00$  mg/100 g, which is significantly higher than at the periphery:  $43.70 \pm 0.97$  mg/100 g and  $35.3 \pm 5.13$  mg/100 g. So, the con-

tent of Vitamin C differs in the center and the periphery by 59% in cowberries and by 62% in blueberries. The correlation between the content of Vitamin C and location on the territory of the tectonic centre can be preliminarily declared by the relationship between the chemical composition of the soil and vitamin accumulation in plants: the lack of nitrogen in the soil causes the decrease of ascorbic acid content in the plant. The enrichment of the same soil with potassium leads to its increase.

*Keywords:* *Vaccinium myrtillus* L., *V. vitis-idaea* L., productivity, ascorbic acid, tectonic centres.

#### REFERENCES

1. Belyaev V.V., Kutinov Yu.G., Chistova Z.B., Khmara K.A. Vliyaniye uzlov tektonicheskikh disklokatsiy na kharakter vypadeniya osadkov v lesnykh ekosistemakh [Influence of Tectonic Location Centres on the Nature of Precipitation in Forest Ecosystems]. *Vestnik Pomorskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2009, no. 2, pp. 45–50.
2. Blinova K.F., Borisova N.A., Gortinskiy G.B., Grushvitskiy I.V., Zabinkova N.N., Komarova N.M., Musaeva L.D., Nikolaeva L.A., Regir V.G., Selenina L.V., Syrovezhko N.V., Teslov L.S., Kharitonova N.N., Shatokhina R.K., Yakovlev G.P. *Botaniko-farmakologicheskiy slovar'* [Botanical and Pharmacological Dictionary]. Moscow, 1990. 272 p.
3. Devyatnin V.A. *Vitaminy* [Vitamins]. Moscow, 1948. 280 p.
4. Kiverin M.D., Kopylova Z.A. *Profilaktika C-gipovitaminoznykh sostoyaniy na Severe* [Prevention of C-Hypovitaminosis States in the North]. Arkhangelsk, 1964. 43 p.
5. Kutinov Yu.G., Chistova Z.B. Razlomno-blokovaya tektonika i ee rol' v evolyutsii litosfery [Fault-Block Tectonics and its Role in the Evolution of the Lithosphere]. *Litosfera i gidrosfera Evropeyskogo Severa Rossii. Geoekologicheskie problemy* [Lithosphere and Hydrosphere of the European North of Russia. Geoenvironmental Problems]. Ekaterinburg, 2001, pp. 68–113.
6. *Metodika vyyavleniya dikorastushchikh syr'evykh resursov pri lesoustroystve* [Methods of Identification of Wild Raw Resources in Forest Management]. Moscow, 1987. 54 p.
7. Skurikhina I.M., Tutel'yana V.A. *Khimicheskiy sostav rossiyskikh pishchevykh produktov* [Chemical Composition of Russian Foodstuff]. Moscow, 2002. 236 p.

Received on January 29, 2014



УДК 630.377

## ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОЛЕСНОГО ТРЕЛЕВОЧНОГО ТРАКТОРА

© *А.М. Кочнев*<sup>1</sup>, *д-р техн. наук, проф.*

*А.Н. Юшков*<sup>2</sup>, *канд. техн. наук, декан*

<sup>1</sup>С.-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, Институтский пер., 5, г. С.-Петербург, Россия, 194021; e-mail: 777tcm@mail.ru

<sup>2</sup>Сыктывкарский лесной институт, ул. Ленина, 39, г. Сыктывкар, Республика Коми, Россия, 167982; e-mail: ltf2@mail.ru

Целью исследований является обоснование методов определения показателей оценки эксплуатационной эффективности отечественных колесных тракторов с гидромеханической трансмиссией. Задачи исследований включают: анализ существующих показателей оценки эксплуатационной эффективности работы гусеничных трелевочных тракторов; анализ показателей оценки эффективности работы тракторов сельскохозяйственного и промышленного назначения; анализ конструктивных особенностей колесных трелевочных тракторов с гидромеханической трансмиссией; анализ существующих теоретических положений взаимодействия лесотранспортных машин с предметом труда и волоком с последующим обоснованием новых показателей оценки их эксплуатационной эффективности. Установлена связь тягового коэффициента полезного действия колесного трелевочного трактора с режимами его работы. Предложено учитывать в общем коэффициенте сопротивления движению трелевочной системы коэффициент сопротивления ее повороту. Предложен новый показатель оценки эксплуатационной эффективности колесных трелевочных тракторов с гидромеханической трансмиссией, представляющий собой произведение тягового коэффициента полезного действия трактора на коэффициент загрузки двигателя по мощности.

*Ключевые слова:* лесосека, трелевочный трактор, тяговый коэффициент полезного действия.

Эффективность лесозаготовительного производства во многом определяется эксплуатационной эффективностью работы трелевочных тракторов, которая оценивается следующим набором показателей: производительность машины, удельные энергозатраты, нагруженность конструкции и др. Доказано [1], что в лесозаготовительном производстве наиболее энергоемкими процессами являются транспортные операции, поглощающие большую часть энергии. Разработаны и опубликованы показатели и методы прогнозирования показателей оценки эксплуатационной эффективности работы гусеничных трелевочных тракторов [1]. Колесный трелевочный трактор отличается от гусе-

ничного наличием в трансмиссии гидротрансформатора, коэффициент полезного действия (кпд) которого изменяется довольно часто и в широком диапазоне. Цель исследования состоит в обосновании методов определения показателей оценки эксплуатационной эффективности отечественных колесных трелевочных тракторов Онежского тракторного завода, имеющих гидромеханическую трансмиссию.

Базовым показателем в исследовании служит тяговый коэффициент полезного действия –  $\eta_t$ . В ГОСТ 7057–81 «Тракторы сельскохозяйственные. Методы испытаний» регламентирован условный тяговый кпд трактора –  $\eta_{ту}$ , т. е. кпд по передачам, определяемый по [7]:

$$\eta_{ту} = \frac{N_{кр}^{max}}{N_e^{max}}, \quad (1)$$

где  $N_{кр}^{max}$  – максимальная тяговая мощность на данной передаче;

$N_e^{max}$  – максимальная мощность двигателя.

Следует отметить, что несколько «размыто» определение  $N_{кр}^{max}$ . Тяговая мощность – случайный показатель, определяемый законом плотности распределения, следовательно, его максимальное значение может быть значительно больше  $N_e^{max}$ . Поэтому в работах по исследованию сельскохозяйственных тракторов, монографиях и учебниках по тракторам различного назначения используют тяговый кпд без деления по передачам [4, 9, 11, 13]:

$$\eta_t = \frac{N_{кр}}{N_e}, \quad (2)$$

где  $N_{кр}$  – крюковая мощность;

$N_e$  – мощность двигателя, идущая на создание тягового усилия.

В ряде учебников и монографий тяговый кпд трактора с механической трансмиссией представлен произведением кпд, которое применительно к колесному трелевочному трактору с гидромеханической трансмиссией можно трансформировать в следующее выражение:

$$\eta_t = \eta_{гмт} \eta_{\delta} \eta_f = \eta_{гмт} (1 - \delta) \frac{P_{кр}}{P_k}; \quad (3)$$

где  $\eta_{гмт}$  – кпд, учитывающий гидромеханические потери в трансмиссии,

$$\eta_{гмт} = \eta_{гт} \eta_{мт};$$

$\eta_{гт}$  – кпд, учитывающий потери в гидротрансформаторе;

$\eta_{мт}$  – кпд, учитывающий механические потери в трансмиссии;

$\eta_{\delta}$  – кпд, учитывающий потери на буксование ведущих колес;

$\eta_f$  – кпд, учитывающий потери на качение трактора;

$\delta$  – буксование движителя;

$P_{кр}$  – крюковая сила тяги;

$P_k$  – касательная сила тяги.

В опубликованных работах [4, 9, 11, 13] приводится обширная информация по значениям тягового КПД, полученным при экспериментальных исследованиях тракторов различного назначения с механическими и гидромеханическими трансмиссиями, но не устанавливается связь с режимами работы машины. В работе [9] рекомендуется для предварительных расчетов промышленных тракторов принимать  $\eta_T = 0,75 \dots 0,80$ , значением которого можно считать явно завышенным, так как максимальная касательная сила тяги этих тракторов достигается при буксовании ( $\delta = 20\%$ ). Следовательно,

$$\eta_\delta = 1 - \delta. \quad (4)$$

Механические потери в механических силовых передачах  $\eta_{MT}$  гидромеханических трансмиссий трелевочных тракторов принято считать постоянными для холостого и грузового ходов [8]. Значения  $\eta_{MT}$ , рассчитанные по рекомендациям, приведенным в работе [4], составляют 0,87. Отметим, что в справочном пособии по трансмиссии промышленных тракторов КПД силовых передач также принимают условно постоянным во всем диапазоне тяговых усилий [9].

В отличие от  $\eta_{MT}$  КПД гидротрансформатора  $\eta_{ГТ}$  изменяется в очень широком диапазоне, и пока исследователи колесных трелевочных тракторов с гидромеханическими трансмиссиями не уделяют достаточного внимания диапазону изменения  $\eta_{ГТ}$  [11]. Нет публикаций по исследованию и методологии прогнозирования значений  $\eta_{ГТ}$ , что можно объяснить сложностью математического моделирования случайных факторов, воздействующих на гидротрансформатор.

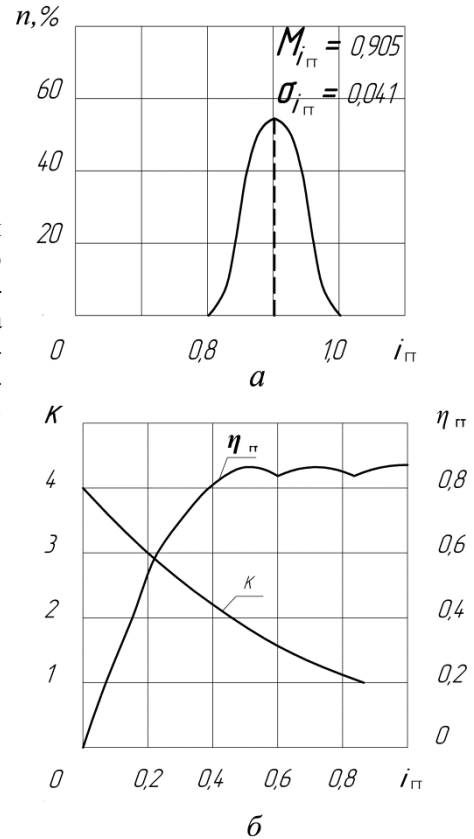
Аналогичная ситуация встречается и в академической науке. Лауреат нобелевской премии академик П.Л. Капица отмечал [10], что необходимо обратить внимание на несколько важных задач, для которых следует иметь строгое теоретическое решение, но они сложны и «их приходится решать грубым эмпирическим или полуэмпирическим путем».

Следовательно, изучить динамику изменения  $\eta_{ГТ}$  при работе трактора в производственных условиях пока возможно только эмпирическим путем.

Современные электроизмерительные средства и методы обработки экспериментального материала позволяют получать необходимую информацию о работе гидротрансформатора, включая и оценку  $\eta_{ГТ}$ . Для этого в аналоговый измерительный преобразователь (АИП) измерительного комплекса [2] вводят характеристики реального гидротрансформатора гидромеханической трансмиссии трактора [9], представленные на рисунке, через интервал времени, т. е. через шаг квантования  $\tau$ . Например, через  $\tau = 0,5$  с измеряют и вводят в АИП частоты вращения насосного  $\omega_n$  и турбинного  $\omega_t$  колес или, если более точно, число оборотов насосного  $n_n$  и турбинного  $n_t$  колес.

Для каждого  $\tau$  по  $\omega_n$  ( $n_n$ ) и  $\omega_t$  ( $n_t$ ) определяют кинематическое передаточное отношение  $i_{ГТ}$ , по которому находят  $\eta_{ГТ}$ . Для статистического ряда  $\eta_{ГТ}$  в целом за грузовой ход или по передачам в АИП рассчитывают выравнивающие частоты и статистики распределения, включая математическое ожидание ( $M_{ГТ}$ ), среднеквадратическое отклонение ( $\sigma_{ГТ}$ ), коэффициент вариации процесса и др.

Кривая плотности распределения (а) кинематического передаточного отношения комплексного четырехколесного гидротрансформатора Научного автотракторного института в целом за грузовой ход и его безразмерная характеристика (б):  $K$  – коэффициент трансформации



На рисунке *a* приведена кривая плотности распределения  $i_{гт}$ , полученная при трелевке пачки древесины объемом  $6 \text{ м}^3$  трактором ТКЛ-4-01 по летнему волоку. В теории вероятности [12] рекомендуется при расчете выравнивающих частот крайние уровни статического ряда с числом отсчетов менее пяти объединять, так как они появляются редко и имеют малое удельное влияние в генеральной совокупности. Это важно учитывать при расчете выравнивающих частот плотности распределения кинематического передаточного отношения гидротрансформатора, так как, например, при трогании с места трелевочной системы  $i_{гт}$  и  $\eta_{гт}$  весьма малы, но такие расчеты возникают редко. Критерий нормального распределения состоит в том, что мера косости  $\alpha$  и мера крутости  $\beta$  в этом ряду равны нулю:  $\alpha = \beta = 0$ . В монографии [3] допускается понятие распределения, близкое к нормальному, когда  $\alpha$  и  $\beta$  незначительно отличаются от нуля [3]. Для нормального закона распределения справедливы закономерности: 68,20 % случайных закономерностей заключено в интервале  $M_i \pm \delta_i$ ; 95,45 % – в интервале  $M_i \pm 2\delta_i$ ; 99,75 % – в интервале  $M_i \pm 3\delta_i$ .

На рисунке *б* в этом диапазоне среднее значение  $\eta_{гт} = 0,84$ . На кривой плотности распределения (см. рисунок *a*)  $i_{гт} = M_i \pm 3\delta_i$  находится в диапазоне



$i_{гт} = 0,79 \dots 1,03$ . Следовательно, за все время грузового хода (99,73 %) гидротрансформатор работает при  $\eta_{гт} = 0,84$ . Следует отметить, что с увеличением нагрузки на турбинном колесе, которое сопровождается увеличением  $K$  до 2,0 и снижением  $i_{гт}$  до 0,5,  $\eta_{гт}$  практически не снижается. Это очень важное свойство данного типа гидротрансформатора.

В государственных стандартах [6, 7] записано, что буксование  $\delta$  для каждого движителя предлагается определять по формулам

$$\delta = \left( 1 - \frac{n'_o}{n_o} \right) 100 \% \text{ или } \delta = \frac{v_x - v_n}{v_x} 100 \%, \quad (5)$$

где  $n'_o, n_o$  – частота вращения ведущего колеса соответственно при движении трактора без нагрузки и с нагрузкой на крюке при одной и той же длине гона;

$v_x, v_n$  – скорость холостого хода трактора (без нагрузки) и с нагрузкой при одной и той же частоте вращения вала двигателя.

Следует отметить, что в процессе трелевки пачки древесины по конкретному волоку  $\eta_\delta$  изменяется незначительно [1, 11].

Члены  $P_{кр}$  и  $P_k$  последнего сомножителя в выражении (3) определяют экспериментально или прогнозируют [1, 11]. Крюковую силу тяги  $P_{кр}$  находят как произведение веса пачки древесины ( $Q, Н$ ), на условный коэффициент сопротивления ее движению ( $\psi_{ук}$ ):

$$P_{кр} = Q\psi_{ук}. \quad (6)$$

Обычно трелевочный волок имеет небольшой уклон в грузовом направлении и большой в порожнем. Тогда

$$\psi_{ук} = f_{ук} \pm i, \quad (7)$$

где  $f_{ук}$  – коэффициент сопротивления движению пачки древесины на горизонтальном участке волока;

$i$  – уклон волока.

Коэффициент  $f_{ук}$  отражает потери энергии, возникающие при произвольном движении по волоку, включая коэффициент сопротивления повороту  $f_{п}$ . Традиционно  $f_{ук}$  определяют при измерении и регистрации крутящего момента в трансмиссии при грузовом  $M_{кр}^r$  и холостом ходе  $M_{кр}^x$ :

$$f_{ук} = \frac{M_{кр}^r - M_{кр}^x}{Qr_d} i_{y,t} \eta_{y,t}, \quad (8)$$

где  $r_d$  – динамический радиус ведущего колеса;

$i_{y,t}$  – передаточное число участка трансмиссии;

$\eta_{y,t}$  – КПД участка трансмиссии.

В большинстве современных отечественных колесных трелевочных тракторов  $M_{кр}^r$  и  $M_{кр}^x$  целесообразно измерять на карданной передаче после турбинного колеса гидротрансформатора.

В теории лесотранспортных машин под суммарным коэффициентом сопротивления движению  $f_d$  понимают коэффициент сопротивления качению  $f_k$  машины [8, 11]. Это понятие перешло из теории автомобиля, который в основном совершает прямолинейное движение. Колесные и гусеничные тракторы при треловке пачки по волоку до 70 % времени находятся в режиме поворота [1, 11], когда коэффициент сопротивления повороту  $f_n$  значительно превосходит  $f_k$ . Поэтому структуру  $f_d$  представим в виде

$$f_d = f_k + f_n + f_c, \quad (9)$$

где  $f_c$  – коэффициент сопротивления скольжению древесины по почвогрунту волока.

Касательная сила тяги в теории лесотранспортных машин [5]

$$P_k = (G + Q)\psi, \quad (10)$$

где  $G$  – вес трелевочного трактора;

$\psi$  – суммарный коэффициент сопротивления движению трелевочной системы.

Многочисленные исследования эксплуатационных режимов трелевочных тракторов в производственных условиях подтверждают, что кривые распределения плотности вероятности  $P_k$  и  $P_{кр}$  имеют нормальный или близкий к нормальному закон распределения [1, 11]. Исследовательские испытания трелевочных тракторов, выполненные сотрудниками СПб ГЛТА показали, что плотность вероятности  $P_{кр}$  подчиняется нормальному закону [5]. Тогда выражение (3) для колесного трелевочного трактора с гидромеханической трансмиссией

$$\eta_{тр} = \eta_{гмт} \eta_{\delta} \left( \frac{\frac{1}{\delta P_{кр} \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(P_{кр} - MP_{кр})^2}{2\delta P_{кр}^2}}}{\frac{1}{\delta P_k \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(P_k - MP_k)^2}{2\delta P_k^2}}} \right). \quad (11)$$

Установлено [1], что эксплуатационная эффективность работы трелевочного трактора, кроме тягового КПД, еще зависит от степени использования мощности двигателя. По ГОСТ 7057–81 [7] энергетические возможности трактора для обеспечения работы агрегатируемой машины оценивают по степени использования мощности двигателя  $\lambda$ , определяемой по следующей формуле:

$$\lambda = \frac{N_e^{исп}}{N_e^{max}}, \quad (12)$$

где  $N_e^{исп}$  – мощность, используемая для выполнения операции;

$N_e^{max}$  – максимальная мощность двигателя.

Здесь имеется некоторая несогласованность, так как мощность есть энергия в единицу времени. В монографии [1] по результатам исследования гусеничных трелевочных тракторов введено понятие коэффициента загрузки двигателя по мощности:

$$K_N = \frac{N_e}{N_{eH}}, \quad (13)$$

где  $N_e$  – математическое ожидание мощности двигателя при выполнении операции;

$N_{eH}$  – максимальная мощность двигателя по внешней скоростной характеристике.

Длительные исследовательские испытания серийных и опытных образцов отечественных колесных трелевочных тракторов с гидромеханическими трансмиссиями в различных производственных условиях показали стабильность коэффициента загрузки  $K_N$  двигателя по мощности на рабочих передачах. Трелевка пачки древесины трелевочным трактором ТКЛ-4-01 в производственных условиях с пересеченным рельефом местности показала, что коэффициент загрузки для первой, второй и третьей передач составляет соответственно  $0,65 \pm 0,05$ ;  $0,75 \pm 0,05$  и  $0,85 \pm 0,05$ . Изменение производственных условий, энергонасыщенности трактора и рейсовой нагрузки приводит к изменению  $K_N$ , но обычно его значения не выходят за указанные пределы.

Предлагается оценивать эксплуатационную эффективность колесного трелевочного трактора с гидромеханической трансмиссией коэффициентом эксплуатационной эффективности:

$$\eta_э = \eta_т K_N. \quad (14)$$

Дальнейшие теоретические и экспериментальные исследования показали, что  $\eta_э$  является единственным показателем эксплуатационной эффективности работы колесного трелевочного трактора с гидромеханической трансмиссией, при максимальном значении которого достигается максимальная транспортная производительность трактора при минимальной энергоемкости процесса трелевки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Анисимов Г.М.* Эксплуатационная эффективность трелевочных тракторов: моногр. М.: Лесн. пром-сть, 1990. 208 с.
2. *Анисимов Г.М.* Учебно-методологическая и научная деятельность кафедры лесных гусеничных и колесных машин. СПб.: Изд-во СПбГЛТА, 2011. 204 с.
3. *Венцель Е.С.* Теория вероятности. М.: Наука, 1964. 576 с.
4. *Гинзбург Ю.В., Швед А.И., Парфенов А.И.* Промышленные тракторы. М.: Машиностроение, 1986. 294 с.
5. *Гольдберг А.М., Анисимов Г.М., Галямичев В.А., Дране А.Д.* Основы научных исследований. Л.: Изд-во ЛТА, 1975. 36 с.
6. ГОСТ 23734–79. Тракторы промышленные. Методы испытаний. М.: Изд-во стандартов, 1979. 31 с.

7. ГОСТ 7057–81. Тракторы сельскохозяйственные. Методы испытаний. М.: Изд-во стандартов, 1985. 25 с.

8. Зайчик М.П., Гольдберг А.М., Ерахтин Д.Д. Тяговые машины и подвижной состав лесовозных дорог. М.: Лесн. пром-сть, 1967. 712 с.

9. Злотник М.И., Кавьяров И.С. Трансмиссии современных промышленных тракторов. М.: Машиностроение, 1971. 248 с.

10. Капица П.Л. Эксперимент, теория, практика. М.: Наука, 1984. 496 с.

11. Кочнев А.М. Рабочие режимы отечественных колесных трелевочных тракторов. СПб.: Изд-ва СПбГПУ, 2008. 520 с.

12. Митропольский А.Н. Техника статистических вычислений. М.: Физматгиз, 1964. 670 с.

13. Скотников В.А., Маценский А.А., Солонский А.С. Основы теории и расчета трактора и автомобиля. М.: Агропромиздат, 1986. 384 с.

Поступила 06.11.13

UDC 630.377

### Substantiation of Identifying Methods of Assessment Ratings of Wheel Skidder Exploitation Efficiency

*A.M. Kochnev<sup>1</sup>, Doctor of Engineering, Professor*

*A.N. Yushkov<sup>2</sup>, Candidate of Engineering*

<sup>1</sup>St.-Petersburg State Forest Technical University under name of S.M. Kirov, Institutsky lane, 5, Saint Petersburg, 194021, Russia; e-mail: 777tcm@mail.ru

<sup>2</sup>Syktyvkar Forest Institute, Lenin str., 39, Syktyvkar, Komi Republic, 167982, Russia; e-mail: ltf2@mail.ru

The purpose of research is to justification of methods for the determination of indicators to measure the operational efficiency of domestic wheeled tractors with hydromechanical transmission. Objectives of research include analysis of existing assessment indicators of operating effectiveness of the tracked skidders, analysis of indicators to measure performance for agricultural tractors and industrial purposes, the analysis of design features of wheeled skidders with hydromechanical transmission, as well as analysis of existing theoretical propositions of forest transport machines interaction with the subject of labor and portage followed by justification of new assessment indicators of their operational efficiency. The connection of the tractive efficiency factor of wheeled skidder with its operating modes. It is proposed to take into account in the overall coefficient of resistance to movement of skidding resistance coefficient to her turn. It is proposed a new evaluating indicator of the effectiveness of exploitation wheeled skidders with hydromechanical transmission, which is a multiplication of tractive efficiency factor of tractor on the load factor of the engine on capacity.

*Keywords:* cutting area, tracked skidder, tractive efficiency factor

### REFERENCES

1. Anisimov G.M. *Ekspluatatsionnaya effektivnost' trelevochnykh traktorov* [Operational Effectiveness of Logging Vehicles]. Moscow, 1990. 208 p.

2. Anisimov G.M. *Uchebno-metodologicheskaya i nauchnaya deyatel'nost' kafedry lesnykh gusenichnykh i kolesnykh mashin* [Educational-Methodical and Scientific Activity of the Department of Forest Tracklaying and Wheeled Vehicles]. St.Petersburg, 2011. 204 p.
3. Ventsel' E.S. *Teoriya veroyatnosti* [Probability Theory]. Moscow, 1964. 576 p.
4. Ginzburg Yu.V., Shved A I., Parfenov A.I. *Promyshlennyye traktory* [Industrial Tractors]. Moscow, 1986. 294 p.
5. Gol'dberg A.M., Anisimov G.M., Galyamichev V.A., Drane A.D. *Osnovy nauchnykh issledovaniy* [Basis of Scientific Researches]. Leningrad, 1975. 36 p.
6. *GOST 23734-79. Traktory promyshlennyye. Metody ispytaniy* [State Standard 23734-79. Industrial Tractors. Test Methods]. Moscow, 1979. 31 p.
7. *GOST 7057-81. Traktory sel'skokhozyaystvennyye. Metody ispytaniy* [State Standard 7057-81. Farm Tractors. Test Methods]. Moscow, 1985. 25 p.
8. Zaychik M.P., Gol'dberg A.M., Erakhtin D.D. *Tyagovye mashiny i podvizhnyy sostav lesovoznykh dorog* [Tractive Machines and Hauling Rig of Forest Roads]. Moscow, 1967. 712 p.
9. Zlotnik M.I., Kav'yarov I.S. *Transmissii sovremennykh promyshlennykh traktorov* [Gearing-System of Industrial Tractors]. Moscow, 248 p.
10. Kapitsa P.L. *Ekspерiment, teoriya, praktika* [Experiment, Theory and Practice]. Moscow, 1984. 496 p.
11. Kochnev A.M. *Rabochie rezhimy otechestvennykh kolesnykh trelevochnykh traktorov* [Operating Modes of Domestic Wheeled Skidders]. St.Petersburg, 2008. 520 p.
12. Mitropol'skiy A.N. *Tekhnika statisticheskikh vychisleniy* [Static Calculation Technique]. Moscow, 1964. 670 p.
13. Skotnikov V.A., Mashchenskiy A.A., Solonskiy A.S. *Osnovy teorii i rascheta traktora i avtomobilya* [Fundamentals of the Theory and Valuation of Tractors and Vehicle]. Moscow, 1986. 384 p.

Received on November 06, 2013

---

УДК 630.323

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ И ОЦЕНКИ ЭНЕРГОЗАТРАТ РАБОТЫ ЛЕСОСЕЧНЫХ МАШИН

© А.Н. Заикин, д-р техн. наук, доц.

Е.Г. Рыжикова, ст. преп.

Брянская государственная инженерно-технологическая академия, пр. Станке Димитрова, 3, г. Брянск, Россия, 241037; e-mail: Zaikin.Anatolij@yandex.ru

Полное использование производственных возможностей машин и оборудования в значительной степени зависит от соответствия их конструктивных особенностей и параметров организации работы конкретным природно-производственным условиям. Соответствие параметров организации работы или параметров взаимосвязи машин достигается в процессе технологических расчетов с определением оптимальных режимов функционирования. Расчет режимов работы машин в различные периоды разработки лесосек может быть выполнен по математическим моделям. В основу моделирования лесозаготовительного процесса нами положен подход к его организации, основанный на подключении дополнительного оборудования на «отстающих» операциях. Для расчета продолжительности работы машин на технологических операциях при планировании лесозаготовительного процесса нами получены аналитические зависимости для различной продолжительности работы машин на лесосеке. С использованием этих аналитических зависимостей разработана математическая модель для определения суммарного эффективного времени работы лесозаготовительных машин в течение всего периода разработки лесосеки, а также получены математические модели определения энергозатрат и удельных энергозатрат работы машин на отдельных лесозаготовительных операциях и комплекта в целом за различный промежуток времени. Полученные математические модели реализованы в программном модуле МППлес информационной системы для оперативного планирования лесозаготовительного процесса. Проведение компьютерного эксперимента с моделированием различных вариантов комплектов лесосечных машин на основе МППлес позволило убедиться в том, что организация работы с подключением на отстающих операциях дополнительных машин снижает продолжительность разработки лесосеки и энергозатраты на их выполнение до 10...30 %.

*Ключевые слова:* лесозаготовительный процесс, лесосечные работы, оперативные запасы, время работы, энергозатраты.

### *Введение*

Лесная промышленность России занимает одно из самых значительных мест в экономике страны. В ее основе лежит процесс заготовки древесины, которая является сырьем для многих сфер производства.

Специфичность лесозаготовительного производства и разнообразие природно-производственных условий вынуждают применять для выполнения лесосечных работ несколько систем машин и оборудования для различных типов технологических процессов, обеспечивающих заготовку деревьев, хлы-

стов, сортиментов, щепы и пиломатериалов на лесосеке, что порождает различные подходы к организации лесозаготовительного процесса.

Полное использование производственных возможностей машин и оборудования в значительной степени зависит от соответствия их конструктивных особенностей и параметров организации работы в конкретных природно-производственных условиях. Соответствие параметров организации работы или параметров взаимосвязи машин достигается в процессе технологических расчетов с определением оптимальных режимов функционирования: численности машин, времени их работы, объемов оперативных запасов древесины, а также технико-экономических и экологических показателей комплектов машин. При выполнении технологических расчетов необходимо учитывать особенности условий выполнения лесосечных работ.

#### *Методы исследования*

Одна из основных особенностей лесосечных работ – частая перебазировка машин с одной лесосеки на другую. Вторая особенность заключается в том, что перебазировка машин осуществляется не всех сразу, а с определенным интервалом. Третьей особенностью является необходимость создания и поддержания на определенном, рассчитанном для конкретных условий, уровне межоперационных оперативных запасов объектов труда (ОТ) – деревьев, хлыстов, сортиментов. Определение объемов оперативных запасов, продолжительности работы машин в различные периоды разработки лесосек может быть рассчитано по математическим моделям.

В основу моделирования лесозаготовительного процесса нами положен подход к его организации, основанный на подключении дополнительного оборудования на «отстающих» операциях. Согласно этому подходу, время создания, пополнения, потребления и выработки запасов  $t_i$  ( $i = 1, \dots, 4$ ), а также объем гарантийных запасов  $Z_T$  определяются по разработанным математическим моделям, приведенным в работах [3–5] и учитывающим основные особенности лесосечных работ. Организация работы машин с учетом полученных режимов обеспечивает объем выработки комплекта машин, который бы был равен или близок к объему выработки головной машины (имеющей наибольшую производительность). Использование в качестве дополнительного оборудования чокерных трелевочных машин и ручного моторного инструмента позволяет не только выравнивать объемы выработки машин на смежных операциях, но и обработать древесиной, оставленной основными машинами (который составляет до 5 % насаждений [3]).

В ходе лесозаготовительного процесса требуется создание и поддержание на определенном уровне межоперационных запасов – страховых ( $Z_C$ ) и гарантийных ( $Z_T$ ). Величина этих запасов будет определять продолжительность работы машин на каждой операции, включенной в технологическую схему.

*Результаты исследования и их обсуждение*

При моделировании и исследовании лесозаготовительного процесса с подключением дополнительного оборудования на отстающих операциях возникает задача оценки его эффективности. При ее решении можно использовать различные критерии: время выполнения процесса, продолжительность работы машин на операциях, время работы с подключением дополнительного оборудования и т.п. Большая часть из них определяется при планировании лесозаготовок. Если для оценки использовать экономические показатели, то, как показывает обзор источников [1–3], необходимо рассчитать затраты. Они будут пропорциональны затратам на горюче-смазочные материалы, которые, в свою очередь, зависят от энергозатрат и времени функционирования лесозаготовительной техники. Энергозатраты будут зависеть от мощности двигателей машин и времени их работы на лесозаготовительных операциях.

Для расчета продолжительности работы машин на технологических операциях при планировании лесозаготовительного процесса нами получены аналитические зависимости для различной продолжительности работы машин на лесосеке [7].

Эффективное время работы лесозаготовительных машин для первого месяца разработки лесосек на операциях с первой до предпоследней ( $t_{mi}[1]$ ) будет складываться из времени создания запаса ( $t_1^{(i)}[1]$ ), времени пополнения запаса и параллельного его потребления на следующей операции ( $t_2^{(i-(i+1))}[1]$ ), времени работы с подключением дополнительного оборудования на отстающей операции ( $t_3^{(i-(i+1))}[1]$ ):

$$t_{mi}[1] = t_1^{(i)}[1] + t_2^{(i-(i+1))}[1] + t_3^{(i-(i+1))}[1]. \quad (1)$$

Здесь нижний индекс обозначает тип промежутка времени, верхний – номер операции, для которой выполняется действие;  $i = 1, 2, 3, 4$ ; [1] – первый месяц разработки лесосек.

Эффективное время работы лесозаготовительных машин на технологических операциях для последней операции первого месяца, первой операции последнего месяца и операций месяцев, начиная со второго до предпоследнего, будет складываться из времени его пополнения и потребления на смежных операциях и времени работы с подключением дополнительного оборудования на отстающей операции:

$$t_{mi}[j] = t_2^{(i-(i+1))}[j] + t_3^{(i-(i+1))}[j], \quad (2)$$

где  $j$  – номер месяца разработки лесосеки.

Эффективное время работы лесозаготовительных машин в течение последнего расчетного месяца лесозаготовительных операций со второй до последней будет складываться из времени пополнения и потребления запасов, времени работы с подключением дополнительного оборудования на отстаю-



щей операции при одновременном выполнении смежных операций и времени выработки запаса на второй операции:

$$t_{m2}[\text{mesk}] = t_2^{(i-(i+1))}[\text{mesk}] + t_3^{(i-(i+1))}[\text{mesk}] + t_4^{(i+1)}[\text{mesk}], \quad (3)$$

где  $\text{mesk}$  – число месяцев разработки лесосеки;

$t_4^{(i+1)}$  – время выработки запасов  $(i+1)$  операции.

№ операции

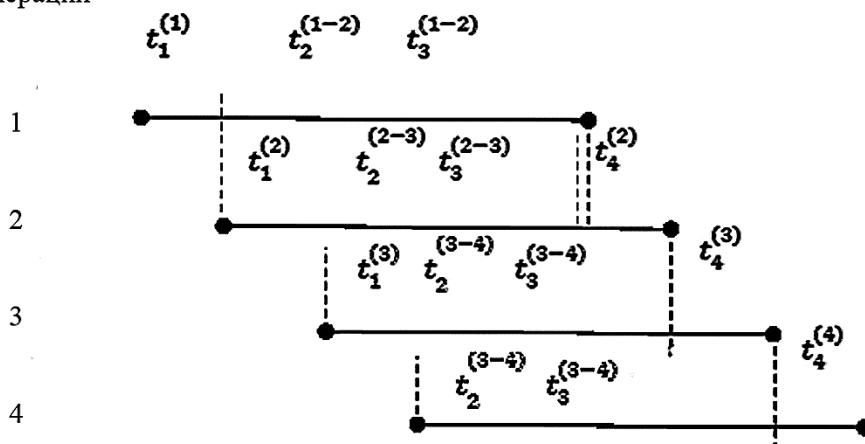


Рис. 1. Время выполнения лесозаготовительных операций в течение одного месяца

На рис. 1 приведена схема планирования разработки лесосеки в течение 1 мес., на рис. 2 – в течение нескольких (используемые обозначения:  $t_1^{(1)}$ ,  $t_1^{(2)}$ ,  $t_1^{(3)}$  – время создания запасов машинами первой, второй и третьей операций до начала работы машин на второй, третьей и четвертой операциях соответственно;  $t_2^{(1-2)}$ ,  $t_2^{(2-3)}$ ,  $t_2^{(3-4)}$  – время пополнения и потребления запасов основными машинами без дополнительных между первой и второй, второй и третьей, третьей и четвертой операциями соответственно;  $t_3^{(1-2)}$ ,  $t_3^{(2-3)}$ ,  $t_3^{(3-4)}$  – время пополнения и потребления запасов основными и дополнительными машинами вместе между первой и второй, второй и третьей, третьей и четвертой операциями соответственно;  $t_4^{(2)}$ ,  $t_4^{(3)}$ ,  $t_4^{(4)}$  – время выработки запасов машинами второй, третьей и четвертой операций после перебазировки машин соответственно первой, второй, третьей операций на новую лесосеку).

При планировании разработки лесосеки в течение одного месяца (см. рис. 1) эффективное время работы машин на первой технологической операции следует рассчитывать по формуле (1), на последней – по (3), на промежуточных операциях – по (2).

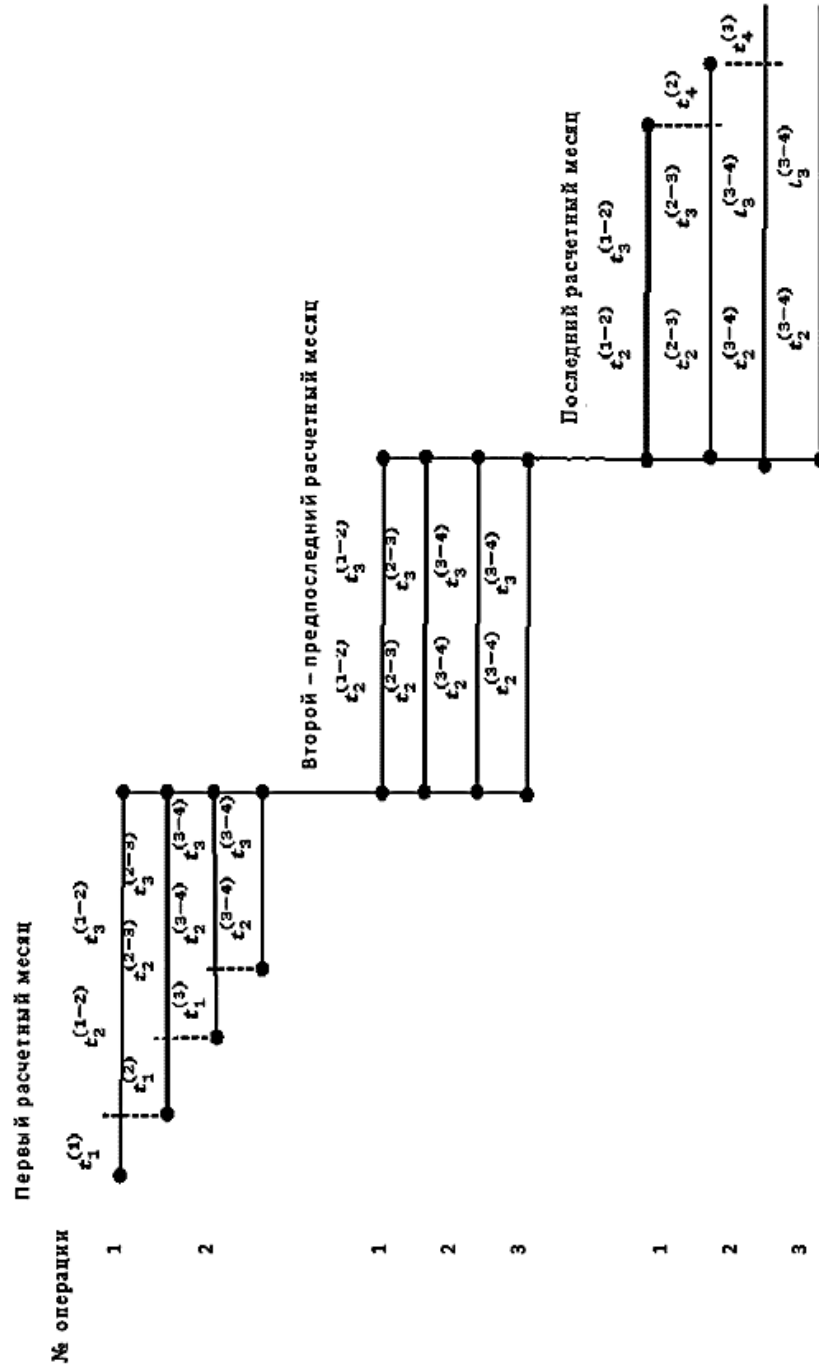


Рис. 2. Время выполнения лесозаготовительных операций в течение нескольких месяцев

При планировании разработки лесосеки в течение нескольких месяцев (рис. 2) обобщенная формула для расчета промежутка времени от начала разработки лесосеки до окончания текущей операции будет иметь следующий вид:

$$T_n^i[j] = t_1^{(i)}[1] + \sum_{j=1}^{\text{mesk}} \left( t_{2[j]}^{(i-(i+1))} + t_{3[j]}^{(i-(i+1))} \right) + t_4^{(i)}[\text{mesk}]. \quad (4)$$

Суммарное эффективное время работы лесозаготовительных машин в течение всего периода разработки лесосеки

$$T_n = \sum_{i=1}^{\text{chop}} t_1^{(i)}[1] + \sum_{j=1}^{\text{mesk}} \sum_{i=1}^{\text{chop}} \left( t_{2[j]}^{(i-(i+1))} + t_{3[j]}^{(i-(i+1))} \right) + \sum_{i=1}^{\text{chop}} t_4^{(i)}[\text{mesk}], \quad (5)$$

где chop – число операций.

На основании математических моделей (1–5) получены формулы для расчета эффективного времени работы лесосечных машин на технологических операциях при планировании разработки лесосек на 1, 2 и более месяцев с количеством технологических операций от 2 до 4. Перечисленные варианты организации лесозаготовительных работ, согласно [3], являются самыми распространенными.

Зная продолжительность работы машин на лесозаготовительных операциях, можно найти энергозатраты. Они будут зависеть от мощности двигателей машин и времени их работы на лесозаготовительных операциях.

Энергозатраты машин на  $i$ -й операции:

$$E_{ci} = P_{mi} T_n^i[j] (T_{sm} - T_{ps}), \quad (6)$$

где  $P_{mi}$  – мощность двигателя машины на  $i$ -й операции;

$T_n^i[j]$  – продолжительность (число дней) работы машины в  $j$ -ом месяце на  $i$ -й операции;

$T_{sm}$  и  $T_{ps}$  – соответственно продолжительность смены и подготовительно-заключительное время.

Энергозатраты машин за весь период разработки лесосеки:

$$E_c = \sum_{j=1}^{\text{kmeschop}} \sum_{i=1} P_{mi} T_n^i[j] (T_{sm} - T_{ps}), \quad (7)$$

где kmes – номер месяца.

Наиболее точными показателями эффективности работы машин являются удельные энергозатраты.

Удельные энергозатраты машин на  $i$ -й операции

$$E_{ciуд} = (P_{mi} T_n^i[j]) (T_{sm} - T_{ps}) / Q_{\text{max}}; \quad (8)$$

за весь период разработки лесосеки

$$E_{суд} = \sum_{j=1}^{k_{месчор}} \sum_{i=1} (P_{mi} T_n^i[j]) (T_{sm} - T_{ps}) / Q_{mmax}, \quad (9)$$

где  $Q_{mmax}$  – максимальный объем выработки машины за время  $T_n^i[j]$ .

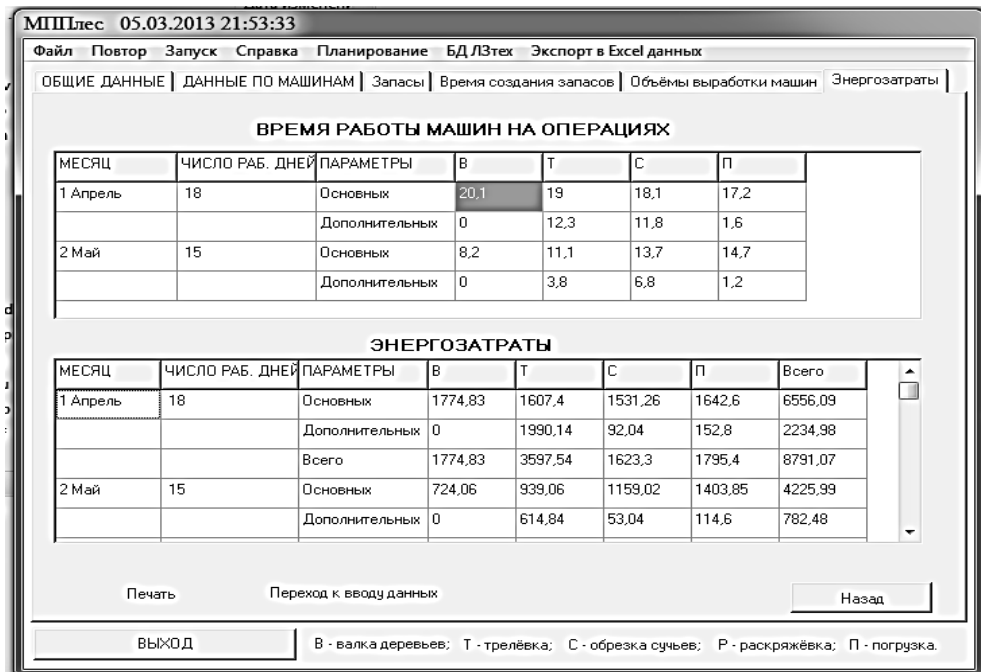


Рис. 3. Расчет времени создания, пополнения и потребления запасов

Полученные математические модели, приведенные в работах [3–5], реализованы в модуле МППлес [6] информационной системы для оперативного планирования лесозаготовительного процесса [3], с помощью которого определяют режимы работы комплектов лесосечных машин для организации лесозаготовительного процесса в течение 1 месяца и более (рис. 3), а также анализируют и выбирают оптимальный состав машин для конкретных условий эксплуатации по максимуму объема выработки и минимуму удельных затрат энергии.

### Выводы

Проведение компьютерного эксперимента с моделированием различных вариантов комплектов лесосечных машин на основе программы МППлес подтвердило, что одним из способов повышения эффективности лесозаготовительного процесса является его организация, обеспечивающая равенство объ-

емов выработки машин в комплекте за счет подключения дополнительных машин на отстающих операциях, что позволяет снизить продолжительность разработки лесосеки и энергозатраты на их выполнение до 10...30 % [4].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алябьев В.И., Курьянов В.К., Харин В.Н. Организация автоматизированного управления лесопромышленным производством. Воронеж: ВГЛТА, 1999. 196 с.
2. Гордеев В.И., Васильев И.Е., Шуцкий В.И. Управление электропотреблением и его прогнозирование. Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 1991. 104 с.
3. Заикин А.Н., Евельсон Л.И., Изюмова Е.Г. Постановка задачи оптимизации объемов запасов и режимов работы лесосечных машин // Лесн. журн. 2011. № 2. С. 92–99. (Изв. высш. учеб. заведений).
4. Заикин А.Н., Изюмова Е.Г. Теоретические основы технологии лесозаготовительных производств: учеб. пособие. Брянск: БГИТА, 2009. 156 с.
5. Изюмова Е.Г. Информационное обеспечение лесозаготовок // Вестник Славянских вузов: ежегод. междунар. журн. Брянск: БГТУ, 2010. № 2. С. 182–185.
6. МППлес: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011618265 / А.Н. Заикин, Л.И. Евельсон, Е.Г. Изюмова; правообладатель ГОУ ВПО БГИТА. №20116116285; заявл. 19.08.11; зарегистр. 19.10.11.
7. Рыжикова Е.Г. Методика расчета общего времени работы комплекта лесосечных машин: сб. материалов Всероссийского конкурса проектов студентов и аспирантов в области инновационного ориентированного развития и сетевого взаимодействия в аграрном секторе экономике РФ. Брянск: ЦНТИ, 2012. С. 252–258.

Поступила 13.03.14

UDC 630.323

#### **The Calculation Methodology of the Duration and Assessment of the Energy Requirement of the Stump-To-Roadside Equipment**

*A.N. Zaikin, Doctor of Engineering, Associate Professor*

*E.G. Ryzhikova, Senior Lecturer*

Bryansk State Academy of Engineering and Technology, Stanke ave., 3, Bryansk, 241037, Russia;  
e-mail: Zaikin.Anatolij@yandex.ru

The use of production capabilities of machines and equipment considerably depends on their correspondence of the design features and parameters to the particular natural production conditions. The correspondence of the parameters of the working process or machines connectivity is achieved with the help of technological calculations determining the optimum conditions of operation, which can be done by the mathematical models for the machines in the different conversion periods of the felling areas. The method of involving the additional equipment at the «lagging» operations is considered as the basic model of the logging process. We have obtained the analytical dependence of different operating periods of machines at the galls to calculate the operating periods of the logging process. Using this analytical dependence the mathematical model determining the total effective operating period of logging machines in the entire period of the felling area was derived. Also the mathematical models determining the energy requirement and specific energy consumption of machines

for different logging at the different periods of time were determined. The obtained mathematical models are implemented in the software module MPPles of the information system for the operational planning of the logging process. The computer experiment, simulating different variants of sets of the stump-to-roadside equipment based on the program of MPPles helped to ensure that the working process including additional equipment at the “lagging” operations allows to reduce the duration of the felling area and energy consumption up to 10...30 %.

*Keywords:* logging process, logging operations, operational stock, operating period, energy consumption.

#### REFERENCES

1. Alyabev V.I., Kuryanov V.K., Harin V.N. *Organizacija avtomatizirovannogo upravlenija lesopromyshlennym proizvodstvom* [Organization of the Automated Control of Timber Production]. Voronezh, 1999. 196 p.
2. Gordeev V.I., Vasiljev V.I., Shchutskiy V.I. *Upravlenie jelectropotrebleniem i ego prognozirovanie*. [Supply Management and its Forecasting]. Rostov-on-Don, 1991. 104 p.
3. Zaikin A.N., Evelson L.I., Izyumova E.G. Postanovka zadachi optimizacii ob'jomov zapasov i rezhimov raboty lesosechnyh mashin [Formulation of the Problem of Optimization of the Inventory Levels and Operational Conditions of the Stump-to-Roadside Equipment]. *Izv. vissh. ucheb. zavedeniy. Lesn. zhurn.* 2011, no. 2, pp. 92–99.
4. Zaikin A.N., Izyumova E.G. *Teoreticheskie osnovy tehnologii lesozagotovitel'nyh proizvodstv: uchebn. pos.* [Theoretical Background Technology of the Logging Operations: text ed.]. Bryansk, 2009. 156 p.
5. Izyumova E.G. Informacionnoe obespechenie lesozagotovok [Informational Support of Logging]. *Vestn. slavjanskih vuzov: ezhegodn. mezhdunarodn. zhurn.* Bryansk, 2010, no. 2, pp. 182–185.
6. Zaikin A.N., Evelson L.I., Izyumova E.G. *Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlja komp'jutera*. [The Certificate on the State Registration of the Computer Programs]. Certificate no. 2011618265, 2011.
7. Ryzhikova E.G. Metodika raschjota obshhego vremeni raboty kompleksa lesosechnyh mashin [Methods of Calculating of the Total Operation Time of the Stump-to-Roadside Equipment]. *Sbornik materialov Vserossijskogo konkursa projektov studentov i aspirantov v oblasti innovacionnogo orientirovannogo razvitija i setevogo vzaimodejstvija v agrarnom sektore jekonomike RF*. [Collected Reports of the Students and Postgraduates Projects of All-Russian Competition in the Field of the Innovation Development and Networking in the Agricultural Sector of the RF Economy]. Bryansk, 2012, pp. 252–258.

Received on March 13, 2014



МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ  
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 624.00

**ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ НА РАСТЯЖЕНИЕ  
ДЕРЕВЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ НАЛИЧИИ СУЧКОВ**

© Л.А. Губенко<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доц.

М.Г. Хандов<sup>2</sup>, инж.

<sup>1</sup>Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, наб. Северной Двины, 17, г. Архангельск, Россия, 163002; e-mail: gubenko-L@mail.ru

<sup>2</sup>ОАО Строительно-монтажный трест №1, ул. Тимме, 26, г. Архангельск, Россия, 163061; e-mail: egick@list.ru

Древесина относится к материалам с резко выраженными анизотропными свойствами. Эти свойства влияют на напряженно-деформированное свойство материала. Кроме того, реальная деревянная конструкция имеет пороки строения – сучки. Для теоретической оценки напряженного состояния элемента с сучком составлена расчетная модель. Рассмотрено поведение анизотропной пластины, имеющей две оси анизотропии: продольную и поперечную. Растяжение пластины происходило вдоль волокон равномерно распределенной нагрузкой. Для упрощения расчетов сучок был заменен на отверстие. Растягивающие напряжения определены по теории упругости анизотропного тела. Рассчитаны коэффициенты концентрации напряжений и коэффициенты понижения прочности. Для проверки расчетов проведено экспериментальное определение прочности на растяжение деревянных элементов с сучками – пластинок размером 400×50×5 мм. Для сравнения испытаны образцы из древесины без сучков таких же размеров и формы.

*Ключевые слова:* сучок, отверстие, напряженное состояние, прочность при растяжении, концентрация напряжений, анизотропия.

Характер работы реальной древесины, содержащей различные пороки, пока недостаточно изучен. Отсутствие необходимых данных о влиянии пороков на прочность древесины при растяжении, хрупкий характер разрушения часто ограничивают ее применение в качестве конструкционного материала. Таким образом, решение данного вопроса по-прежнему актуально для рационального использования древесины в строительных конструкциях. Основным сортообразующим пороком строения древесины является наличие сучков.

Цель данного исследования – определение коэффициентов понижения прочности при работе на растяжение древесины с сучками относительных размеров 1/3 и 1/4 от ширины сечения элементов, что соответствует 2-му сорту пиломатериалов по ГОСТ 8486–86 «Пиломатериалы хвойных пород».

Для достижения данной цели необходимо составить расчетную модель элемента с сучком и определить напряжения теоретически, сравнить результаты расчетов с экспериментальными данными, полученными при испытании на растяжение опытных образцов, сделать выводы о целесообразности выбранной расчетной модели.

Влияние сучков на несущую способность деревянных элементов с трудом поддается учету. В основном оно обусловлено следующими факторами:

ослаблением, которое производит в древесине сучок, обладающий пониженным сопротивлением по сравнению с окружающей его древесиной; кроме того, сучок часто слабо связан с ней (частично сросшиеся, несросшиеся и выпадающие сучки);

отклонением волокон у сучка, образующим местный присучковый кослой.

Для теоретической оценки напряженного состояния элемента с сучком составляем расчетную модель. Рассмотрим анизотропную пластинку, имеющую две оси анизотропии: продольную ( $a$ ) и поперечную ( $t$ ). Растяжение трансверсально изотропной (транстропной) пластинки происходит равномерно распределенной нагрузкой  $P$  по оси  $X$  ( $a$ ) вдоль волокон. Ось  $Y$  ( $t$ ) совпадает с поперечной (тангенциальной) осью анизотропии. Сучок заменяем отверстием с относительными размерами, равными размерам сучка (рис. 1).

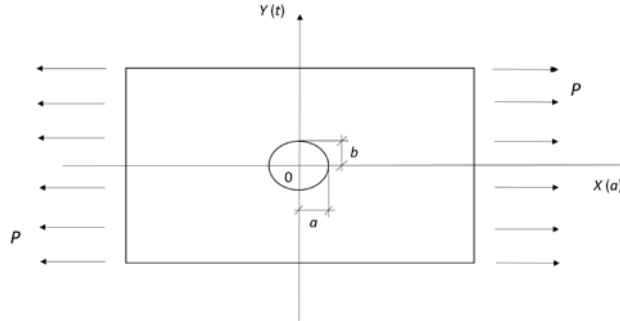


Рис. 1. Растяжение пластины с сучком

Воспользуемся формулами теории упругости анизотропного тела, выведенными Г.Н. Савиным [2] для определения напряжений в элементе, имеющем эллиптическое отверстие. Вычислим нормальные напряжения  $\sigma_x$  по сечению  $x = 0$ :

$$\sigma_x = p + \frac{pb}{\beta_1 - \beta_2} \left[ \frac{\beta_1^2}{a - \beta_1 b} \left( 1 - \frac{\beta_1 y}{\sqrt{a^2 + \beta_1^2 (y^2 - b^2)}} \right) - \frac{\beta_2^2}{a - \beta_2 b} \left( 1 - \frac{\beta_2 y}{\sqrt{a^2 + \beta_2^2 (y^2 - b^2)}} \right) \right], \quad (1)$$

где  $p$  – равномерно распределенная нагрузка;  
 $a, b$  – полуоси эллипса, для круглого отверстия  $a = b$ ;



$\beta_1, \beta_2$  – корни характеристического уравнения, учитывающего упругие свойства материала; для древесины сосны  $\beta_1 = 4,0$ ;  $\beta_2 = 0,83$ ;

$y$  – ордината рассматриваемого сечения.

В результате преобразований формула (1) примет следующий вид:

$$\sigma_x = p + \frac{p}{\beta_1 - \beta_2} \left[ \frac{\beta_1^2}{1 - \beta_1} \left( 1 - \frac{k\beta_1}{\sqrt{1 + \beta_1^2(k^2 - 1)}} \right) - \frac{\beta_2^2}{1 - \beta_2} \left( 1 - \frac{k\beta_2}{\sqrt{1 + \beta_2^2(k^2 - 1)}} \right) \right], \quad (2)$$

где  $k = \frac{y}{b}$ ; обычно  $k = 1; 2; 3; 4$ ; максимальная ордината (при  $k = 4$ ) –  $y_{\max} = 4b$ .

Результаты вычислений приведены на рис. 2. Наибольшее напряжение  $\sigma_x = 5,80p$ , что значительно больше напряжения  $\sigma_x$  для изотропного материала, когда  $\beta_1 = \beta_2$ :  $\sigma_x = 3,00p$ .

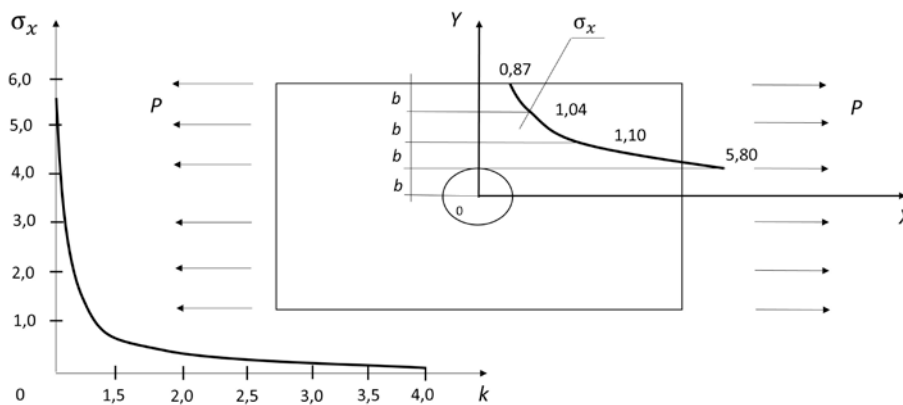


Рис. 2. График напряжений  $\sigma_x$  при воздействии единичной нагрузки  $P$

Как видно из рис. 2, по мере удаления от контура отверстия напряжение существенно уменьшается.

Например, при  $y = 3b$  имеем  $\sigma_x = 1,04p$ ; при  $y = 4b$  имеем  $\sigma_x = 0,87p$ .

Коэффициенты концентрации напряжений, а затем и коэффициенты понижения прочности  $K_{II}$  вычислены для элемента с единичным сечением, нагруженным растягивающей единичной равномерно распределенной нагрузкой. Решение подобной задачи имеется также в работе С.Г. Лехницкого [1]. Наибольшее нормальное напряжение, распределенное по краю отверстия, получено на концах диаметра, перпендикулярного к направлению растягивающих усилий:  $\sigma_{\max} = 5,40p$ . Оно отличается от напряжения, определенного Г.Н. Савиным, незначительно.

Результаты вычислений наряду с данными, полученными другими способами, приведены в таблице.

**Сравнение экспериментальных и расчетных коэффициентов понижения прочности при различных видах ослаблений**

Ослабления	Способ определения	Коэффициент понижения прочности $K_{п}$ при относительных размерах ослаблений (в долях от ширины образца)	
		1/3	1/4
Сучки: сросшиеся выпадающие Отверстия	Эксперимент	0,36	0,50
	»	0,40	0,59
	Расчет по формулам: Г.Н. Савина	0,23	0,29
	С.Г. Лехницкого	0,24	0,28

Для проверки расчетов было проведено экспериментальное определение прочности на растяжение деревянных элементов с сучками. Испытаны образцы в виде пластинок длиной 400 мм, шириной 50 мм и толщиной 5 мм с пластевыми сросшимися и выпадающими сучками диаметром, равным 1/3 и 1/4 ширины образца. Для сравнения были испытаны образцы из древесины без сучков такой же формы и размеров. Результаты эксперимента были статистически обработаны, затем вычислены коэффициенты понижения прочности.

Коэффициенты понижения прочности вводили как множители к значениям предела прочности, полученным при испытании образцов древесины без пороков.

Из данных таблицы следует, что расчетным путем (по формулам Г.Н. Савина и С.Г. Лехницкого) получены почти одинаковые результаты, но они значительно отличаются от экспериментальных. Таким образом, предложенная расчетная модель не отражает работу реальной древесины, и заменять сучок, даже выпадающий, отверстием нецелесообразно.

В дальнейшем необходимо составить другую расчетную модель, более точно учитывающую особенности строения древесины при наличии сучков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лехницкий С.Г.* Теория упругости анизотропного тела. М.: Наука, 1977. 416 с.
2. *Савин Г.Н.* Концентрация напряжений около отверстий. М.: Гос. изд-во техн.-теорет. лит., 1951. 496 с.

Поступила 29.01.13

UDC 624.00

**Definition of the Strength Assessment of the Extension of Wooden Elements with Knots**

*L.A. Gubenko<sup>1</sup>, Candidate of Engineering, Associate Professor*

*M.G. Khandov<sup>2</sup>, Engineer*

<sup>1</sup>Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russia; e-mail: gubenko-L@mail.ru

<sup>2</sup>Building Mounting Company no.1, Timme, 26, Arkhangelsk, 163061, Russia; e-mail: egick@list.ru

Wood belongs to the materials with the considerable anisotropic qualities. These qualities have influence to the strained-deformed characteristics of material. Besides, the real wood construction has such defects of structure as knots. To calculate the theoretical definition of the strained state of the element with a knot the design model is developed. The paper considers the anisotropic plate with two anisotropic axes: longitudinal and lateral. The extension of the plate is plankwise with the spreaded load. To make the calculations easier it's better to change a knot by a hole and calculate wood element with a hole. The tensile stress is calculated after the theory of elasticity of the anisotropic body. The stress concentration factors and the step-down ratio were calculated. To verify the calculations the tensile strength was determined experimentally. The plates of 400×50×5 mm with and without knots were tested by tense.

*Keywords:* knot, hole, stress, tensile strength, stress concentration, anisotropy.

#### REFERENCES

1. Lehnitskii S.G. *Teorija uprugosti anizotropnogo tela* [Theory of Elasticity of the Anisotropic Body]. Moscow, 1977. 416 p.
2. Savin G.N. *Koncentracija naprjazhenij okolo otverstij* [Stress Concentration Near the Holes]. Moscow, 1951. 496 p.

Received on January 29, 2013

---

УДК 674.093

**ОПТИМИЗАЦИЯ РАСКРОЯ ПИЛОВОЧНИКА БОЛЬШИХ РАЗМЕРОВ  
С ВЫПИЛИВАНИЕМ ТРЕХ БРУСЬЕВ  
И ДВУХ ПАР БОКОВЫХ ДОСОК**© *А.И. Агапов, д-р техн. наук, проф.*Вятский государственный университет, ул. Московская, 36, г. Киров, Россия, 610000;  
e-mail: agarov\_ai.34@mail.ru

Рассмотрена задача определения оптимальных размеров брусьев и досок при первом проходе раскроя пиловочника больших размеров с выпиливанием трех брусьев одинаковой толщины и двух пар боковых досок. В математической модели целевая функция составлена в виде суммы площадей поперечных сечений трех брусьев и двух пар боковых досок. Уравнения связи, раскрывающие взаимосвязь размеров брусьев и боковых досок с диаметром пиловочника, получены на основе теоремы Пифагора. При решении математической модели использован метод множителей Лагранжа. В результате решения задачи получен алгоритм, с использованием которого численным методом определены размеры брусьев и досок, а также значение целевой функции. Результаты расчетов показали, что целевая функция принимает максимальное значение при толщине бруса, равной 0,18 от диаметра бревна в вершинном торце. Установлено, что с увеличением толщины брусьев возрастает их объем, размеры боковых досок и их объем уменьшаются, но, самое главное, сумма объемов брусьев и досок принимает максимальное значение только при определенных соотношениях размеров этих брусьев и досок. Суммарная толщина всех трех выпиливаемых брусьев составляет 0,54 от диаметра бревна в вершинном торце, объем получаемых обрезных брусьев – 70 %, объем обрезных боковых досок – 30 % от всего объема обрезных досок. Оптимальная пифагорическая зона для рассматриваемого варианта раскроя пиловочника равна 0,922 от диаметра бревна в вершинном торце. Предложенный алгоритм решения задачи рекомендуется использовать при расчете и составлении поставок.

*Ключевые слова:* раскрой пиловочника, критерий оптимальности оптимизации, двухкантный брус, боковые доски, целевая функция, уравнение связи, алгоритм решения задачи.

При распиловке пиловочника больших размеров рекомендуется использовать брусковый способ раскроя с выпиливанием двух или трех брусьев [3, 4]. Из боковой части бревна можно получить еще несколько пар досок.

Рассмотрим вариант раскроя пиловочника с выпиливанием трех брусьев одинаковой толщины и двух пар боковых досок (см. рисунок).

Необходимо знать оптимальные размеры брусьев и досок. Постановка и решение такой оптимизационной задачи основываются на следующей гипотезе. С увеличением толщины брусьев объем их возрастает, объем боковых досок уменьшается. Очевидно имеется такое соотношение размеров брусьев и досок, при котором целевая функция принимает максимальное значение.

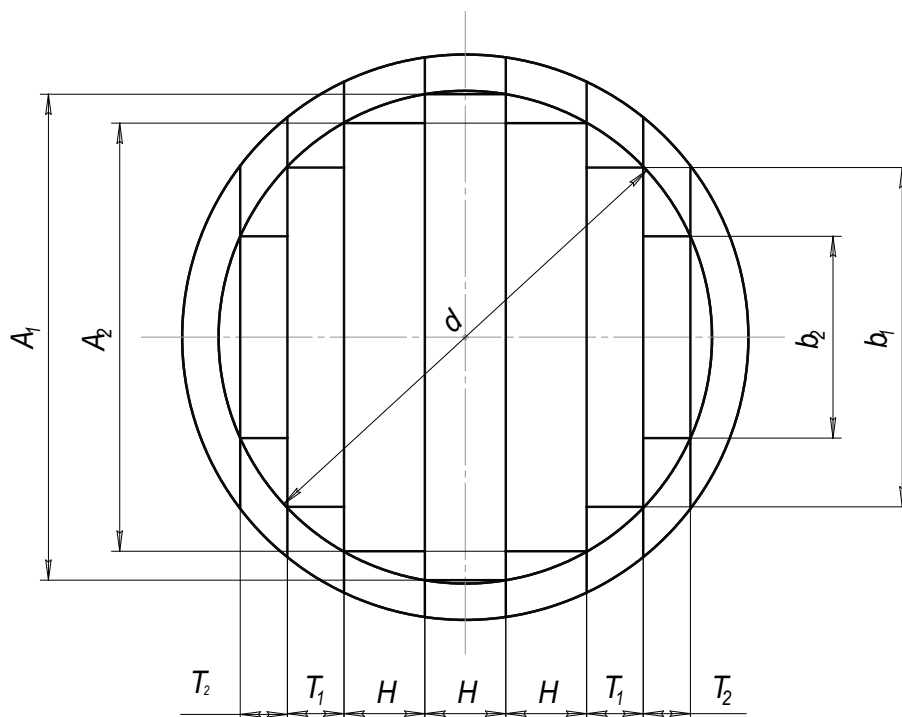


Схема раскря пиловочника с выпиливанием трех брусьев одинаковой толщины и двух пар боковых досок

Для решения задачи составляем математическую модель [1, 2]. В качестве критерия оптимальности выбираем объемный выход четырехкантных брусьев и боковых обрезных досок, получаемых при первом проходе брусово-развального способа раскря. Целевую функцию  $Z$  записываем в виде суммы площадей поперечных сечений трех брусьев и двух пар боковых обрезных досок:

$$Z = HA_1 + 2HA_2 + 2T_1b_1 + 2T_2b_2, \quad (1)$$

где  $H$  – толщина бруса;

$A_1$  – ширина пласти центрального бруса;

$A_2$  – ширина наружной пласти боковых брусьев;

$T_1, T_2$  – толщина первой и второй пар боковых досок;

$b_1, b_2$  – ширина наружных пластей первой и второй пар боковых досок.

Для составления уравнения связи воспользуемся теоремой Пифагора. Взаимосвязь диаметра бревна в вершинном торце с размерами брусьев и досок можно представить следующими уравнениями:

для центрального бруса

$$d^2 - H^2 - A_1^2 = 0; \quad (2)$$

для боковых брусьев

$$d^2 - 9H^2 - A_2^2 = 0; \quad (3)$$

для первой пары боковых досок

$$d^2 - b_1^2 - 9H^2 - 12HT_1 - 4T_1^2 = 0; \quad (4)$$

для второй пары боковых досок

$$d^2 - b_2^2 - 9H^2 - 4T_1^2 - 4T_2^2 - 12HT_1 - 12HT_2 - 8T_1T_2 = 0, \quad (5)$$

где  $d$  – диаметр бревна в верхнем торце.

Полагаем, что математическая модель составлена. Для решения данной модели воспользуемся методом множителей Лагранжа [1, 5]. Функцию Лагранжа  $L$  записываем в следующем виде:

$$\begin{aligned} L = & HA_1 + 2HA_2 + 2T_1b_1 + 2T_2b_2 + \lambda_1(d^2 - H^2 - A_1^2) + \\ & + \lambda_2(d^2 - 9H^2 - A_2^2) + \lambda_3(d^2 - b_1^2 - 9H^2 - 12HT_1 - 4T_1^2) + \\ & + \lambda_4(d^2 - b_2^2 - 9H^2 - 4T_1^2 - 4T_2^2 - 12HT_1 - 12HT_2 - 8T_1T_2), \end{aligned} \quad (6)$$

где  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$  – множители Лагранжа.

Находим частные производные от функции Лагранжа и приравняем их к нулю:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial A_1} &= H - 2\lambda_1 A_1 = 0; \\ \frac{\partial L}{\partial A_2} &= 2H - 2\lambda_2 A_2 = 0; \\ \frac{\partial L}{\partial H} &= A_1 + 2A_2 - 2\lambda_1 H - 18\lambda_2 H - 18\lambda_3 H - 12\lambda_3 T_1 - 18\lambda_4 H - 12\lambda_4 T_1 - 12\lambda_4 T_2 = 0; \\ \frac{\partial L}{\partial b_1} &= 2T_1 - 2\lambda_3 b_1 = 0; \\ \frac{\partial L}{\partial T_1} &= 2b_1 - 12\lambda_3 H - 8\lambda_3 T_1 - 8\lambda_4 T_1 - 12\lambda_4 H - 8\lambda_4 T_2 = 0; \\ \frac{\partial L}{\partial b_2} &= 2T_2 - 2\lambda_4 b_2 = 0; \\ \frac{\partial L}{\partial T_2} &= 2b_2 - 8\lambda_4 T_2 - 12\lambda_4 H - 8\lambda_4 T_1 = 0. \end{aligned} \right. \quad (7)$$

Решаем систему уравнений (7) совместно с уравнениями связи [1].

Рассматриваем предпоследнее уравнение системы (7):

$$T_2 = \lambda_4 b_2; \quad \lambda_4 = \frac{T_2}{b_2}. \quad (8)$$

Рассматриваем последнее уравнение системы (7), которое представляем в следующем виде:

$$b_2 = 4\lambda_4 T_2 + 6\lambda_4 H + 4\lambda_4 T_1. \quad (9)$$

В равенство (9) подставляем выражение (8):

$$b_2^2 = 4T_2^2 + 6HT_2 + 4T_1T_2 = 2T_2(3H + 2T_1 + 2T_2). \quad (10)$$

Из уравнения связи (5) выражаем ширину второй пары досок и подставляем в равенство (10):

$$8T_2^2 + 18HT_2 + 12T_1T_2 + 9H^2 + 12HT_1 + 4T_1^2 - d^2 = 0,$$

затем из полученного равенства выражаем толщину второй пары досок:

$$T_2 = \frac{1}{8} \left( \sqrt{8d^2 + (3H + 2T_1)^2} - 3(3H + 2T_1) \right).$$

Рассматриваем четвертое уравнение системы (7):

$$T_1 = \lambda_3 b_1; \quad \lambda_3 = \frac{T_1}{b_1}. \quad (11)$$

Рассматриваем пятое уравнение системы (7):

$$b_1 = 6\lambda_3 H + 4\lambda_3 T_1 + b_2. \quad (12)$$

Равенство (12) записываем в следующем виде:

$$b_1 = b_2 + 2\lambda_3(3H + 2T_1). \quad (13)$$

Подставляем равенство (11) в уравнение (13):

$$b_1^2 = b_1 b_2 + (3H + 2T_1) 2T_1. \quad (14)$$

Тогда ширину второй доски определяем по формуле

$$b_2 = b_1 - \frac{2T_1}{b_1}(3H + 2T_1). \quad (15)$$

Рассматриваем первое уравнение системы (7):

$$H = 2\lambda_1 A_1; \quad \lambda_1 = \frac{H}{2A_1}. \quad (16)$$

Используя уравнение связи (2), записываем

$$\lambda_1 = \frac{H}{2\sqrt{d^2 - H^2}}. \quad (17)$$

Рассматриваем второе уравнение системы (7):

$$H = \lambda_2 A_2; \quad \lambda_2 = \frac{H}{A_2}. \quad (18)$$

Используя уравнение связи (3), записываем

$$\lambda_2 = \frac{H}{\sqrt{d^2 - 9H^2}}. \quad (19)$$

Рассматриваем третье уравнение системы (7):

$$A_1 + 2A_2 = 2\lambda_1 H + 18\lambda_2 H + 18\lambda_3 H + 12\lambda_3 T_1 + 18\lambda_4 H + 12\lambda_4 T_1 + 12\lambda_4 T_2. \quad (20)$$

С учетом равенств (8) и (12) имеет

$$A_1 + 2A_2 = 2\lambda_1 H + 18\lambda_2 H + 3b_1. \quad (21)$$

В уравнение (21) подставляем равенства (16) и (18):

$$A_1 + 2A_2 = \frac{H^2}{A_1} + \frac{18H^2}{A_2} + 3b_1. \quad (22)$$

Решая равенство (22) относительно ширины первой пары досок, получаем

$$b_1 = \frac{A_1 + 2A_2}{3} - \frac{H^2(A_2 + 18A_1)}{3A_1A_2}. \quad (23)$$

Из уравнения связи (2) ширину пласти центрального бруса определяем по формуле

$$A = \sqrt{d^2 - H^2}. \quad (24)$$

Из уравнения связи (3) находим ширину наружной пласти боковых брусьев:

$$A_2 = \sqrt{d^2 - 9H^2}. \quad (25)$$

Используя выражения (24) и (25), ширину первой доски определяем по формуле (23), а используя уравнение связи (4), толщину первой доски находим по формуле

$$T_1 = \frac{1}{2}(\sqrt{d^2 - b_1^2} - 3H). \quad (26)$$

Ширину второй пары досок  $b_2$  определяем по формуле (15). Зная  $b_2$  и используя уравнение связи (5), рассчитываем толщину второй пары досок:

$$T_2 = \frac{1}{2}(\sqrt{d^2 - b_2^2} - (3H + 2T_1)). \quad (27)$$

Таким образом, рассмотрены все уравнения системы (7) и все уравнения связи. Получены формулы для определения размеров брусьев и досок. Однако в этих формулах параметры брусьев и досок взаимосвязаны, что затрудняет непосредственное нахождение оптимальных их значений. Поэтому для определения оптимальных размеров брусьев и досок воспользуемся численным методом. Задаемся толщиной бруса, а остальные размеры брусьев и досок определяем по ранее полученным формулам. Путем перебора толщины бруса находим максимальное значение целевой функции. Это и будет являться оптимальным вариантом.

Для облегчения расчетов и анализа результатов полученные ранее формулы представляем в относительных единицах, полагая  $m_H = H/d$ .

Тогда расчетные формулы алгоритма решения задачи имеют следующий вид:

ширина пласти центрального бруса

$$m_{A_1} = \frac{A_1}{d} = \sqrt{1 - m_H^2}; \quad (28)$$

ширина наружной пласти боковых брусьев



$$m_{A_2} = \frac{A_2}{d} = \sqrt{1 - 9m_H^2}; \quad (29)$$

ширина первой доски

$$m_{b_1} = \frac{m_{A_1} + 2m_{A_2}}{3} - \frac{m_H^2 (m_{A_2} + 18m_{A_1})}{3m_{A_1} m_{A_2}}; \quad (30)$$

толщина первой пары досок

$$m_{T_1} = \frac{T_1}{d} = \left( \sqrt{1 - m_{b_1}^2} - 3m_H \right); \quad (31)$$

ширина второй пары досок

$$m_{b_2} = \frac{b_2}{d} = m_{b_1} - \frac{2m_{T_1}}{m_{b_1}} (3m_H + 2m_{T_1}); \quad (32)$$

толщина второй пары досок

$$m_{T_2} = \frac{T_2}{d} = \frac{1}{2} \left( \sqrt{1 - m_{b_2}^2} - (3m_H + 2m_{T_1}) \right); \quad (33)$$

площадь поперечного сечения брусьев

$$Z_{бр} = m_H m_{A_1} + 2m_H m_{A_2}; \quad (34)$$

площадь поперечного сечения боковых досок

$$Z_{д} = 2m_{T_1} m_{b_1} + 2m_{T_2} m_{b_2}; \quad (35)$$

суммарная площадь поперечных сечений брусьев и досок

$$Z = Z_{бр} + Z_{д}. \quad (36)$$

Расчеты производим в два этапа. Вначале задаемся значениями  $m_H$  с градацией (интервалом) 0,01 в пределах 0,15...0,21 и находим максимальное значение целевой функции. Затем вокруг полученного максимального значения целевой функции задаемся относительной толщиной бруса  $m_H$  с градацией 0,001 и находим максимум целевой функции. Этот вариант и будет отвечать решению данной задачи, так как такая точность расчета вполне достаточна при составлении поставок. Результаты расчетов сведены в табл. 1.

Анализируя данные табл. 1, можно сделать вывод, что наибольший выход пилопродукции наблюдается при толщине бруса  $H = 0,18d$ . Следовательно, соотношения размеров брусьев и досок, полученные при этой толщине бруса, и будут оптимальными. Таким образом, впервые аналитическим путем определены оптимальные размеры брусьев и досок при распиловке бревен очень больших размеров брусом-развальным способом с выпиливанием трех одинаковых по толщине брусьев и двух пар боковых досок; подтверждена ранее выдвинутая гипотеза о том, что с увеличением толщины брусьев объем их возрастает, а объем боковых досок уменьшается, но имеется такое сочетание значений этих параметров, при которых целевая функция максимальна. Это важное свойство и дает основание для определения оптимальных размеров

Таблица 1

## Относительные размеры брусьев и досок и площади их поперечных сечений при относительной толщине бруса

$m_H$	$m_{A_1}$	$m_{A_2}$	$m_{b_1}$	$m_{T_1}$	$m_{b_2}$	$m_{T_2}$	$Z_{\text{оп}}$	$Z_{\text{д}}$	$Z$
0,15	0,98869	0,89303	0,79831	0,07613	0,68345	0,06388	0,416211	0,208854	0,625065
0,16	0,98712	0,87727	0,73015	0,10164	0,53991	0,07922	0,438665	0,233970	0,672635
0,17	0,98544	0,86017	0,69057	0,10663	0,46720	0,08044	0,459985	0,222441	0,682425
<b>0,18</b>	<b>0,98367</b>	<b>0,84167</b>	<b>0,64705</b>	<b>0,11122</b>	<b>0,38493</b>	<b>0,08025</b>	<b>0,480059</b>	<b>0,205715</b>	<b>0,685775</b>
0,19	0,98178	0,82164	0,59920	0,11532	0,29095	0,07810	0,498764	0,183604	0,682368
0,20	0,97980	0,80000	0,54632	0,11879	0,18210	0,07285	0,515959	0,156325	0,672284
0,21	0,97770	0,77660	0,48788	0,12146	0,05326	0,06283	0,531487	0,125204	0,656691
0,175	0,98457	0,85110	0,66933	0,10898	0,42738	0,08055	0,470185	0,214745	0,684930
0,176	0,98439	0,84924	0,66496	0,10944	0,41910	0,08053	0,472187	0,213046	0,685233
0,177	0,98421	0,84737	0,66054	0,10989	0,41073	0,08049	0,474175	0,211294	0,685469
0,178	0,98403	0,84548	0,65609	0,11034	0,40224	0,08043	0,476150	0,209489	0,685639
0,179	0,98385	0,84358	0,65160	0,11079	0,39364	0,08035	0,478111	0,207629	0,685740
<b>0,18</b>	<b>0,98367</b>	<b>0,84167</b>	<b>0,64705</b>	<b>0,11122</b>	<b>0,38493</b>	<b>0,08025</b>	<b>0,480059</b>	<b>0,205715</b>	<b>0,685775</b>
0,181	0,98348	0,83973	0,64246	0,11166	0,37610	0,08013	0,481994	0,203747	0,685741
0,182	0,9833	0,83779	0,63784	0,11209	0,36715	0,07999	0,483914	0,201725	0,685639
0,183	0,98311	0,83582	0,63316	0,11250	0,35808	0,07984	0,485821	0,199649	0,685470
0,184	0,98293	0,83384	0,62844	0,11293	0,34890	0,07965	0,487713	0,197518	0,685231
0,185	0,98274	0,83190	0,62368	0,11334	0,33960	0,07950	0,489591	0,195334	0,684925

брусьев и досок. Необходимо знать следующие оптимальные соотношения размеров брусьев и досок при  $H = 0,18d$ :

$$\lambda_1 = 0,092; \lambda_2 = 0,214; \lambda_3 = 0,172; \lambda_4 = 0,209; \frac{A_2}{A_1} = 0,860; \frac{b_1}{A_2} = 0,769; \frac{b_2}{b_1} = 0,590;$$

$$\frac{T_1}{H} = 0,620; \frac{T_2}{T_1} = 0,722; \frac{Z_{\text{оп}}}{Z} = 0,700; \frac{Z_{\text{д}}}{Z} = 0,300.$$

В этом случае охват бревна поставом, или размер пифагорической зоны,  $E = 0,922d$ .

Получается, что объем брусьев составляет 70 %, объем досок – 30 % от всего объема получаемых обрезных досок.

Зная оптимальные соотношения брусьев и досок, можно определить размеры пиловочника, которые обеспечивают получение требуемых размеров досок. Результаты расчетов размеров брусьев и досок из пиловочника различных диаметров представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Оптимальные расчетные размеры брусьев и досок  
для различных диаметров бревен**

Параметр	Размеры брусьев и досок, мм, для бревен диаметром, см										
	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100
$H$	108,0	115,2	122,4	129,5	136,8	144,0	151,2	158,4	165,6	172,8	180,0
$A_1$	590,4	629,7	669,1	708,4	747,8	787,2	826,6	865,9	905,3	944,6	984,0
$A_2$	505,2	530,2	572,6	606,2	639,9	673,6	707,3	740,9	774,6	808,3	842,0
$T_1$	66,7	71,2	75,6	80,1	84,5	90,0	93,4	97,8	102,3	106,8	111,2
$b_1$	388,2	414,1	440	465,8	491,7	517,6	543,5	569,4	595,2	621,1	647,0
$T_2$	48,3	51,5	54,7	57,9	61,1	64,4	67,6	70,8	74,0	77,2	80,4
$b_2$	231,0	246,4	261,8	277,2	292,6	308,0	323,4	338,8	354,2	369,6	385,0

Результаты расчетов показывают, что для диаметров пиловочника 60...100 см толщина бруса колеблется от 100 до 180 мм, толщина досок – от 48 до 110 мм. Эти размеры брусьев и досок имеют достаточно широкое распространение в промышленности. Наиболее распространены обрезные доски шириной 125...150 мм. Поэтому брусья такой толщины рекомендуется выпиливать из бревен диаметром 72...88 см (с учетом припуска на усушку).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Агапов А.И.* Оптимизация брусово-развального способа раскря пиловочника с выпиливанием двух бусьев. Киров: ВятГУ, 2011. 77 с.
2. *Агапов А.И.* Оптимизация технологических процессов деревообработки: учеб. пособие. Киров: ВятГУ, 2012. 81 с.
3. *Ветшева В.Ф.* Показатели использования крупномерных бревен при распиловке их с брусовкой на один, два и три бруса разной толщины // *Деревообраб. пром-сть*. 1971. № 7. С. 10–13.
4. *Ветшева В.Ф.* Раскрой крупномерных бревен на пиломатериалы. М.: Лесн. пром-сть, 1976. 168 с.
5. *Пижурин А.А., Розенблит М.С.* Основы моделирования и оптимизации процессов деревообработки: учеб. для вузов. М.: Лесн. пром-сть, 1988. 293 с.

Поступило 08.11.13

UDC 674.093

**Optimization of Cutting of Large-Size Sawlog with Sawing Out of Three Square Beams and Two Pairs of Side Boards**

*A.I. Agapov, Doctor of Engineering, Professor*  
Vyatka State University, Moskovskaya, 36, Kirov, 610000, Russia;  
e-mail: agapov\_ai.34@mail.ru

The problem of determining the optimum dimensions of beams and boards on the first pass of the cutting of sawlog of large dimensions has been solved with sawing out of three squared beams of the same thickness and two pairs of side boards. In the mathematical model the goal function is a square sum of the cross-section areas of the three beams and two pairs of side boards. The equations of connection, showing the interconnection of the sizes of the beams and side boards with the sawlog diameter, are received on the Pythagorean Theorem base. The mathematical model has been solved by the Lagrangian multiplier method. An algorithm has been worked out by solving the problem, with the help of which, by using a numerical method, the optimal sizes of beams and boards have been found as well as the value of the goal function. It has been determined that the goal function has its maximal value when the thickness of the beam is 0.18 of the log diameter in its top butt-end. It was found that with increasing of boards thickness, their volume increases and the size of the side boards and the volume of these boards is reduced, but the most important, the sum of the amounts of boards and beams takes the maximum value only at a certain ratio of the sizes of these boards and beams. The total thickness of all three squared beams is 0,54 from the log diameter at the top butt-end, the amount of pruned beams is 70%, and the volume of the cutting side boards is 30% of the total volume of plank timber. Pythagorean zone for the given version of cutting out of sawlog is 0.922 from the log diameter in its top butt-end. The proposed algorithm for solving the problem is recommended to use when supply calculating and drafting.

*Keywords:* cutting of sawlog, optimal criterion of optimization, two-edging squared beam, side boards, goal function, equation of connection, problem algorithm.

#### REFERENCES

1. Agapov A.I. *Optimizatsiya brusovo-razval'nogo sposoba raskroya pilovochnika s vypilivaniem dvukh brus'ev* [Optimization of Beam-Breaking Way of Sawlog Cutting with Sawing Out of Two Beams]. Kirov, 2011. 77 p.
2. Agapov A.I. *Optimizatsiya tekhnologicheskikh protsessov derevoobrabotki* [Optimization of Technological Processes of Woodworking]. Kirov, 2012. 81 p.
3. Vetsheva V.F. Pokazateli ispol'zovaniya krupnomernykh breven pri raspilovke ikh s brusovkoy na odin, dva i tri brusa raznoy tolshchiny [The Usage of the Large Logs While Cutting Them with Log Squaring on One, Two and Three Beams with Different Thickness]. *Derevoobratyvyayushchaya promyshlennost'*, 1971, no. 7, pp. 10–13.
4. Vetsheva V.F. Raskroy krupnomernykh breven na pilomaterialy [Cutting of Large Logs for Saw-Timber]. Moscow, 1976. 168 p.
5. Pizhurin A.A., Rozenblit M.S. *Osnovy modelirovaniya i optimizatsii protsessov derevoobrabotki* [Fundamentals of Modeling and Optimization of Processes]. Moscow, 1988. 293p.

Received on November 08, 2013

---

УДК 674.093: 621.914.1

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ РАВНОВЕСИЯ ПРЕДМЕТА ПЕРЕРАБОТКИ В СИСТЕМЕ СИД ЛЕСОПИЛЬНОГО АГРЕГАТА

© *В.В. Таратин, канд. техн. наук, доц.*

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,  
наб. Северной Двины, 17, г. Архангельск, Россия, 163002;  
e-mail: taratinvjacheslav@rambler.ru

Условия равновесия предмета переработки в системе станок–инструмент–древесина лесопильного агрегата были рассмотрены для одной из его возможных разновидностей – торцовочного агрегата. Его применение является рациональным направлением повышения выхода и качества технологической щепы, особенно при измельчении короткомерных участков досок, переработка которых неэффективна на традиционном оборудовании – рубительных машинах. Система лесопильного агрегата условно была рассмотрена как стержневая с двумя степенями статической неопределимости, подчиняющаяся основным положениям теории упругости. Для раскрытия статической неопределимости системы был применен метод сил строительной механики, согласно которому при составлении уравнений деформаций в качестве неизвестных принимались силовые параметры системы, соответствующие числу ее избыточных связей. Были получены зависимости для определения минимального усилия прижима доски при фрезеровании, параметров деформаций в системе торцовочного агрегата, а также построены эпюры изгибающих моментов и продольных сил в указанной системе. Анализ эпюр и полученных зависимостей показал, что для обеспечения условий равновесия наиболее рациональным является встречное поперечное фрезерование с верхним расположением доски. Обязательным является принудительный прижим доски. Это необходимое условие процесса торцовки фрезерованием с требуемыми показателями качества продукции. На основании полученных результатов сделан вывод о необходимости определения рациональных конструктивно-технологических параметров процесса фрезерования при торцовке досок. Параметры должны в лучшем (оптимальном) случае обеспечивать минимизацию сырьевых и энергетических затрат при выработке пиломатериалов и технологической щепы в соответствии с требованиями ресурсосбережения. Это утверждение справедливо не только для поперечного фрезерования ступенчатыми цилиндрическими фрезами, но и для продольного фрезерования торцово-коническими (коническими), а также цилиндрическими фрезами, которые используются в целом ряде разновидностей фрезернопильного оборудования, кроме рассмотренного торцовочного агрегата.

*Ключевые слова:* равновесие, предмет переработки, система СИД (станок–инструмент–древесина), лесопильный агрегат, требования ресурсосбережения.

Условия равновесия предмета переработки в системе СИД (станок–инструмент–древесина) лесопильного агрегата были рассмотрены для одной из его возможных разновидностей – торцовочного агрегата [3]. Это наиболее простой для математического моделирования случай применения агрегатного метода переработки древесины и, соответственно, вид агрегатного фрезернопильного оборудования [1].

Торцовочный агрегат предусматривает использование поперечного фрезерования для получения технологической щепы одновременно с операцией торцовки досок. Это является рациональным направлением повышения выхода и качества технологической щепы, особенно, при измельчении короткомерных участков досок длиной менее 0,3 м, переработка которых неэффективна на традиционном оборудовании – рубительных машинах [1, 4].

Достижение условий равновесия предмета агрегатной переработки при резании обеспечивается соотношением

$$P_{np} \geq P_{np}^{min}, \quad (1)$$

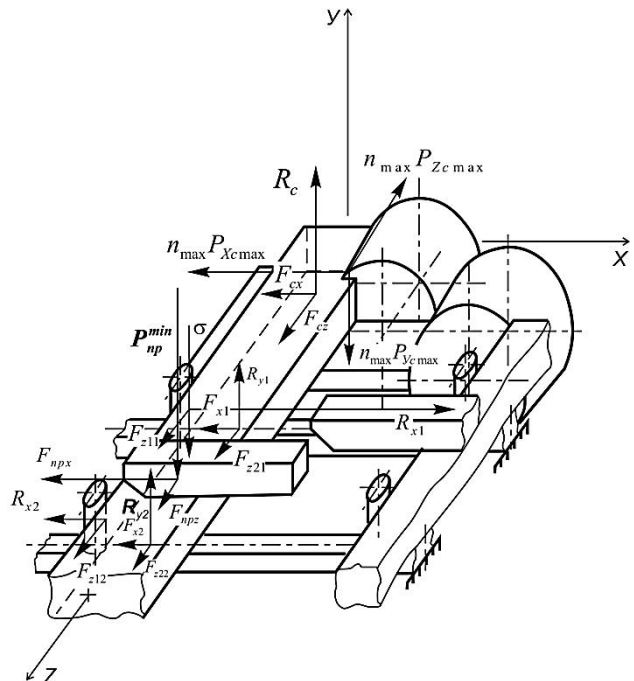
где  $P_{np}$  – усилие прижима предмета переработки к базирующим элементам подающего устройства системы СИД лесопильного агрегата, Н;

$P_{np}^{min}$  – минимальное усилие прижима, необходимое для обеспечения равновесия предмета переработки, Н.

Система СИД торцовочного агрегата (рис. 1) условно была рассмотрена как стержневая с двумя степенями статической неопределенности (рис. 2), подчиняющаяся основным положениям теории упругости [2].

В качестве исходного принимался наиболее неблагоприятный вариант базирования, когда доска имеет минимальную длину после торцовки и максимальное плечо приложения максимальной горизонтальной составляющей силы резания на длине стружки  $P_{xc\ max}$  относительно первого к инструменту упора. В соответствии с этим в расчете принимали во внимание реакции лишь двух цепей и упоров подающего устройства.

Рис. 1. Расчетная схема системы СИД для определения усилия прижима доски в процессе торцовки фрезерованием (множитель  $n_{max}$  у составляющих силы резания на рис. 1, 2 обозначает максимальное количество одновременно работающих резцов фрезы)



Для раскрытия статической неопределенности системы был применен метод сил строительной механики, согласно которому в качестве неизвестных  $x_1$  и  $x_2$  при составлении уравнений деформаций принимались силовые параметры системы, соответствующие числу ее избыточных связей [2]:

$$x_1 = (1 + f_1^2)^{0.5} P_{\text{пр1}}^{\text{min}}; \quad (2)$$

$$x_2 = (1 + f_1^2)^{0.5} P_{\text{пр2}}^{\text{min}}, \quad (3)$$

где  $x_1, x_2$  – соответственно результирующие силы от действия минимальных усилий прижима доски и сил трения от прижима, препятствующие потере равновесия системы по направлению осей  $X$  и  $Z, H$ ;

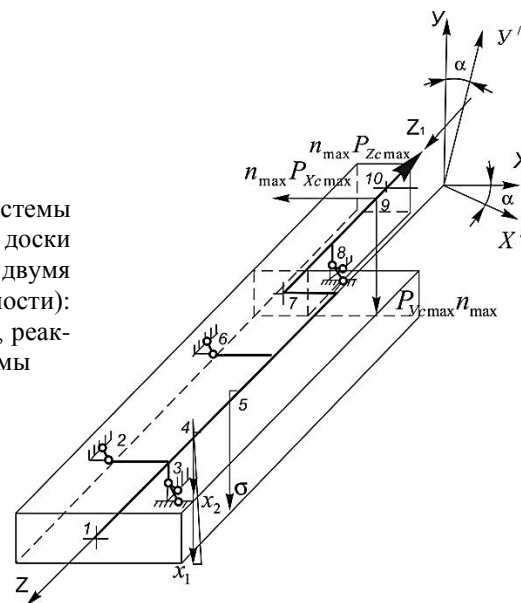
$f_1$  – коэффициент трения скольжения стали по древесине;

$P_{\text{пр1}}^{\text{min}}, P_{\text{пр2}}^{\text{min}}$  – соответственно слагаемые минимального усилия прижима

доски  $P_{\text{пр}}^{\text{min}}$  по направлению осей  $X$  и  $Z, H$ .

Пространственная ориентация связей системы  $x_1$  и  $x_2$  к осям координат определяется углом  $\alpha = \text{arctg } f_1$ . Условно принимали, что коэффициент трения скольжения в уравнениях (2) и (3) равен коэффициенту трения покоя, т. е.  $f_1 = f_0$ .

Рис. 2. Расчетная схема стержневой системы СИД для определения усилия прижима доски в процессе торцовки фрезерованием (с двумя степенями статической неопределенности): 1–10 – точки приложения векторов сил, реакций опор и границ стержневой системы



Применяя принцип независимости сил [2], на основании которого перемещения в системе по направлениям отброшенных связей равны нулю, и решая уравнения деформаций методом Гаусса, получили выражение для определения минимального усилия прижима доски при фрезеровании:

$$P_{np}^{\min} = (1 + f_1^2)^{-0.5} (\delta_{22}\delta_{11} - \delta_{12}^2)^{-1} [(\delta_{12} - \delta_{22})\Delta_{1p} - (\delta_{11} - \delta_{12})\Delta_{2p}], \quad (4)$$

где  $\delta_{11}$ ,  $\delta_{22}$ ,  $\delta_{12}$ ,  $\Delta_{1p}$ ,  $\Delta_{2p}$  – соответственно единичные и грузовые перемещения в системе СИД торцовочного агрегата, м.

Для определения перемещений в формуле (4) использовали интеграл Мора, который с учетом изгибающих и крутящих моментов, а также сдвигающих усилий в системе, имеет следующий вид:

$$\Delta_{mn} = \sum_0^{\ell} \overline{M}_{x'm} \frac{M_{x'n} dz}{E_{\#} J_{x'}} + \sum_0^{\ell} \overline{M}_{y'm} \frac{M_{y'n} dz}{E_{\#} J_{y'}} + \sum_0^{\ell} \overline{M}_{km} \frac{M_{kn} dz}{\sigma J_k} + \sum_0^{\ell} \overline{N}_m \frac{N_n dz}{E_{//} F} + \sum_0^{\ell} \overline{Q}_{zm} \frac{Q_{zn} dz}{\sigma F} \eta_z + \sum_0^{\ell} \overline{Q}_{ym} \frac{Q_{yn} dz}{\sigma F} \eta_y, \quad (5)$$

где  $\Delta_{mn}$  – перемещение по направлению силы  $P_m = 1$ , вызванное действием нагрузки  $n$ , м;

$\ell$  – длина доски, м;

$\overline{M}_{x'm}$ ,  $M_{x'n}$ ,  $\overline{M}_{y'm}$ ,  $M_{y'n}$  – единичные и грузовые изгибающие моменты соответственно в горизонтальной и вертикальной плоскостях системы координат  $X'Y'Z'$  ( $X'_1Y'_1Z'_1$ ), Н·м;

$E_{\#}$ ,  $E_{//}$  – модули упругости поперек и вдоль волокон, Н/м<sup>2</sup>;

$J_{x'}$ ,  $J_{y'}$  – моменты инерции относительно осей  $X'$  ( $X'_1$ ) и  $Y'$  ( $Y'_1$ ), м<sup>4</sup>;

$\overline{M}_{km}$ ,  $M_{kn}$  – единичные и грузовые моменты кручения, Н·м;

$\sigma$  – модуль сдвига, Н/м<sup>2</sup>;

$J_k$  – геометрическая характеристика крутильной жесткости, м<sup>4</sup>;

$\overline{N}_m$ ,  $N_n$ ,  $\overline{Q}_{zm}$ ,  $Q_{zn}$ ,  $\overline{Q}_{ym}$ ,  $Q_{yn}$  – единичные и грузовые соответственно продольные и поперечные силы, Н;

$F$  – площадь поперечного сечения пиломатериала, м<sup>2</sup>;

$\eta_z$ ,  $\eta_y$  – коэффициенты при сдвиге.

Пренебрегая кручением относительно осей  $Z$  и  $Z_1$ , а также сдвигом по направлению оси  $X'$  ( $X'_1$ ), в интеграле Мора (5) учитывали первые два слагаемых для определения параметров  $\delta_{11}$ ,  $\delta_{22}$ ,  $\delta_{12}$ ,  $\Delta_{1p}$ ,  $\Delta_{2p}$  и дополнительно четвертое слагаемое для определения  $\delta_{22}$  и  $\Delta_{2p}$ .



Для перемножения единичных и грузовых сомножителей интеграла Мора использовали правило Верещагина:

$$\int_0^{\ell} \overline{M} m (\overline{N} n) M_n (N_n) dz = \Omega_n Y_c, \quad (6)$$

где  $\overline{M} m, M_n$  – единичные и грузовые изгибающие моменты кручения, Н·м;

$\Omega_n$  – площадь грузовой эпюры, м<sup>2</sup>.

$Y_c$  – ордината другой (единичной) эпюры, взятая под центром тяжести первой, м.

Для решения зависимости (6) использовали графоаналитический метод на основании эпюр единичных и грузовых изгибающих моментов в горизонтальной и вертикальной плоскостях систем координат  $XYZ, X_1, Y_1, Z_1$ , а также продольных сил (рис. 3).

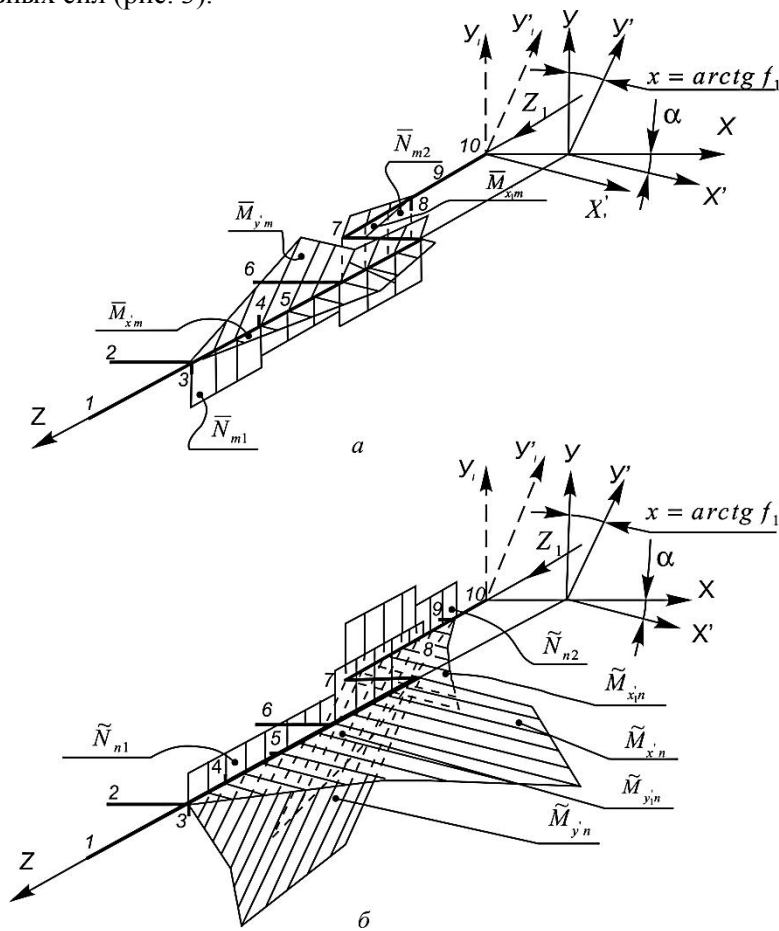


Рис. 3. Единичные изгибающие моменты и продольные силы (а), грузовые изгибающие моменты и продольные силы (б) в горизонтальной и вертикальной плоскостях стержневой системы СИД торцовочного лесопильного агрегата (1 – 10 – см. рис. 2)

В результате этого решения были получены зависимости параметров деформаций  $\delta_{11}$ ,  $\delta_{22}$ ,  $\delta_{12}$ ,  $\Delta_{1p}$ ,  $\Delta_{2p}$  от действия единичных сил и технологической нагрузки в системе СИД торцовочного агрегата.

Числовой анализ составляющих формулы (4) показал положительность ее знаменателя и сомножителей у перемещений  $\Delta_{1p}$  и  $\Delta_{2p}$ , поэтому знаки последних, зависящие от направления и величины приложенных сил, определяют требуемое усилие прижима  $P_{пр}^{\min}$ .

Анализ эпюр на рис. 3, а также полученных зависимостей параметров деформаций показал следующее.

Вертикальная составляющая максимальной мгновенной силы резания на длине стружки  $P_{Yc \max}$ , совпадающая с направлением отрицательной полуоси  $Y$  (см. рис. 1, 2) (встречное фрезерование с верхним расположением доски (ВВ) и попутное фрезерование с нижним расположением доски (ПН)) и вес доски  $\sigma$  оказывают положительное воздействие на условия базирования – уменьшают  $P_{пр}^{\min}$ . В этих случаях эпюры изгибающих моментов  $\overline{M}_{y'm}$  и  $M_{y'n}$  (рис. 3) имеют различные знаки, что дает, согласно методу Верещагина, отрицательное перемещение  $\Delta_{1p}$ , уменьшающее  $P_{пр}^{\min}$  по формуле (4). При встречном фрезеровании же с нижним расположением (ВН) и при попутном с верхним расположением доски (ПВ) указанные эпюры будут иметь одинаковые знаки (направление  $P_{Yc \max}$  изменится на противоположное), что даст положительное перемещение  $\Delta_{1p}$ , а значит увеличит  $P_{пр}^{\min}$ , т. е. окажет отрицательное воздействие на условия базирования доски.

Горизонтальная составляющая силы резания  $P_{Xc \max}$ , направленная как по направлению отрицательной полуоси  $X$  (ВВ, ВН), так и в противоположную сторону (ПН, ПВ) оказывает отрицательное воздействие на условия базирования – увеличивает  $P_{пр}^{\min}$  за счет возникновения опрокидывающего момента соответственно относительно первого или последующего к инструменту упора цепного конвейера. Отрицательное воздействие на условия базирования в случае попутного фрезерования с верхним (ПВ) и нижним (ПН) расположением доски больше, чем при встречном фрезеровании с верхним и нижним (ВВ, ВН) расположением доски. Это объясняется большим плечом указанного момента.

Осевая составляющая силы резания  $P_{Zc \max}$  при любом направлении фрезерования и расположении доски оказывает отрицательное воздействие на условия базирования.

Справедливость последних двух замечаний подтверждается соответствующим сочетанием знаков единичных и грузовых эпюр изгибающих моментов  $\overline{M}_{x'm}$  и  $M_{x'n}$  (одинаковые знаки – положительные перемещения  $\Delta_{1p}$ ) и продольных сил  $\overline{N}_m$  и  $N_n$  (разные знаки – отрицательные перемещения  $\Delta_{2p}$ ).

Таким образом, встречное поперечное фрезерование с верхним расположением доски является наиболее рациональным из рассмотренных случаев фрезерования и взаимного расположения доски и инструмента.

При выполнении фрезерования (с действием  $P_{Yc \max}$  на прижим доски) при значениях кинематического угла встречи  $Q$  в рекомендуемом диапазоне от  $135^\circ$  до  $145^\circ$  [4] положительное воздействие на условия базирования от силы  $P_{Yc \max}$  и веса доски  $\sigma$  не могут компенсировать отрицательных суммарных воздействий сил  $P_{Xc \max}$  и  $P_{Zc \max}$ , так как  $P_{Yc \max}$  и  $P_{Xc \max}$  соизмеримы, а моменты инерций от изгиба в вертикальной плоскости намного больше, чем от изгиба в горизонтальной плоскости (при различной высоте и ширине досок это соотношение колеблется, но составляет минимум пятикратную величину).

Этим объясняется обязательность применения принудительного прижима доски согласно выражению (4), что является необходимым условием выполнения процесса с требуемыми показателями качества продукции.

Неблагоприятными условиями базирования являются минимальные значения толщины  $h$  и ширины  $b$  доски, максимальное плечо приложения равнодействующей силы резания по осевой координате  $Z_9$  (первая по ходу ступень инструмента), положительное значение координаты  $X_4$  и минимальное  $Z_4$ .

К неблагоприятным условиям базирования доски для встречного фрезерования следует отнести момент ее дофрезеровки. В этом случае значения  $X_9$  будут наименьшие (см. эпюры изгибающих моментов на участке  $Z_1$  стержневой системы на рис. 3), а текущие энергетические затраты на базирование доски наибольшие.

Минимальный прижим доски требуется в случае, когда кинематический угол встречи  $Q$  при фрезеровании близок или равен  $90^\circ$ , но в этом случае не обеспечивается качество технологической щепы.

Встречное поперечное фрезерование с верхним расположением пиломатериалов при условии минимизации максимального количества одновременно работающих резцов фрезы (ступенчатой цилиндрической фрезы с расположением двухромбических резцов по пространственным спиральям)  $n_{\max}=1$  обеспечивает получение качественной технологической щепы с минимальными энергетическими затратами на достижение равновесного положения при резании по сравнению с другими возможными вариантами обработки.

Числовые значения параметра  $P_{\text{пр}}^{\min}$ , полученные по данным экспериментального определения составляющих максимальной силы резания на дуге стружки для поперечного фрезерования  $P_{Xc \max}$ ,  $P_{Yc \max}$ ,  $P_{Zc \max}$  [4], составляют с учетом коэффициента запаса от 600 до 1000 Н в зависимости от вариантов применения фрезерных узлов в торцовочном агрегате.

На основании полученных результатов пришли к выводу о необходимости определения рациональных конструктивно-технологических параметров процесса фрезерования при торцовке досок. Параметры должны в лучшем

(оптимальном) случае обеспечивать минимизацию сырьевых и энергетических затрат при выработке пиломатериалов и технологической щепы в соответствии с требованиями ресурсосбережения.

Это утверждение справедливо не только для поперечного фрезерования ступенчатыми цилиндрическими фрезами, но и для продольного фрезерования малорезцовыми и многорезцовыми торцово-коническими (коническими), а также цилиндрическими фрезами, которые используются в целом ряде разновидностей фрезернопильного оборудования, кроме рассмотренной торцовочной установки для агрегатной переработки досок по длине.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боровиков Е.М., Фефилов Л.А., Шестаков В.В. Лесопиление на агрегатном оборудовании М.: Лесн. пром-сть, 1985. 216 с.
2. Снитко Н.К. Строительная механика: учеб. для вузов. 2-е изд., доп. М.: Высш. шк., 1972. 488 с.
3. Таратин В.В. Агрегатный метод обработки досок по длине и пути его реализации // Новые технологические процессы в лесопилении: науч. тр. ЦНИИМОД. 1986. С. 93–100.
4. Таратин В.В. Применение фрезерного модуля для получения технологической щепы при торцовке пиломатериалов // Процессы резания, оборудование и автоматизация в деревообработке: науч. тр. МЛТИ. 1991. Вып. 236. С. 35–42.

Поступила 05.05.14

UDC 674.093: 621.914.1

#### **Finding the Equilibrium Conditions of the Processing Object in the Machine-Tool-Wood System of Sawmill Unit**

*V.V. Taratin, Candidate of Engineering, Associate Professor*

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, 163002 Arkhangelsk, Russia; e-mail: taratinvjacheslav@rambler.ru

The equilibrium conditions of the processing object in the machine-tool-wood system of the sawmill unit were considered for one of its possible variations, for the cross-cutting unit. Its use is a rational way to increase the yield and quality of pulpchips, especially under buck of short sections of boards, processing of which is inefficient on traditional equipment - chip-pers. Machine-tool-wood system of sawmill unit c conditionally have been viewed as a rod system with two degrees of static indeterminacy, subordinated to the main position of the elasticity theory. The method of the structural mechanics forces was applied for the disclosure of static indeterminacy of the system. Unknowns of the system under construction the equations of deformation were applied force system parameters corresponding to the amount of redundant connections according to this method. Dependences were obtained to determine the minimum die hold-down pressure of board under milling, deformation parameters in the machine-tool-wood system of cross-cutting unit, and distribution diagrams of bending moments and longitudinal forces in this system were built. Analysis of distribution diagrams and obtained dependences showed the following. Counter cross-milling with top location of

board is the most rational to ensure equilibrium conditions. It is essential to use a compulsory hold-down of board. This is a prerequisite process of cross-cutting by milling with the required indexes of quality products. Based on these results the rational design and technological parameters of the milling process, when is cross-cutting of boards, is necessary to determine. These parameters at best (optimal) should ensure minimization of raw material and energy costs in the development of saw-timber and pulpchips according to the requirements of resource saving. This is true not only for cross-milling by stepped circular cutter, but also for longitudinal milling by face-conical (conical) and circular cutter, which are used in a varieties of milling equipment besides considering cross-cutting unit.

*Keywords:* equilibrium, processing object, system MTW (machine-tool-wood), sawmill unit, resource saving requirements.

#### REFERENCES

1. Borovikov E.M., Fefilov L.A., Shestakov V.V. *Lesopilenie na agregatnom oborudovanii* [Sawmilling on the Unit-Type Equipment]. Moscow, 1985. 216 p.
2. Snitko N.K. *Stroitel'naya mekhanika* [Structural Mechanics]. Moscow, 1972, 488 p.
3. Taratin V.V. Agregatnyy metod obrabotki dosok po dline i puti ego realizatsii [Unit-Type Method of Boards Processing on Length and a Way of Its Realization]. *Novye tekhnologicheskie protsessy v lesopilenii: nauch. tr.* [New Technological Processes in Sawmilling: Proceedings]. 1986, pp. 93–100.
4. Taratin V.V. Primenenie frezernogo modulya dlya polucheniya tekhnologicheskoy shchepy pri tortsovke pilomaterialov [Use of the Milling Module for Receiving Pulpchips at Cross-Cutting of Sawn-Timber]. *Protsessy rezaniya, oborudovanie i avtomatizatsiya v derevoobrabotke: nauch. tr.* [Cutting Processes, the Equipment and Automation in a Woodworking: Proceedings]. 1991, no. 236, pp. 35–42.

Received on May 05, 2014



## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.026.21

**АЭРОДИНАМИЧЕСКОЕ ФОРМОВАНИЕ БУМАГИ  
САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

© **В.М. Дробосюк**, канд. хим. наук, ст. науч. сотр.  
**Г.К. Малиновская**, канд. хим. наук, зав. лабораторией  
**Л.В. Литвинова**, канд. хим. наук, ст. науч. сотр.

С.-Петербургский государственный технологический университет растительных полимеров, ул. Ивана Черных, 4, г. С.-Петербург, Россия, 98095;  
e-mail: vdrobosyuk@yandex.ru

В работе использован нетрадиционный способ изготовления бумаги – аэродинамическое формование. Процесс формования полотна бумаги осуществляется осаждением на сетке целлюлозных волокон из потока влажного воздуха при сохранении влажности сформованного слоя на уровне 30 %. Это обеспечивает образование межволоконных связей без введения упрочняющих добавок. При выработке бумаги методом аэродинамического формования наряду с малым потреблением воды ожидается снижение энергозатрат на роспуск полуфабриката и сушку бумаги. Плотность укладки волокон при формовании не превышает  $25 \text{ кг/м}^3$ , что позволяет наиболее эффективно производить бумаги санитарно-гигиенического назначения, для которых характерны пухлость, мягкость и высокая впитывающая способность. В структуре волокнистого слоя при прессовании на сетке формируются участки, обеспечивающие механическую прочность и влагоемкость бумаги. Различие технологий аэродинамического и традиционного формования бумаги вызвало необходимость изменения параметров сеток, используемых в настоящее время в целлюлозно-бумажной промышленности. Представлен расчет параметров профилирующей сетки для создания рельефа из участков различной плотности укладки волокон в полотне бумаги при прессовании волокнистого слоя. Рыхлые участки отвечают за высокую впитывающую способность бумаги и образуются в ячейках между нитями профилирующей сетки. Плотные участки обуславливают механическую прочность бумаги. Размеры плотных участков и расстояния между ними исключают возможность прохождения линии разрыва бумаги только по рыхлым участкам. Для образования прочных межволоконных связей проводится дополнительное увлажнение волокон. Приведены условия капиллярного впитывания воды только плотными участками полотна бумаги, исключая увлажнение всего волокнистого слоя. Методом аэродинамического формования на лабораторной установке периодического действия отработаны режимы формования образцов бумаги из белой сульфатной целлюлозы массой  $30...50 \text{ г/м}^2$ , избирательного увлажнения волокнистого слоя и способы введения вспомогательных компонентов для обеспечения влагопрочности образцов. Прессование проведено по разработанной технологии с использованием предложенной сетки. Опытные образцы бумаги по основным показателям отвечают требованиям ГОСТ Р 52354–2005 к изделиям из бумаги бытового и санитарно-гигиенического назначения.

*Ключевые слова:* плотность укладки волокон, механическая прочность бумаги, влагоемкость, профилирующая сетка.

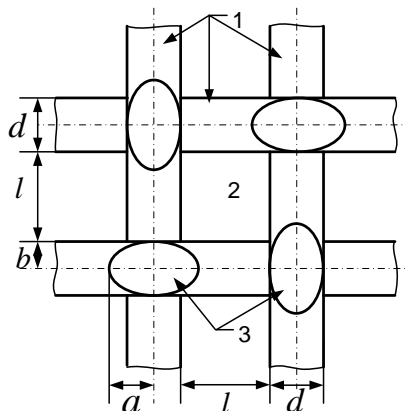
В С.-Петербургском государственном технологическом университете растительных полимеров разработаны технологический процесс и комплекс оборудования для промышленного производства бумаги и картона аэродинамическим способом [1]. Замена водной технологической среды на воздушную обеспечивает полную экологическую безопасность производства из-за отсутствия производственных стоков и вредных выбросов в атмосферу и позволяет уменьшить габариты оборудования, необходимого для формирования полотна бумаги. В США, Канаде и странах Западной Европы эксплуатируются бумагоделательные машины, изготавливающие санитарно-гигиенические виды бумаги (tissue) методом напыления на движущуюся сетку сухих волокон целлюлозы, взвешенных в потоке сухого воздуха. Механическая прочность данных видов бумаги, отличающихся повышенной пухлостью, обеспечивается введением в ее состав специальных связующих компонентов. Содержание связующих компонентов в волокнистом полуфабрикате составляет 10...30 %, что существенно увеличивает ее себестоимость.

Аэродинамическое формование бумаги (АДФ) осуществляется осаждением на сетке целлюлозных волокон из потока влажного воздуха при сохранении влажности сформованного слоя на уровне 30 %. Это обеспечивает возможность образования межволоконных связей без введения дополнительных упрочняющих добавок. Плотность укладки волокон в бумажном полотне на формирующей сетке не превышает  $25 \text{ кг/м}^3$ . Низкая начальная плотность бумаги, сформованной методом АДФ, наиболее эффективно производить бумаги санитарно-гигиенического назначения, для которых характерны пухлость, мягкость и высокая впитывающая способность.

Для достижения необходимой механической прочности и высокой впитывающей способности в волокнистом слое создается регулярный рельеф из участков с различной плотностью укладки волокон [2] за счет прессования на специальной профилирующей сетке (см. рисунок).

Рыхлый участок с плотностью укладки волокон  $80...100 \text{ кг/м}^3$  образуется в ячейке 2 профилирующей сетки, плотный участок с плотностью укладки волокон  $700...750 \text{ кг/м}^3$  – на плоском участке 3. Участок, расположенный под

Схема профилирующей сетки: 1 – нити; 2 – ячейки; 3 – плоские участки нитей ( $a$ ,  $b$  – соответственно половина длины и ширины плоского участка;  $d$  – диаметр нитей;  $l$  – расстояние между нитями)



нитями 1 сетки между плотными участками, создает рельеф с изменяющейся по длине участка плотностью. В среднем плотность составляет 350...400 кг/м<sup>3</sup>.

Проведен расчет параметров профилирующей сетки для формирования рыхлых участков и участков, обеспечивающих механическую прочность бумаги. Общая прочность при растяжении ( $F$ , Н/м) листа рельефной бумаги определяется участками с плотностью 700...750 кг/м<sup>3</sup>:

$$F = k_n F_n \frac{S_n}{S_p},$$

где  $k_n$  – коэффициент пропорциональности;  
 $F_n$  – прочность отдельного плотного участка, Н/м;  
 $S_n$  – площадь плотных участков, м<sup>2</sup>;  
 $S_p$  – общая площадь листа рельефной бумаги, м<sup>2</sup>.

Участки с низкой плотностью укладки волокон практически не имеют прочности. Эти рыхлые участки обеспечивают высокую впитывающую способность изготавливаемой бумаги и образуются в ячейках между нитями профилирующей сетки. Размеры отдельных плотных участков и расстояние между ними должны исключать возможность прохождения линии разрыва бумаги только по рыхлым участкам. Расстояние  $L$  между плотными участками, расположенными вокруг рыхлого участка, отвечает условию

$$L \leq \frac{\lambda_e}{2},$$

где  $\lambda_e$  – среднее расстояние между концами отдельного волокна в плоскости листа бумаги, м.

При соблюдении этого условия волокна соединяют между собой плотные участки и передают от участка к участку механические напряжения, возникающие при растяжении бумаги.

Эффективность передачи механических напряжений характеризуется коэффициентом  $k_n$  или долей волокон, расположенных в одном элементе профилирующей сетки, которые вовлечены в рыхлый участок ячейки 2 и в два ближайших уплотненных участка 3:

$$k_n = \frac{P_n}{P},$$

где  $P_n$  – часть периметра элемента сетки, проходящего по плоским участкам;  
 $P$  – суммарный периметр элемента профилирующей сетки.

Отношение площади плотных участков к общей площади листа рельефной бумаги, определяющее разрывную прочность бумаги, выражается через параметры профилирующей сетки (см. рисунок):

$$\frac{S_n}{S_p} = \frac{\pi a b}{l + d^2}.$$



Влагоемкость ( $U_s$ , кг воды/кг волокна) рельефной бумаги, состоящей из участков различной плотности укладки волокон, определяется зависимостью

$$U_s = U_o + \frac{\rho_w}{\rho_f} \sum_i \left[ \frac{S_i}{S_p} \left( \frac{\rho_f}{\rho_i} - 1 \right) \right],$$

где  $U_o$  – влагосодержание волокон целлюлозы, кг воды/кг волокна;

$\rho_w$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_f$  – плотность волокон целлюлозы, кг/м<sup>3</sup>;

$i$  – количество участков с одинаковой плотностью укладки волокон;

$S_i$  – площадь участка, имеющего определенную плотность, м<sup>2</sup>;

$\rho_i$  – плотность укладки волокон  $i$ -го участка, кг/м<sup>3</sup>.

Приведенные выше уравнения позволяют оценить параметры профилирующей сетки, необходимые для обеспечения прочности и влагоемкости рельефной бумаги.

Создание прочных межволоконных связей требует дополнительного увлажнения волокнистого слоя в плотных участках. Для этого сформованное полотно помещается между двух сеток: профилирующей и увлажняющей. Использование увлажняющей сетки дает возможность минимизировать количество вводимой в бумажное полотно воды.

Увлажнение происходит при условии

$$\Delta P_{sh} > \Delta P_{net},$$

где  $\Delta P_{sh}$  – давление капиллярного впитывания воды слоем волокон целлюлозы, Н/м<sup>2</sup>,

$$\Delta P_{sh} = \frac{4}{d_f} \frac{\rho_i}{\rho_f} \frac{\sigma_w \cos \theta}{1 - \frac{\rho_i}{\rho_f}};$$

$\Delta P_{net}$  – давление капиллярного впитывания воды ячейками увлажняющей сетки, Н/м<sup>2</sup>,

$$\Delta P_{net} = \frac{4\sigma_w \cos \theta_{net}}{d_{th} \varepsilon_{net}};$$

$\sigma_w$  – поверхностное натяжение воды на границе с воздухом, Н/м;

$\theta$  – угол смачивания поверхности волокон водой, град;

$\theta_{net}$  – угол смачивания водой поверхности нитей увлажняющей сетки;

$d_{th}$  – диаметр нитей увлажняющей сетки, м;

$\varepsilon_{net}$  – пористость увлажняющей сетки.

Удельное количество свободной воды ( $Q_w$ , кг/м<sup>2</sup>), которое переносит увлажняющая сетка, зависит от параметров сетки (см. рисунок):

$$Q_w = \frac{d_{th} \rho_w}{\left(1 + \frac{l}{d_{th}}\right)^2}.$$

Для эффективного увлажнения слоя волокон удельное количество воды в увлажняющей сетке определяется условием

$$Q_w > q_o \frac{S_n \rho_w}{S_p \rho_f} \left( \frac{\rho_f}{\rho} - 1 \right),$$

где  $q_o$  – удельный вес бумаги, кг/м<sup>2</sup>;

$\rho$  – плотность укладки волокон,  $\rho = 100$  кг/м<sup>3</sup>.

Капиллярное впитывание воды участками слоя волокон, расположенными под плоскими участками профилирующей сетки, определяется условием

$$380 < \Delta P_{net} < 880.$$

Выполнение этого условия обеспечивает избирательное увлажнение волокон только в уплотняемых участках. В результате сушка бумажного полотна после процесса прессования требует значительно меньших временных и энергетических затрат.

При прессовании и сушке полотна бумаги на профилирующей сетке по мере испарения воды из уплотненных участков образуются межволоконные связи, обеспечивающие механическую прочность полотна бумаги санитарно-гигиенического назначения.

На лабораторной установке АДФ периодического действия были отработаны режимы формования образцов бумаги из белой сульфатной целлюлозы массой 30...50 г/м<sup>2</sup>, избирательного увлажнения волокнистого слоя специальной сеткой и способы введения вспомогательных компонентов для обеспечения влапрочности образцов (см. таблицу). Полученные образцы соответствовали требованиям ГОСТ Р 52354–2005, предъявляемым к изделиям из бумаги бытового и санитарно-гигиенического назначения: образцы группы А отвечали свойствам бумаги туалетной, группы В – бумаги для полотенец и косметических салфеток.

При производстве бумаги методом АДФ наряду с малым потреблением воды и уменьшением габаритов оборудования можно ожидать снижения энергозатрат на роспуск полуфабриката и сушку бумаги. Изготовление бумаги для изделий бытового и санитарно-гигиенического назначения возможно как из первичного, так и из вторичного волокнистого сырья.

**Свойства образцов бумаги санитарно-гигиенического назначения**

Показатель качества бумаги	Группа А, однослойные	Группа В	
		однослойные	двухслойные
Разрывное усилие, Н:			
в сухом состоянии	3,4	5,3	5,0
во влажном состоянии	–	1,2	0,8
Впитываемость, мм:			
капиллярная	12	40	–
поверхностная	–	–	5
Масса 1 м <sup>2</sup> , г	50	30	45

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2100508 РФ. Способ аэродинамического изготовления картона, писчей или печатной бумаги / О.А.Терентьев, В.М. Дробосюк; заявл. 08.12.1994; опубл. 27.12.1997, Бюл. № 36.

2. Пат. 2159304 РФ. Аэродинамический способ изготовления санитарно-гигиенической бумаги / В.М. Дробосюк; заявл. 15.12.1998; опубл. 20.11.2000, Бюл. №32.

Поступила 18.07.13

УДК 676.026.21

**Aerodynamic Forming of Tissue**

**V.M. Drobosyuk**, *Candidate of Chemistry, Senior Research Officer*

**G.K. Malinovskaya**, *Candidate of Chemistry*

**L.V. Litvinova**, *Candidate of Chemistry, Senior Research Officer*

Saint Petersburg State Technological University of Plant Polymers, Ivan Chernyh str., 4, Saint Petersburg, 198095, Russia; e-mail: vdrobosyuk@yandex.ru

The method of aerodynamic paper forming, an alternative papermaking method is used in the research. Paper web is formed through depositing pulp fibers from a wet air flow on a wire while maintaining moisture content of the layer formed at the rate of 30%, ensuring interfiber bonding without any strengthening additives. The use of the aerodynamic forming method in papermaking is expected to decrease power inputs for repulping and paper drying processes in addition to small water consumption. The density of fiber packing in the web is no more than 25 kg/m<sup>3</sup>, allowing the most efficient sanitary tissue making with the aerodynamic forming method. These paper grades are notable for their bulk, softness and high absorbability. In pressing on a wire the segments in the fibrous layer are formed, which contribute strength properties and moisture capacity of paper. Due to the distinctions between the aerodynamic paper forming technology and the traditional method some parameters of the wires used presently in the pulp and paper industry were changed. Calculation of shaping wire parameters is given for formation of the relief consisting of the segments with various density of fiber packing in paper web while pressing fibrous layer. Bulky segments are responsible for high paper absorbability; they are formed in the cells between sharing wire filaments. Dense segments are responsible for paper strength properties. Sizes of dense segments and distances between them eliminate the possibility for paper to be broken in bulky segments only. The fibers are additionally moistened for forming strong interfiber links. The conditions are given for capillary water to be absorbed by dense segments of paper web solely excluding moistening of the whole fibrous layer. Paper samples are formed with the aerodynamic method at the batch device. Conditions for paper sample forming with the use of bleached kraft pulp of apparent weight 30 – 50 g/m<sup>2</sup>, selective moistening of their fibrous layers as the well as methods of introducing aids ensuring wet strength of the samples were determined. Pressing was made with the developed technology using the offered wire. Main indices of the test paper samples meet the GOST R 5235–2005 requirements for tissue items.

*Keywords:* fiber packing density, paper strength, water-absorbing capacity, profiling wire.

REFERENCES

1. Terentiev O.A., Drobosyuk V.M. *Sposob ajerodinamicheskogo izgotovlenija kartona, pischej ili pechatnoj bumagi* [Aerodynamic Method of Manufacturing of Paperboard, Writing and Printing Paper]. Patent RF, no. 2100508, 1994.

2. Drobosyuk V.M. *Ajerodinamicheskij sposob izgotovlenija sanitarnogigienicheskoj bumagi* [Aerodynamic Method of Manufacturing of Sanitary Tissue]. Patent RF, no. 2159304, 1998.

Received on July 18, 2013

---

---

УДК 630\*81+547.992.3

## РЕГИОНАЛЬНЫЕ И ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЛИГНОУГЛЕВОДНОЙ МАТРИЦЫ ЛИСТВЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ (НА ПРИМЕРЕ ОСИНЫ *POPULUS TREMULA*)\*

*М.А. Пустынная<sup>1</sup>, асп.*

*М.А. Гусакова<sup>1</sup>, канд. техн. наук, зав. лабораторией*

*К.Г. Боголицын<sup>1,2</sup>, д-р хим. наук, проф.*

<sup>1</sup>Институт экологических проблем Севера УрО РАН, наб. Северной Двины, 23, г. Архангельск, Россия, 163000; e-mail: lobanova2806@gmail.com; тел.: (8182) 28-55-40

<sup>2</sup>Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, наб. Северной Двины, 17, г. Архангельск, Россия, 163002

В настоящее время спрос на волокнистые полуфабрикаты для изготовления бумаги и картона существенно возрастает в результате увеличения их потребления. Совершенствование структуры потребления древесного сырья предусматривает увеличение доли быстрорастущей лиственной древесины, направляемой на переработку. Для управления технологическими процессами и качеством продукции необходимы данные о строении, составе и свойствах древесины, закономерностях превращения компонентов древесины на молекулярном и надмолекулярном уровнях при химическом и физическом воздействиях. Ряд таких факторов, как комплекс природно-климатических условий, возраст дерева и время рубки, оказывают влияние на содержание и распределение основных компонентов древесины даже в пределах одного вида. В последние десятилетия наблюдается активный интерес к древесине осины как с точки зрения генетических и биохимических исследований, так и с точки зрения перспективности сырья для целлюлозно-бумажной промышленности при выработке химико-термомеханической массы и др. волокнистых материалов. Цель работы – показать влияние абиотических факторов и продолжительности жизни на компонентный состав лиственной быстрорастущей древесины на примере осины. Для достижения поставленной цели необходимо: исследовать химический состав разновозрастной древесины осины, отобранной в разных климатических зонах; оценить влияние абиотических факторов на изменение содержания основных компонентов древесины и продолжительности жизни дерева на изменение содержания основных компонентов древесины. Для исследования была взята стволовая часть серокорой древесины осины (*Populus tremula*) возрастом от 10 до 45 лет. Полевой материал собран в естественных насаждениях в летний период на территории зон северной и средней тайги. В работе представлены результаты исследования компонентного состава разновозрастной древесины осины. Для достоверной оценки общего содержания лигнина в древесине осины необходимо учитывать содержание кислоторастворимой фракции. В более мягких климатических условиях зоны средней тайги по сравнению с зоной северной тайги преобладает биосинтез углеводных компонентов, что отражается в повышенном со-

---

\*Работа выполнена в рамках проекта молодых ученых УрО РАН (№ 14-5-НП-156) и при поддержке программы Президиума РАН (проект № 12-П-5-1021) на оборудовании ЦКП КТ РФ-Арктика (ИЭПС, ИФПА УрО РАН).

держании целлюлозы в древесине. Полученные данные свидетельствуют о наличии зависимости содержания целлюлозы и лигнина от абиотических факторов, а также от возраста древесины. Можно отметить незначительные колебания содержания спирторастворимых экстрактивных веществ с возрастом, преимущественно этот показатель стабилен.

*Ключевые слова:* осина, абиотические факторы, целлюлоза, кислоторастворимый лигнин, лигнин Класона, экстрактивные вещества, легкогидролизуемые полисахариды.

Спрос на волокнистые полуфабрикаты для изготовления бумаги и картона существенно возрастает в результате увеличения их потребления. С одной стороны, для поддержания устойчивого развития целлюлозно-бумажной отрасли необходимо принять меры для сохранения стабильных поставок сырья, с другой, природоохранное законодательство оказывает давление на промышленность в целях сохранения леса [12, 22]. Таким образом, совершенствование структуры потребления древесного сырья предусматривает увеличение доли быстрорастущей лиственной древесины, направляемой на переработку.

Для совершенствования технологических процессов и управления качеством продукции необходимы данные о строении, составе и свойствах древесины, закономерностях превращения компонентов древесины на молекулярном и надмолекулярном уровнях при химическом и физическом воздействиях. Ряд таких факторов, как комплекс природно-климатических условий, возраст дерева и время рубки, оказывают влияние на содержание и распределение основных компонентов древесины даже в пределах одного вида [7, 17, 18].

В последние десятилетия наблюдается активный интерес ученых к древесине осины как с точки зрения генетических и биохимических исследований [8], так и с точки зрения перспективности сырья при выработке химико-термомеханической массы и др. волокнистых материалов [2, 6, 12].

Осина (*Populus tremula*) относится к семейству ивовых (*Salicaceae*) и входит в род тополь (*Populus*). Рассматривая биолого-технические особенности осины, важно отметить быстроту роста, продуктивность, нетребовательность к почве, а также обширный ареал произрастания [16].

Цель работы – изучение влияния абиотических факторов и продолжительности жизненного цикла на компонентный химический состав лиственной быстрорастущей древесины осины.

Для исследования взята стволовая часть серокорой древесины осины возрастом от 10 до 45 лет. Полевой материал отобран на территории зон северной и средней тайги Архангельской области в летний период. Тип леса черничный. Согласно методике расчета оптимального объема выборки, представленной в работе [10], число образцов для исследования составляло 17. Тестовые площадки для отбора проб осины находились вне зоны антропогенного и техногенного влияния, характеристика районов отбора представлена в табл. 1 [1].

Таблица 1

## Краткая характеристика районов отбора осины

Тестовая площадка	Средняя температура, °С		Годовое количество осадков, мм	Средняя продолжительность безморозного периода, дн.	Число дней в году с устойчивой температурой выше 5 °С
	января	июля			
Северотаежная зона	-12,9	15,6	509	86	120
Среднетаежная зона	-13,1	17,3	505	110	150

Возраст древесины определяли по количеству годовичных колец на поперечных срезах у корневой шейки стволов осины. Для химического анализа использовали опилки (фракция 2 мм), приготовленные из воздушно-сухого сырья. Анализ проводили по стандартным методикам [19].

Наиболее распространенным в литературе аналитическим методом количественной оценки содержания лигнина в растительных тканях является кислотный гидролиз, в частности сернокислотный метод (метод Класона) [18, 21]. Следует отметить, что если для древесины хвойных пород определение лигнина по Класону дает достоверные результаты, то для лиственных характерны значительные погрешности анализа, связанные с растворением лигнина и переходом его в раствор вследствие частичной гидролитической фрагментации [4, 5, 20]. По данным [13] при анализе древесины лиственных пород содержание кислоторастворимого лигнина составляет 15...68 % от общего содержания лигнина, в раствор преимущественно переходят сиригинилпропановые структурные единицы.

Термин «растворимый лигнин» стал использоваться в химии после исследовании К. Шторха, который выяснил локализацию и свойства этого компонента древесины [15]. Данные о кислоторастворимом лигнине активно обсуждались в литературе с 60-х годов прошлого века; его изучением занимались такие зарубежные специалисты, как В.Г. Кэмпбелл [24], К. Фрейденберг [25], Б.Л. Броунинг [23] и др. Однако при всем объеме информации по лигнину данные о выходе и составе кислоторастворимого лигнина отрывочны. Лишь некоторые исследователи в своих работах сообщают о содержании кислоторастворимого лигнина ряда лиственных пород.

Общее содержание лигнина в древесине вычисляли как сумму фракций кислотонерастворимого (лигнин Класона) и кислоторастворимого лигнинов.

Содержание кислоторастворимого лигнина определяли методом УФ-спектроскопии при длине волны 278 нм на УФ-спектрофотометре UV-1800 (Shimadzu, Япония), в качестве эталона использовали препарат диоксанлигнина осины (30 лет), выделенный по методу Пеппера [9]. Для удаления фурфурола, имеющего максимум поглощения также при длине волны 278 нм, применяли кипячение реакционной смеси в течение 5 ч в открытом стакане при поддержании постоянного объема жидкости. Содержание кислотораствори-

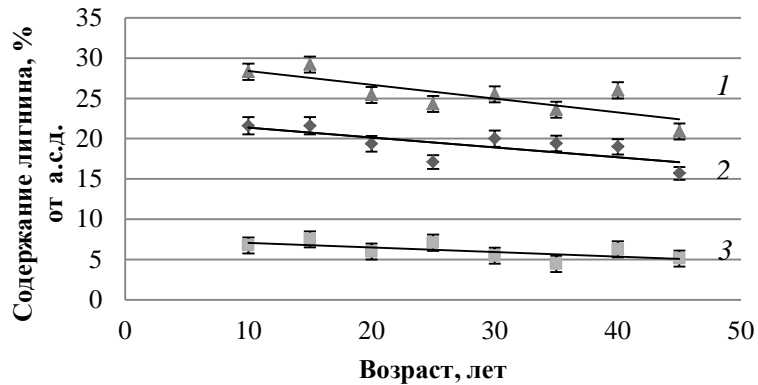


Рис. 1. Зависимость содержания лигнина от возраста осины:  
 1 – общий лигнин, 2 – лигнин Класона, 3 – кислоторастворимый лигнин

мого лигнина в анализируемых образцах древесины осины всего возрастного диапазона составляет 4,28...6,77 % от абс. сухой древесины (а.с.д.) (рис. 1).

На основании проведенного исследования можно сделать вывод, что для получения достоверных значений общего содержания лигнина в древесине осины необходимо учитывать содержание кислоторастворимой фракции, которая увеличивает содержание общего лигнина в древесине на 18...20 %.

Для оценки влияния условий произрастания на содержание основных компонентов выбраны образцы древесины возрастом 30... 35 лет, так как в данном диапазоне осина на территории Архангельской области признается технически спелой [11, 16]. Согласно данным, представленным в работе [10], число образцов, достаточное для получения репрезентативных оценок составляет не менее 5. В связи со сложностью отбора проб и продолжительностью анализа было определено число деревьев в возрастном диапазоне 30...35 лет: 3 – для зоны северной тайги, 3 – для зоны средней тайги.

Различия в содержании основных компонентов оценивали по критерию Стьюдента  $t_{крит}$ . Математическая обработка результатов показала отсутствие существенных различий в содержании общего лигнина и легкогидролизуемых полисахаридов, однако различия в содержании целлюлозы для зон север-

Таблица 2  
 Зависимость содержания (% от а.с.д.) основных компонентов древесины осины от условий места произрастания

Тестовая площадка	Целлюлоза	Лигнин общий	Легкогидролизуемые полисахариды
Северотаежная зона	48,1±2,5	27,1±1,8	14,6±1,1
Среднетаежная зона	53,6±2,1	23,4±2,4	15,3±0,7



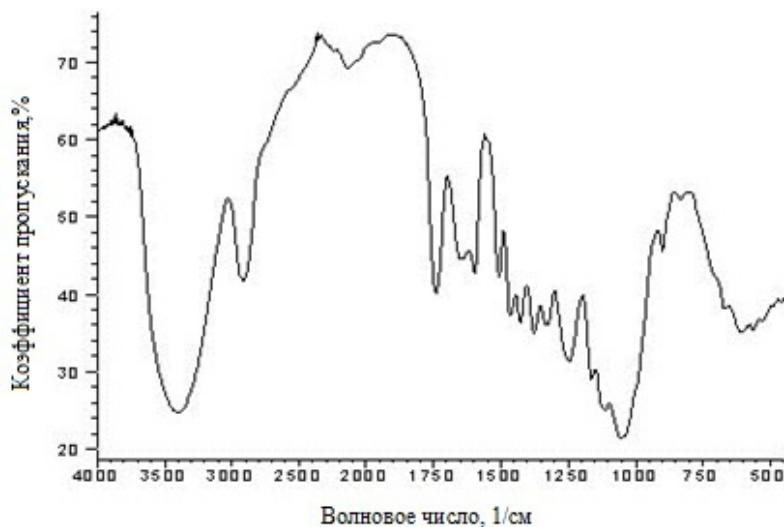


Рис. 2. ИК-спектр древесины осины (30...35 лет)

ной и средней тайги признаны значимыми. Содержание экстрактивных веществ, извлекаемых этиловым спиртом, составляет 3,9 и 2,8 % от а.с.д. для зон северной и средней тайги соответственно, содержание минеральной составляющей изменяется в узком диапазоне:  $0,51 \pm 0,05$  % от а.с.д.

В целях подтверждения данных о компонентном составе древесины осины, полученных химическими методами, и его изменении в процессе биосинтеза были записаны ее ИК-спектры (рис. 2).

ИК-спектры регистрировали на ИК Фурье-спектрофотометре IRAFFINITY-1 (Shimadzu, Япония) в диапазоне  $4000 \dots 400$   $\text{см}^{-1}$  при разрешении  $2$   $\text{см}^{-1}$  (образец запрессовывали с бромидом калия в таблетки). Для характеристики относительного содержания лигнина выбрана полоса при  $1510$   $\text{см}^{-1}$ , обусловленная поглощением ароматических колец гваяцильного типа, для углеводной составляющей –  $1060$   $\text{см}^{-1}$ , обусловленная валентными асимметричными колебаниями простых эфирных связей. Интенсивности полос определены относительно базовой, которую для всех ИК-спектров древесины проводили по волновым числам  $4000$ ,  $3700$ ,  $2700$ ,  $1800$ ,  $850$   $\text{см}^{-1}$  с помощью программы «IR solution». Для характеристики относительного содержания лигнина и углеводного компонента в образцах древесины рассчитана их относительная оптическая плотность  $K = D_v / D_{vi}$  (где  $D_v$  – оптическая плотность полосы поглощения компонента;  $D_{vi}$  – оптическая плотность полосы поглощения внутреннего стандарта).

Полученные результаты показали, что изменение относительной оптической плотности основных компонентов древесины согласуется с данными химического анализа: лигнин –  $K_{\text{лиг}} = 0,65$  и  $0,61$ ; целлюлоза –  $K_{\text{цел}} = 0,23$  и  $0,38$  для зон северной и средней тайги соответственно.

Известно, что природные условия северной и средней тайги в основном связаны с особенностями климата. На севере области климат менее континентальный, что обусловлено влиянием Белого и Баренцева морей. Температура как неотъемлемая составляющая климата определяет продолжительность вегетационного периода, влияет на рост дерева в высоту и толщину. Большой примерно в 1,5 раза вегетационный период на юге области влияет на строение и свойства древесины и ее компонентов. Продолжительность периода вегетации в совокупности с освещенностью определяет интенсивность процессов фотосинтеза, а значит, и интенсивность образования субстратов основных компонентов древесины. По завершению формирования оболочки клетки в камбиальном слое начинается процесс утолщения клеточной стенки (синтез углеводов) и отложение лигнина, причем формирование последнего идет с запозданием [14]. Можно предположить, что продолжительность вегетационного периода в первую очередь определяет ход образования углеводной составляющей древесного вещества.

Таким образом, климатические условия зоны средней (юг области) тайги способствуют протеканию биосинтеза углеводных компонентов, что отражается в повышенном содержании целлюлозы (в среднем 53,6 %) по сравнению с зоной северной тайги (в среднем 48,1%).

Изменение содержания основных компонентов древесины от возраста оценивали для образцов осины, отобранных на территории средней тайги (табл. 3). Тестовые площадки выбирали таким образом, чтобы они обладали схожими природно-климатическими (см. табл. 1) и эдафическими условиями (черничный тип леса, подстилающие породы – активные формы карста).

С одной стороны, территория, где выбраны тестовые площадки, является лесосырьевой базой крупнейших предприятий целлюлозно-бумажной промышленности России (ОАО «Группа ИЛИМ» (г. Коряжма), ОАО «Монди Сыктывкарский ЛПК», ОАО «Архангельский целлюлозно-бумажный комбинат»), использующих осину наряду с березой в качестве сырья для выработки волокнистых полуфабрикатов. С другой стороны, происходит естественное

Таблица 3  
Содержание основных компонентов древесины (% от а.с.д.)  
в зависимости от возраста

Возраст, лет	Целлюлоза	Лигнин общий	Легкогидролизуемые полисахариды	Экстрактивные вещества	Минеральные вещества
10	45,6	28,3	14,6	4,7	0,3
15	45,6	29,2	14,3	4,9	0,2
20	50,7	25,4	14,6	3,3	0,7
25	52,4	24,3	14,9	3,4	0,6
30	50,4	25,5	15,0	3,0	0,5
35	51,0	23,6	15,3	3,0	0,6
40	49,7	26,0	15,4	2,3	0,5
45	52,2	20,9	15,5	3,5	0,5

лесовосстановление, а осина занимает лидирующее положение из-за своих биологических особенностей. Поэтому прирост площадей, занимаемых осиной, обеспечивается в основном за счет территорий, пройденных сплошными рубками или лесными пожарами в хорошо освоенных регионах с развитой транспортной инфраструктурой, где промышленная заготовка древесины для лесоперерабатывающих предприятий наиболее рентабельна [17].

Согласно табл. 3 и литературным данным, динамику формирования лигноуглеводного комплекса от возраста можно представить следующим образом: на ранних стадиях роста и развития (до 20 лет) для осины характерен преимущественный рост в высоту. Прирост клеток в данном случае характеризуется преимущественным протеканием процессов лигнификации древесного вещества по сравнению с более зрелыми деревьями [3], что выражается в повышенном содержании лигнина. Дальнейшее развитие (после 25 лет) характеризуется интенсивной работой клеток камбия, отвечающих за утолщение ствола, что приводит к увеличению углеводной составляющей. С возрастом содержание спирторастворимых экстрактивных веществ изменяется незначительно: 3,52...4,65 % от а.с.д.

#### *Выводы*

1. Климатические факторы являются определяющими в процессах биосинтеза углеводных компонентов, что отражается в повышенном содержании целлюлозы в древесине осины средней тайги (в среднем 53,6 %) по сравнению с северной тайгой (в среднем 48,1 %).

2. Продолжительность жизненного цикла оказывает влияние на компонентный химический состав древесины осины: на ранних стадиях роста и развития (до 20 лет) характерно преобладание процессов биосинтеза лигнина, что выражается в повышенном его содержании, дальнейшее развитие (после 25 лет) характеризуется интенсификацией процессов биосинтеза углеводной составляющей и, как следствие, увеличением содержания целлюлозы.

3. При определении лигнина древесины осины по методу Класона доля кислоторастворимой фракции составляет 20...25 %.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас Архангельской области / Под ред. Д.Ф. Федорова. М.: ГУГК, 1976. 72 с.
2. Аким Э.Л., Молотков Л.К. Проект «Лиственница». Биорефайнинг осины // Целлюлоза. Бумага. Картон. 2011. № 8. С. 26–31.
3. Бессчетнов В.П., Бессчетнова Н.Н. Образование и лигнификация ксилемы плюсовых деревьев сосны обыкновенной // Лесн. жур. 2013. № 2. С. 45–52. (Изв. высш. учеб. заведений).
4. Боголицын К.Г., Резников В.М. Химия сульфитных методов делигнификации. М.: Экология, 1994. 420 с.
5. Браунс Ф.Э., Браунс Д.А. Химия лигнина. М.: Лесн. пром-сть, 1964. 864 с.

6. Бучельникова Я.В. Особенности использования осиновой древесины при производстве химико-термомеханической массы: дис. ... канд. техн. наук: М., 2011. 146 с.
7. Гелес И.С. Древесное сырье – стратегическая основа и резерв цивилизации. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. 500 с.
8. Горшкова Т.А. Биогенез растительных волокон. М.: Наука, 2009. 260 с.
9. Грушников О.П., Елкин В.В. Достижения и проблемы химии лигнина. М.: Наука, 1973. 296 с.
10. Ивантер Э.В., Коросов А.В. Элементарная биометрия. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2010. 104 с.
11. Елисеев С.Г. Технические и эксплуатационные свойства древесины морфологических форм осины: дис. ... канд. тех. наук. Красноярск, 2010. 119 с.
12. Желдак В. Вопросы совершенствования нормативно-методического регламентирования лесоводственных мероприятий, сохранения и усиления экологической, природоохранной роли лесов // Устойчивое лесопользование. 2013. № 1 (34). С. 45 – 52.
13. Зарубин М.Я. Реакция лигнина при сольволизе растворами кислот и оснований: дис. ... д-ра хим. наук. Л., 1976. 429 с.
14. Зубов И.Н., Хвиюзов С.С., Лобанова М.А., Гусакова М.А., Боголицын К.Г. Влияние абиотических факторов на формирование лигноуглеводной матрицы древесины можжевельника // Лесн. журн. 2012. № 1. С. 113–120. (Изв. высш. учеб. заведений).
15. Лебедев К.К. Исследования по химии лигнина. М.: Лесн. пром-сть, 1965. 292 с.
16. Михайлов Л.Е. Осинники: монография. М.: Лесн. пром-сть, 1972. 119 с.
17. Неволин В.Ф., Полубояринов О.И., Зарудная Г.И. Технология целлюлозно-бумажного производства. Справочные материалы. В 3 т. Т.1 Сырье и производство полуфабрикатов. Ч. I. СПб.: ЛТА, 2002. 432 с.
18. Никитин Н.И. Химия древесины и целлюлозы. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1962. 711 с.
19. Оболенская А.В., Ельницкая З.П., Леонович А.Л. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы. М.: Экология, 1991. 320 с.
20. Лигнины / Под ред. К.В. Сарканена и К.Х. Людвига; пер. с англ. М.: Лесн. пром-сть, 1975. 632 с.
21. Фенгел Д., Вегенер Г. Древесина (химия, ультраструктура, реакции). М.: Лесн. пром-сть, 1988. 512 с.
22. Чуйко В.А. Тенденции развития российской ЦБП // Целлюлоза. Бумага. Картон. 2012. № 1. С. 3 –7.
23. Browning B.L., Bublitz I.O. The isolation of holocellulose from wqqd // Tappi. 1953. Vol. 36, N. 10. P. 452–458.
24. McDonald I.R.C., Campbell W.G. Acid-soluble Lignin // Nature. 1952. N 169. P. 33.
25. Stumpf W., Freudenberg, K. Losliches Lignin aus Fichten-und Buchenholz // Angew. Chem. 537 p.

Поступила 15.04.14

UDC 630\*811; 630\*812/813; 547.992.3

**The Regional and Age-Related Changes of Hardwood Lignin-Carbohydrate Matrix Chemical Composition in Terms of Aspen (*Populus Tremula*)**

*M.A. Pustynnaya*<sup>1</sup>, *Postgraduate*

*M.A. Guskova*<sup>1</sup>, *Candidate of Engineering*

*K.G. Bogolitsyn*<sup>1,2</sup>, *Doctor of Chemistry, Professor*

<sup>1</sup>Institute of Ecological Problems of the North, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 23, Arkhangelsk, 163000; Russia; e-mail: lobanova2806@gmail.com; ph.: (8182) 28-55-40

<sup>2</sup>Northen (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russia

The demand for semi-finished fiber for paper and paperboard manufacturing is increased significantly as a result of their consumption. Improvement of wood raw material consumption structure leads to increase of fast-growing hardwood allocated for processing. Data on the structure, composition and properties of wood, wood components transformation regularities at the molecular and supramolecular levels in the chemical and physical impacts are needed for the industrial processing control and product quality. Several factors, such as complex of climatic conditions, age of a tree and felling time, influence on the content and distribution of the main components of wood, even within the same species. In recent decades many scientists pay their attention to the aspen wood in genetic and biochemical studies, and consider the aspen wood as a potential raw material for the pulp and paper industry in the development of chemi-thermomechanical pulp and some other fibrous materials. The purpose of this paper is to show the influence of abiotic factors and lifetime on the chemical composition of the fast-growing hardwood in terms of an aspen. To achieve this purpose it is necessary to:

- investigate the chemical composition of mixed-age aspen wood, selected in different climatic zones;
- evaluate the influence of abiotic factors on the content of the main components of wood;
- assess the impact of the tree life time to change the content of basic chemical components of wood.

The stick of aspen age from 10 to 45 years was felled for the study. Aspen wood was collected in the natural stands in the summer on the territory of the northern and central areas of the taiga. The paper presents the results of a study of volume components of the all-aged wood of aspen (*Populus tremula*). For a reliable assessment of the total value of the lignin content at aspen wood it is necessary to consider the content of acid-soluble fraction, which increases the value of lignin in wood. Mild climate conditions of the middle taiga allow the carbohydrate components biosynthesis to dominate, which is reflected in the higher content of cellulose compared with the samples from the northern taiga. These data indicate the dependencies of the content of cellulose and lignin on the abiotic factors, and the dependencies of the age of wood and the lignin content. As for the changes in the content of alcohol-soluble extractives with aging we can note the minor variations and the stable pattern in their content.

*Keywords:* aspen, abiotic factors, cellulose, acid-soluble lignin, Klason lignin, extractives, hydrolyzable polysaccharides.

## REFERENCES

1. *Atlas Arhangel'skoj oblasti* [Atlas of the Arkhangelsk Region]. Ed. by D.F. Fedorov. Moscow, 1976. 72 p.
2. Akim E.L., Molotkov L.K. Proekt «Listvennica». Biorefajning osiny [The Project "Larch". Biorefining of Aspen]. *Tselluloza. Bumaga. Karton*, 2011, no. 8, pp. 26 - 31.
3. Besschetnov V.P., Besschetnova N.N. Obrazovanie i lignifikacija ksilemy pljusovyh derev'ev sosny obyknovennoj [Formation and Lignification of the Xylem of Scots Pine Seed-Production Trees]. *Lesnoy zhurnal*, 2013, no. 2.
4. Bogolitsyn K.G., Reznikov V.M. *Himija sul'fitnyh metodov delignifikacii* [Chemistry of Sulfite Methods of Delignification]. Moscow, 1994. 420 p.
5. Brauns F.E., Brauns D.A. *Himija lignina* [Chemistry of Lignin]. Moscow, 1964. 864 p.
6. Buchelnikova Ya.V. *Osobennosti ispol'zovaniya osinovej drevesiny pri proizvodstve himiko-termomehanicheskoj massy*: dis. ... kand. tech. nauk [Usage Features of Aspen Wood in the Manufacture of Chemithermomechanical Pulp: Cand. Eng. Sci. Diss.]. Moscow, 2011. 146 p.
7. Geles I.S. *Drevesnoe syr'e - strategicheskaja osnova i rezerv civilizacii* [Wood Raw Materials - a Strategic Framework and Provision of Civilization]. Petrozavodsk, 2007. 500 p.
8. Gorshkova T.A. *Biogenez rastitel'nyh volokon* [Biogenesis of Plant Fibers]. Moscow, 2009. 260 p.
9. Grushnikov O.P., Yolkin V.V. *Dostizhenija i problemy himii lignina* [Achievements and Challenges of Lignin Chemistry]. Moscow, 1973. 296 p.
10. Ivanter E.V., Korosov A.V. *Jelementarnaja biometrija* [Elementary Biometrics]. Petrozavodsk, 2010. 104 p.
11. Yeliseev S.G. *Tehnicheskie i jekspluatacionnye svojstva drevesiny morfologicheskikh form osiny*: dis. ... kand. tech. nauk [Technical and Operational Properties of Wood of Morphological Forms of Aspen: Cand. Eng. Sci. Diss.]. Krasnoyarsk, 2010. 119 p.
12. Zheldak V. Voprosy sovershenstvovaniya normativno-metodicheskogo reglamentirovaniya lesovodstvennyh meroprijatij, sohraneniya i usileniya jekologicheskoj, prirodohrannoj roli lesov [Questions to Improve the Regulatory and Methodical Regulation of Silvicultural Events, Conservation and Consolidation of Ecological, Environmental Role of Forests]. *Ustoichivoye lesopolzovanie*, 2013, no. 1 (34), pp. 45 - 52.
13. Zarubin M.Ya. *Reakcija lignina pri sol'volize rastvorami kislot i osnovanij*: dis. ... dokt. him. nauk [Reaction of Lignin at Solvolysis by Acids and Bases Solutions: Dr. Chem. Sci. Diss.]. Leningrad, 1976. 429 p.
14. Zubov I.N., Khviyuzov S.S., Lobanova M.A., Gusakova M.A., Bogolitsyn K.G. Vlijanie abioticheskikh faktorov na formirovanie lignouglevodnoj matricy drevesiny mozhzhevel'nika [Influence of Abiotic Factors on the Formation of Lignin-Carbohydrate Matrix of Juniper Wood]. *Lesnoy zhurnal*, 2012, no. 1, pp. 113 – 120.
15. Lebedev K.K. *Issledovaniya po himii lignina* [Studies on the Chemistry of Lignin]. Moscow, 1965. 292 p.
16. Mikhailov L.E. *Osinniki: monograf.* [Aspen: Monograph]. Moscow, 1972. 119 p.
17. Nevolin V.F., Poluboyarinov O.I., Zarudnaya G.I. *Tehnologija celljulozno-bumazhnogo proizvodstva* [Technology of Pulp and Paper Production]. Saint Petersburg, 2002, vol. 1. 432 p.

18. Nikitin N.I. *Himija drevesiny i celljulozy* [Chemistry of Wood and Cellulose]. Moscow – Leningrad, 1962. 711 p.
19. Obolenskaya A.V., Yelnitskaya Z.P., Leonovich A.L. *Laboratornye raboty po himii drevesiny i celljulozy* [Laboratory Works on the Chemistry of Wood and Cellulose]. Moscow, 1991. 320 p.
20. Sarkanen K.V. *Ligniny (struktura, svojstva, reakcii)* [Lignans (Structure, Properties, Reaction)]. Moscow, 1975. 632 p.
21. Fengel D., Vegener G. *Drevesina (himija, ul'trastruktura, reakcii)* [Wood (Chemistry, Ultrastructure, Reactions)]. Moscow, 1988. 512 p.
22. Chuiko V.A. Tendencii razvitija rossijskoj CBP [Trends in the Development of the Russian Pulp and Paper Industry]. *Tselluloza. Bumaga. Karton*, 2012, no. 1, pp. 3 -7.
23. Browning B.L., Bublitz I.O. The Isolation of Holocellulose from Wood. *Tappi*, 1953, no. 36, pp. 452-458.
24. McDonald I. R. C., Campbell W. G. Acid-Soluble Lignin. *Nature*, 1952, no. 169, p. 33.
25. Stumpf, W., Freudenberg, K. Lösliches Lignin aus Fichten- und Buchenholz. *Angewandte Chemie*, 1950, vol. 62, no. 22, p. 537.

Received on April 15, 2014

УДК 676.004.86

## ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЗАСОРЕНИЯ СИТ ПИТАТЕЛЯ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ВАРОЧНОГО КОТЛА

© *В.П. Сиваков, д-р техн. наук, декан*

*В.И. Музыкантова, вед. инж.*

*Ю.М. Гребенщиков, асп.*

Уральский государственный лесотехнический университет, ул. Сибирский тракт, 37, г. Екатеринбург, Россия, 620100; e-mail: djguran@mail.ru

Цель работы – определение периодичности технологической очистки сит питателя по изменению виброскорости насоса высокого давления и загрузочного устройства котла в процессе подконтрольной эксплуатации. В питателе высокого давления проводится отбор щелока низкого давления из суспензии щепа–щелок до гидромодуля 4...7 дм<sup>3</sup>/кг, подача щелока высокого давления с разбавлением суспензии до гидромодуля 25...35 дм<sup>3</sup>/кг и выгрузка суспензии. Исследовано влияние засорения сит на нагрузку приводов насоса высокого давления и загрузочного устройства варочного котла, а также на вибрацию технологического оборудования. При засорении сит снижается отбор щелока. Выгрузка суспензии в загрузочную циркуляцию происходит с гидромодулем более 35 дм<sup>3</sup>/кг. Повышенное содержание жидкости в суспензии снижает потери на трение при ее транспортировании и, следовательно, на нагрузку приводов и вибрацию оборудования. Очистка сит от засорений увеличивает заполнение карманов ротора щепой, снижает гидромодуль при выгрузке суспензии, что увеличивает потери на трение при транспортировании суспензии, нагрузку на приводы и вибрацию оборудования. Процесс засорения и самоочистки сит питателя носит случайный характер. Аналогично засорению и очистке сит изменяется нагрузка приводов и вибрация оборудования загрузочной циркуляции. Показано, что по цикличности изменения нагрузки приводов или вибрации оборудования можно установить периодичность технологической очистки сит. На входе в тракт загрузочной циркуляции измерялась виброскорость насоса высокого давления, на выходе – виброскорость загрузочного устройства. Методами математической статистики установлены границы спектра частот проявления цикличности режима засорения и самоочистки сит, определены корреляционные функции и выявлена линейная корреляционная связь виброскорости на входе и выходе тракта загрузочной циркуляции. Установлено, что изменение виброскорости оборудования на входе и выходе из тракта загрузки удовлетворяет условиям стационарности. По автокорреляционным функциям виброскорости оборудования выделены из массива случайных сигналов одинаковые периодические составляющие на входе и выходе тракта загрузочной циркуляции. В результате исследования спектральной плотности стационарного случайного процесса изменения виброскорости тракта загрузочной циркуляции установлена преобладающая частота засорения сит. Обоснована периодичность технологической промывки сит.

*Ключевые слова:* варочный котел, питатель высокого давления, сито, диагностирование, вибрация, засорение, промывка.



В тракт загрузочной циркуляции поступает суспензия из щепы и щелока с гидромодулем 25...35 дм<sup>3</sup>/кг. При эксплуатации тракта (рис. 1) происходит постоянное изменение гидромодуля суспензии. На изменения гидромодуля влияет много факторов. Наиболее значимым из них является степень засоренности сит питателя высокого давления.

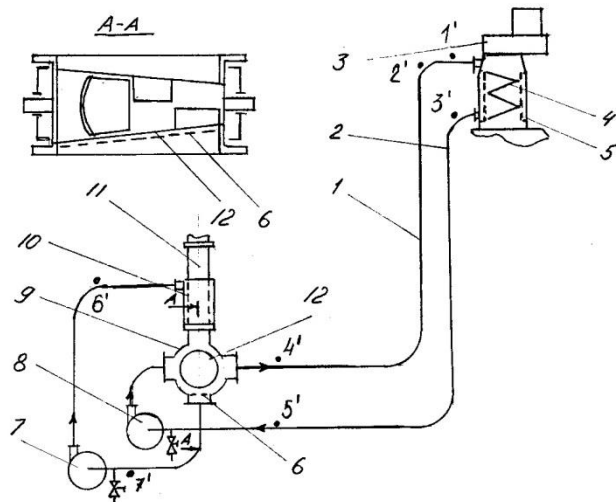


Рис. 1. Схема тракта загрузочной циркуляции ВК: 1, 2 – трубопроводы загрузочной и возвратной циркуляции; 3 – привод; 4 – винт; 5 – сетчатый цилиндр; 6 – сито питателя; 7 – насос низкого давления; 8 – насос высокого давления; 9 – питатель высокого давления; 10 – шлицевое сито; 11 – питательная труба; 12 – ротор; т. 1' ... т. 7' – места установки вибропреобразователей

В технологическом аспекте изменение гидромодуля суспензии влияет на объем загружаемой в варочный котел технологической щепы и, следовательно, на выход целлюлозы. В эксплуатационном аспекте изменение гидромодуля суспензии влияет на потребляемую мощность приводных устройств тракта загрузочной циркуляции, а также на вибрацию технологического оборудования.

Рассмотрим влияние засорения сит на эксплуатационный режим работы тракта загрузочной циркуляции. При засорении сит питателя снижается отбор щелока из загружаемого канала ротора. В загруженном канале с технологической щепой остается много щелока низкого давления. При вымывании технологической щепы из этого канала щелок высокого давления смешивается со щелоком низкого давления, что приводит к повышению гидромодуля суспензии. Повышенное содержание жидкой фазы в суспензии снижает потери на трение при технологических операциях и транспортировании. Нагрузка при-

водов насоса высокого давления и загрузочного устройства и, следовательно, вибрация снижаются.

После очистки сит щелок низкого давления отбирается из загрузочного канала с минимальным сопротивлением. Каналы ротора при загрузке почти полностью заполняются технологической щепой. Гидромодуль суспензии снижается, нагрузка приводов на преодоление трения при транспортировании суспензии увеличивается, что приводит к возрастанию вибрации оборудования.

Цикличность засорения и самоочистки сит питателя носит случайный характер. Она зависит от содержания смолы и мелкой фракции в технологической щепе, присадки ротора в корпусе и других факторов. Длительная работа тракта загрузочной циркуляции с засоренными ситами нежелательна, так как снижается производительность установки варки целлюлозы. Засорение сит косвенно проявляется в периодических изменениях нагрузки приводов и вибрации оборудования.

Изменение нагрузки приводов и вибрации оборудования на входе и выходе тракта загрузочной циркуляции имеет одностороннюю ориентацию. Например, при снижении нагрузки привода насоса высокого давления, как правило, отмечается снижение нагрузки привода загрузочного устройства. Определив характер связи нагрузки или вибрации приводных устройств на входе и выходе тракта загрузочной циркуляции, а также частоты циклических изменений нагрузки или вибрации, можно обосновать периодичность очистки сит.

Спектр частот циклических изменений вибрации оборудования тракта загрузочной циркуляции определяли статистическими методами по экспериментальным данным.

На входе в тракт загрузочной циркуляции измеряли виброскорость  $V_{вх}$  насоса высокого давления, на выходе – виброскорость  $V_{вых}$  загрузочного устройства.

Интервал реализации [1] экспериментальных значений виброскорости

$$\Delta t \leq \pi / \omega_{в},$$

где  $\omega_{в}$  – высокочастотная граница спектра.

Для тракта загрузочной циркуляции  $\omega_{в} = 0,005 \text{ мин}^{-1}$  (из опыта эксплуатации), тогда  $\Delta t \leq 10 \text{ ч}$ . Принимаем  $\Delta t = 4 \text{ ч}$ .

Длительность  $T$  реализации режима транспортирования суспензии как стационарного случайного процесса определялась уровнем сигналов на входе и выходе и требуемой точностью процесса во времени:

$$T \geq 50 / \omega_{н},$$

где  $\omega_{н}$  – нижняя граница спектра частот проявления цикличности режима транспортирования суспензии.

При  $\omega_{н} = 0,0005 \text{ мин}^{-1}$  имеем  $T \geq 1660 \text{ ч}$ . Максимальное значение времени, для которого рассчитывались корреляционные функции, принимаем в зависимости от  $T$ . Рекомендуется [1]  $\tau_{\max} = 0,1 T$ , тогда  $\tau_{\max} = 166 \text{ ч}$ .



Рис. 2. Фрагменты изменения виброскорости (1, 2) и аппроксимированный график виброскорости насоса (3, 4): 1, 3 – насос высокого давления; 2, 4 – загрузочное устройство

Виброскорость  $V$  измеряли во время исправной работы тракта загрузочной циркуляции установки непрерывной варки целлюлозы производительностью 320 т/сут. Периодичность отсчета  $V$  для насоса высокого давления и загрузочного устройства составляла 4 ч (рис. 2). Гистограмма экспериментального распределения для измеренных массивов  $V$  проверена на соответствие нормальному закону.

Линейность связи параметров входа  $x$  и выхода  $y$  проверяли по коэффициенту корреляции [1]:

$$r = M_{xy} / (D_x D_y),$$

где  $M_{xy}$  – среднее арифметическое произведение отклонений параметра на входе и выходе от их центров;

$D_x, D_y$  – среднее квадратическое отклонение параметров на входе и выходе.

Среднее арифметическое произведение отклонений измеряемого параметра

$$M_{xy} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - M_x)(y_i - M_y),$$

где  $n$  – число пар измеренных значений наблюдаемых параметров;

$x_i, y_i$  – текущее значение параметра на входе и выходе;

$M_x, M_y$  – средние выборочные значения параметра на входе и выходе.

Расчетные статистические характеристики виброскорости оборудования тракта загрузочной циркуляции [3] приведены в таблице.

Оборудование	Среднее арифметическое $M$	Среднее квадратическое отклонение $D$	Коэффициент корреляции $r$
Насос высокого давления	1,190	0,102	0,7254
Загрузочное устройство	1,120	0,100	

Из таблицы видно, что коэффициент корреляции параметров между входом и выходом  $r > 0,5$ . При  $0,5 \leq r < 1,0$  между исследуемыми параметрами имеется линейная корреляционная связь [2].

Изменение виброскорости контролируемого оборудования тракта загрузочной циркуляции во времени можно рассматривать как случайный процесс,

характеризующийся нормальным законом распределения. Исследуемые случайные процессы изменения виброскорости проверяли на стационарность. Случайные процессы можно рассматривать как стационарные, если вероятностные характеристики ( $M$ ,  $D$ ) остаются постоянными при замене времени начала отсчета  $t_0$  на  $(t_0 + \Delta t_i)$ , где  $\Delta t_i$  – произвольный сдвиг начала времени отсчета. В эксперименте при произвольном  $\Delta t_i$  в пределах длительности реализации  $T$  и при числе измеренных значений  $n = 41$  статистические характеристики ( $M$ ,  $D$ ) практически не изменяются. Например, для вибрации насоса высокого давления получены следующее:  $M = 1,17...1,21$ ;  $D = 0,097...0,104$ . Следовательно, случайные процессы изменения контролируемых параметров оборудования на входе и выходе тракта загрузочной циркуляции можно рассматривать как стационарные. Для случайного стационарного процесса закон распределения один и тот же в каждый момент времени, т. е. плотность вероятности не зависит от времени. Это свойство распределения случайного стационарного процесса использовали при определении периодичности засорения сит на основе исследования автокорреляционных функций.

Автокорреляционные функции на входе и выходе оборудования тракта загрузочной циркуляции определяли по следующим формулам:

$$R_{xx}(\tau) = \frac{1}{n-\tau} \sum_{j=1}^{n-\tau} x_j x_{j-\tau}; \quad R_{yy}(\tau) = \frac{1}{n-\tau} \sum_{i=1}^{n-\tau} y_i y_{i-\tau},$$

где  $n$  – число наблюдаемых значений параметра;

$\tau = k \Delta t$  – корреляционный сдвиг;

$k$  – цифровой коэффициент;

$\Delta t$  – интервал между измерениями переменной величины;

$x_j, y_i$  – фиксированные по  $\Delta t$  значения  $j$ - и  $i$ -го параметров.

Графики функций  $R_{xx}(\tau)$ ,  $R_{yy}(\tau)$ , рассчитанные для виброскорости, приведены на рис. 3.

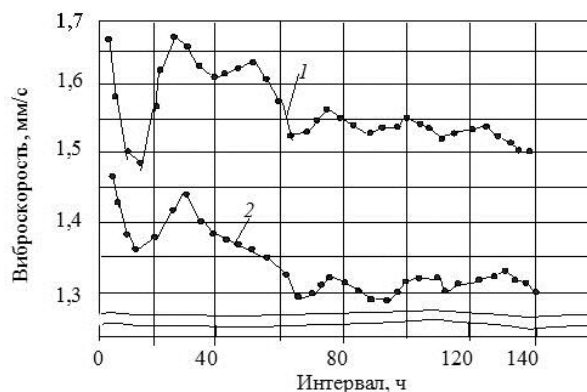


Рис. 3. Графики автокорреляционных функций виброскорости: 1 – насос высокого давления; 2 – загрузочное устройство

Автокорреляционные и корреляционные функции обладают свойством выделять из случайного исходного процесса постоянную и периодические составляющие. Поэтому, если исходный массив случайных сигналов контролируемой величины содержит постоянную или периодическую составляющие, то и корреляционные функции содержат те же составляющие с тем же периодом для периодической составляющей. Например, на графиках автокорреляционных функций виброскорости оборудования на входе и выходе тракта выделяются периоды  $(5...7)\Delta t$ . Отметим, что автокорреляционные и корреляционные функции только выделяют периодическую составляющую, но не содержат никакой информации о ее фазе.

Диагностирование периодичности очистки сит по изложенной методике можно применить для контроля технического состояния сит систем циркуляции варочных растворов котлов периодической и непрерывной варки целлюлозы.

Наличие одинаковых периодических составляющих на графиках корреляционных функций отражает стационарность изменения параметров виброскорости. В связи с проявлением стационарности случайного процесса спектральные плотности определяли только для автокорреляционных функций входа. Для этого автокорреляционные функции  $R_{xx}(\tau)$  нормировали:

$$\rho_{xx} = R_{xx}(\tau)/D(x); \quad \rho_{yy} = R_{yy}(\tau)/D(y).$$

Уравнения нормировки:

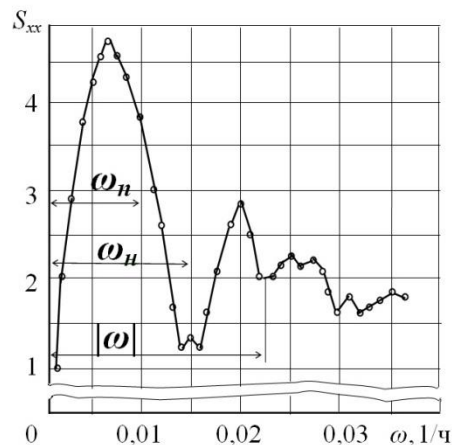
$$D(x) = \sum_{j=1}^n x_j^2 / n; \quad D(y) = \sum_{j=1}^n y_j^2 / n.$$

Спектральную плотность  $S_{xx}(\omega)$  стационарного случайного процесса (рис. 4) с учетом аппроксимации определяли по формуле

$$S_{xx}(\omega) = \sum_{j=1}^n \left(1 - \frac{j}{n}\right) \rho_{xx} \cos(\omega_j),$$

где  $\omega_j$  – частота в диапазоне от  $\omega_n$  до  $\omega_b$ .

Рис. 4. Спектральная плотность виброскорости, характеризующая засорение сит:  $|\omega|$ ,  $\omega_n$ ,  $\omega_p$  – допустимая, неудовлетворительная и предотказная частота промывки сит



Из рис. 4 следует, что засорение сит происходит с преобладающей частотой  $0,015 \text{ ч}^{-1}$  и периодичностью 2,8 сут.

Таким образом, по изменению виброскорости оборудования можно диагностировать засорение сит питателя высокого давления и обосновать периодичность промывки сит.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грачев В.В., Щербаков С.Г., Яковлев Е.И. Динамика трубопроводных систем. М.: Наука, 1987. 438 с.
2. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. М.: Наука, 1984. 831 с.
3. Сиваков В.П. Диагностирование сита питателя высокого давления варочного котла // Вибрация. Шум. Вибродиагностика: материалы межгос. науч.-техн. семинара «Виброакустические процессы в технологиях, оборудовании и сооружениях лесопромышленного комплекса». Екатеринбург: Уральск. лесотехн. акад., 2000. С. 139.

Поступила 13.04.13

UDC 676.004.86

#### **Diagnosing of a Sieve Choking of the High-Pressure Feeder of a Digester**

*V.P. Sivakov, Doctor of Engineering*

*V.I. Muzykantova, Senior Engineer*

*Yu.M. Grebenshchikov, Postgraduate Student*

Ural State Forest Engineering University, Sibirskiy trakt, 37, Yekaterinburg, 620100, Russia; e-mail: djguran@mail.ru

The purpose of the paper is to define the frequency of the technological sieves cleaning of a feeder in dependence on vibration speed of a high-pressure pump and loading device of digester in the controlled exploitation. In a high-pressure feeder the low-pressure waste-liquor bleeding is executed out of suspension "chip – waste liquor" up to hydromodulus  $4 \dots 7 \text{ dm}^3/\text{kg}$ , feeding of high-pressure waste-liquor with suspension dilution up to hydromodulus  $25 \dots 35 \text{ dm}^3/\text{kg}$  and unloading of suspension. The influence of a sieve choking upon a load of drives of the high-pressure pump and a loading device of digester as well as the vibration of the process equipment is studied. At sieve choking the waste-liquor bleeding is reducing. The unload of suspension into the hydraulic circulation occurs with a hydromodulus more than  $35 \text{ dm}^3/\text{kg}$ . Elevated level of liquid in the suspension reduces the friction losses at its transportation as well as drive loads and equipment vibration. Cloth cleaning forces a filling of the rotor trays by chip, reduces hydromodulus at unload of the suspension, that increases the friction losses at its transportation as well as drive loads and equipment vibration. Process of a sieve choking and screen self-cleaning of a feeder is random. Drive loads and vibration of the loading equipment circulation change also. It is shown that the cycling change of the load of drives or equipment vibration can set the frequency of technological cleaning of sieves. At the entrance of the section of loading circulation a vibration

velocity of a high-pressure pump was measured as well as a vibration velocity of the loading device at the output. Methods of mathematical statistics established the spectrum borders of frequency of a process of a sieve choking and self-cleaning cyclicity, correlation functions, linear correlation connection of a vibration velocity at the entrance and output of a section of the loading circulation. Changing of a vibration velocity corresponds to the conditions of stationarity. The same periodical components at the input and output of the section of loading circulation according to the autocorrelation functions of the equipment vibration velocity are installed. As a result of research of the spectral density of a stationary random process of vibration velocity changing of a section of loading circulation the dominant frequency of a sieve choking is established. The frequency of technological sieve cleaning is established.

*Keywords:* digester, high-pressure feeder, sieve, diagnosis, vibration, choking, cleaning.

#### REFERENCES

1. Grachev V.V., Shcherbakov S.G., Yakovlev E.I. *Dinamika trubo-provodnyh sistem* [Dynamics of Pipeline Systems]. Moscow, 1987. 438 p.
2. Korn G., Korn T. *Spravochnik po matematike dlja nauchnyh rabotnikov i inzhenerov* [Handbook on Mathematics for Scientists and Engineers]. Moscow, 1984. 831 p.
3. Sivakov V.P. Diagnostirovanie sita pitatelja vysokogo davlenija varochnogo kotla [Diagnosing of Sieve of High Pressure Feeder of Digester]. *Vibracija. Shum. Vibrodiagnostika* [Vibration. Noise. Vibrodiagnostics: Proc. Int. Sci. and Tech. Seminar «Vibro-Acoustic Processes in Technologies, Equipment and Constructions of Timber Industry Complex»]. Yekaterinburg, 2000, p. 139.

Received on April 13, 2013

---



УДК 630\*5

**ДИНАМИКА ОТПАДА ДЕРЕВЬЕВ  
В СМЕШАННЫХ СРЕДНЕТАЕЖНЫХ ОСИНОВЫХ НАСАЖДЕНИЯХ  
АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ**

© *А.А. Горбунов, асп.*

*С.В. Третьяков, д-р с.-х. наук, доц.*

Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова,  
наб. Северной Двины, 17, г. Архангельск, Россия, 163002; e-mail: gorbuinov@titans.su

Изучена динамика отпада деревьев в смешанных модальных среднетаежных осино-  
вых насаждениях Архангельской области по материалам постоянных пробных пло-  
щадей. Проведенные исследования подтвердили, что отпад деревьев наблюдается во  
всех ступенях толщины. Независимо от возраста отпад деревьев происходит преиму-  
щественно в тонкомерной части древостоев, отдельные деревья разных ступеней  
толщины погибают чаще всего вследствие поражения грибами или от стихийных яв-  
лений. Число деревьев на единице площади начинает уменьшаться с момента смыка-  
ния крон, когда усиливается конкуренция деревьев между собой за свет и простран-  
ство. С некоторого возраста (по нашим данным, с 30 лет) прекращается интенсивный  
отпад тонкомерных деревьев осины. Многолетние наблюдения на постоянных проб-  
ных площадях выявили на определенную закономерность в изменении числа деревь-  
ев. По таблицам хода роста насаждений число деревьев изменяется равномерно и вы-  
ражается гиперболической кривой. В природе этот процесс происходит неравномерно  
и обусловлен многими факторами: конкуренцией за питание и свет, стихийными яв-  
лениями, патологическими изменениями и болезнями. Естественный отпад деревьев  
разных пород происходит по-разному. С использованием данных постоянных проб-  
ных площадей, заложенных в смешанных древостоях с преобладанием осины, полу-  
чены математические модели изменения с возрастом количества деревьев осины, сос-  
ны, ели и березы. Количество деревьев уменьшается интенсивно до 30 лет. Аналогич-  
ные данные получены Н.П. Чупровым для березы. Интенсивный отпад начинается с  
10 лет и заметно снижается после 30 лет. С 50 лет отпад в смешанных осиновых  
насаждениях для осины составляет 5–7, березы – 3–4, сосны и ели – 1–2 дерева в год.  
В.И. Левин и В.И. Калинин при изучении динамики сосновых древостоев средней  
подзоны тайги установили, что можно заранее отмечать деревья, которые пойдут в  
отпад через 10...15 лет, и выбирать их, увеличивая продуктивность лесов. На исполь-  
зовании отпада основываются интенсивные модели ведения лесного хозяйства и ле-  
сопользования в скандинавских странах, где за счет своевременного проведения руб-  
бок ухода получают до 35 % товарной древесины с единицы площади в процессе ле-  
совыращивания.

*Ключевые слова:* естественный отпад, динамика, изреживание, модальные осиновые  
насаждения, моделирование.



Естественное отмирание деревьев в насаждении (естественный отпад) принято в лесоводстве называть естественным изреживанием древостоев. Большой интерес представляет характер изреживания.

В лесотаксационной литературе [2, 4] указывается на имеющиеся в естественном отпаде особенности: отмирают не только тонкомерные, отстающие в росте, но и сильно развитые, самые толстые и средних размеров деревья.

Наши исследования подтвердили, что отпад деревьев наблюдается во всех ступенях толщины. Независимо от возраста деревьев отпад идет преимущественно в тонкомерной части древостоев, отдельные деревья разных ступеней толщины погибают чаще всего вследствие поражения грибами или от стихийных явлений.

С момента смыкания крон, когда начинает усиливаться конкуренция деревьев между собой за свет и пространство, число деревьев на единице площади начинает уменьшаться. С этого момента наблюдается закономерное изменение размеров деревьев: увеличение высоты, диаметра, объема и др. [5]. С некоторого возраста, по нашим данным с 30 лет, прекращается интенсивный отпад тонкомерных деревьев осины. Многолетние наблюдения на постоянных пробных площадях указывают на определенную закономерность в изменении числа деревьев. По таблицам хода роста насаждений число деревьев изменяется равномерно и выражается гиперболической кривой. В природе этот процесс происходит неравномерно и обусловлен многими факторами: конкуренцией за питание и свет, стихийными явлениями, патологическими изменениями и болезнями. Естественный отпад деревьев разных пород происходит по-разному.

При определении величины отпада наиболее точные сведения дают стационарные наблюдения на постоянных пробных площадях. Такие работы на Европейском Севере России проводились раньше и проводятся в настоящее время [1, 3, 6–11 и др.].

На основании материалов постоянных пробных площадей получены математические модели изменения с возрастом количества деревьев  $Y$  в смешанных древостоях с преобладанием осины ( $m_y$  – ошибка уравнения, шт.):

для осины

$$Y_{Oc} = (0,0192 + 0,00329 A_{Oc})^{-1/0,2806}, m_y = \pm 12;$$

для березы

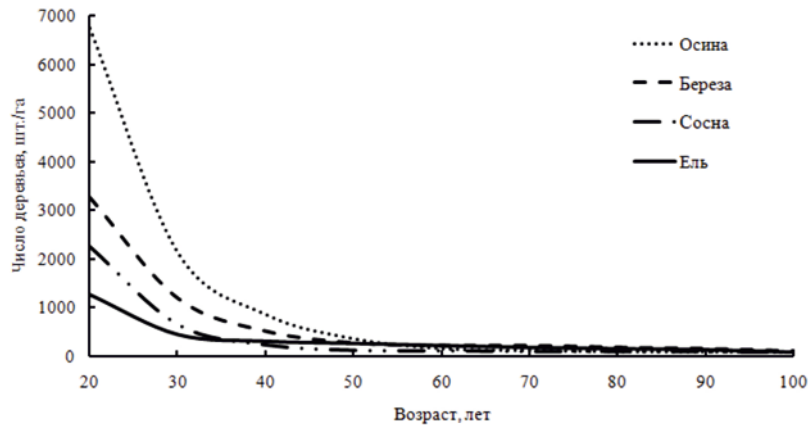
$$Y_B = 22,57 A_{Oc}^{34,137/A_{Oc}}; m_y = \pm 7;$$

для сосны

$$Y_C = \frac{580,028 + 33,144 A_{Oc}}{1 - 0,175 A_{Oc} + 0,0076 A_{Oc}^2}; m_y = \pm 8;$$

для ели

$$Y_E = \frac{113,048}{1 - 1,429 \exp(-0,02179 A_{Oc})}; m_y = \pm 7.$$



Динамика отпада в смешанных осиновых насаждениях с возрастом приведена на рисунке.

На графиках видно, что изменение количества деревьев в насаждениях с преобладанием осины интенсивно уменьшается в период до 30 лет. В дальнейшем этот показатель снижается менее интенсивно. В основном отпад идет за счет осины и березы. По данным Н.П. Чупрова [12], интенсивный отпад у березы начинается с 10 лет, изреживание молодняков происходит в связи с увеличением размеров деревьев и необходимостью все большего пространства для их развития. Интенсивность отпада деревьев начинает заметно снижаться в возрасте 30 лет, с 50 лет отпад в смешанных осиновых насаждениях для осины составляет 5–7, березы – 3–4, для сосны и ели – 1–2 дерева в год.

Повторные перечеты на постоянных пробных площадях в Емцовском учебно-опытном участковом лесничестве Архангельской области показывают, что отпад осины за 9 лет составил 5–6 деревьев в год. В.И. Левин и В.И. Калинин при изучении динамики сосновых древостоев средней подзоны тайги установили, что можно заранее отмечать деревья, которые пойдут в отпад через 10...15 лет, и выбирать их, увеличивая продуктивность лесов [3]. На использовании отпада основываются интенсивные модели ведения лесного хозяйства и лесопользования в скандинавских странах, где за счет своевременного проведения рубок ухода получают до 35 % товарной древесины с единицы площади в процессе лесовыращивания.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Войнов Г.С. Динамика осиновых и осиново-еловых насаждений в средней подзоне тайги // Экология таежных лесов. Архангельск: АИЛиЛХ, 1978. С. 75–84.
2. Давидов М.В. Ход роста сомкнутых березовых насаждений // Лесн. хоз-во. 1952. № 4. С. 48–51.

3. Левин В.И., Калинин В.И. Опыт стационарного изучения продуктивности и динамики спелых сосняков-зеленомошников Севера // Техн. инф. по результатам НИР. Архангельск: ЦНТИ, 1972. 49 с.

4. Левин В.И. Результаты исследования динамики сосновых насаждений Архангельской области. Архангельск: Арханг. кн. изд-во, 1959. 132 с.

5. Левин В.И. Сосняки Европейского Севера. М.: Лесн. пром-сть, 1966. 152 с.

6. Логвинов И.В., Кострюков А.И. Исследование прироста и естественного отпада насаждений Лисинского учебно-опытного лесхоза // Лесная таксация и лесоустройство: межвуз. сб. науч. тр. / СибТИ. Красноярск, 1978. С. 86–94.

7. Неволин О.А., Еремина О.О. Результаты 35-летних исследований динамики высокопродуктивных сосново-березовых насаждений Емцовского учебно-опытного лесхоза // Проблемы лесовыращивания на Европейском Севере: сб. науч. тр. / АГТУ. Архангельск, 1999. С. 66 – 70.

8. Неволин О.А., Третьяков С.В., Еремина О.О. Динамика сосново-березового насаждения при проточном увлажнении почвы в типе леса сосняк–кисличник // Лесн. журн. 2001. № 3. С. 35 – 41. (Изв. высш. учеб. заведений).

9. Огородов Н.В. Рост сомкнутых березовых насаждений на северо-востоке европейской части СССР // Лесн. хоз-во. 1951. № 10. С. 31 – 34.

10. Соколов Н.Н., Бахтин А.А. Полувековой опыт изучения динамики сосняков черничных Европейского Севера // Архангельск: Изд-во АГТУ, 2001. 68 с.

11. Третьяков С.В., Ярославцев С.В. Отпад сосны и ели в смешанных древостоях Емцовского учебно-опытного лесхоза АГТУ // Лесные стационарные исследования. Методы, результаты, перспективы: материалы совещ. Тула: Граф и К<sup>о</sup>, 2001. С. 459–462.

12. Чупров Н.П. Березняки Европейского Севера России. Архангельск: СевНИИЛХ, 2008. 386 с.

Поступила 01.06.12

UDC 630\*5

### **Trees Mortality Dynamics in Mid-Taiga Mixed Aspen Stands in the Arkhangelsk Region**

*A.A. Gorbunov, Postgraduate Student*

*S.V. Tretyakov, Doctor of Agriculture, Associate Professor*

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russia; e-mail: gorbunov@titans.su

Dynamics of trees mortality in mixed modal aspen mid-taiga forests of the Arkhangelsk region was studied on materials of scientific permanent plots. Studies have confirmed that the mortality is observed in all gradations of thickness. Regardless of age the mortality is predominantly in small-diameter parts of forest stands, individual trees of different thickness die most often in the result of damage by fungi or from natural disasters. The amount of trees per unit area begins to decrease since the crown linkage, when begins to increase trees competition among themselves for light and space. From a certain age, according to our data after 30 years - intensive mortality of thin aspen trees is terminated. Long-term observations on permanent plots indicate a certain regularity in the amount of trees. According to all reg-

ularities of stands growth the amount of trees varies evenly and is expressed by hyperbolic curve. In nature this process is uneven and depends on many factors: competition for power and light, natural phenomena, pathological changes and disease. Natural trees mortality of different species is various. Using data from permanent sample plots, laid in mixed stands dominated by aspen, mathematical models of change in the amount of trees with age in aspen, pine, spruce and birch species have been received. Reducing the amount of trees is going intensively to 30 years. Similar data was received by N. Chuprov for birch. Intensive mortality in birch stands starts from 10 years and begin to reduce considerably with age of 30 years. After 50 years mortality in mixed aspen forests is for aspen: 5-7 trees, birches: 3-4 trees per year, for pine and spruce: 1-2 trees per year. V.I. Levin and V.I. Kalinin studying dynamics of pine stands of middle taiga found that you can mark the trees that will be dying in 10 to 15 years and to choose them, increasing forest productivity actually using this part of stands. On the use of mortality are based intensive models of forest management and forest use in the Scandinavian countries, where at the expense of timely thinning get up to 35 % of merchantable timber per unit area in the process of forest regeneration.

*Keywords:* natural mortality, dynamics, thinning, modal aspen forests, modelling.

#### REFERENCES

1. Voynov G.S. Dinamika osinovykh i osinovo-elovykh nasazhdeniy v sredney podzone taygi [Dynamics of Aspen and Aspen Spruce Stands in the Middle Taiga Subzone]. *Ekologiya taezhnykh lesov* [Ecology of Taiga Forests]. Arkhangelsk, 1978, pp. 75-84.
2. Davidov M.V. Khod rosta somknutykh berezovykh nasazhdeniy [Growth of Dense Birch Stands]. *Lesnoe khozyaystvo*, 1952, no. 4, pp. 48-51.
3. Levin V.I., Kalinin V.I. *Opyt statsionarnogo izucheniya produktivnosti i dinamiki spelykh sosnyakov-zelenomoshnikov Severa* [Experience of Stationary Study of Productivity and Dynamics of the North Mature Pine Stands]. Arkhangelsk, 1972. 49 p.
4. Levin V.I. *Rezul'taty issledovaniya dinamiki sosnykh nasazhdeniy Arkhangel'skoy oblasti* [Results of the Research of Pine Stands Dynamics in the Arkhangelsk Region]. Arkhangelsk, 1959. 132 p.
5. Levin V.I. *Sosnyaki Evropeyskogo severa* [Pine Forests of the European North]. Moscow, 1966. 152 p.
6. Logvinov I.V., Kostryukov A.I. Issledovanie prirosta i estestvennogo otpada nasazhdeniy Lisinskogo uchebno-opytного leskhoza [Study of Stands Growth and Natural Mortality in Lisinsky Educational-Experimental Forestry]. *Lesnaya taksatsiya i lesoustroystvo: mezhvuz. sb. nauch. tr.* [Forest Valuation and Forest Management: Collected Papers]. Krasnoyarsk, 1978, pp. 86-94.
7. Nevolin O.A., Eremina O.O. Rezul'taty 35 – letnikh issledovaniy dinamiki vysokoproduktivnykh sosnovo-berezovykh nasazhdeniy Emtsovskogo uchebno-opytного leskhoza [Results of 35 - Year Studies of the Highly Productive Pine-Birch Stands Dynamics in Emtsovsky Educational-Experimental Forestry]. *Problemy lesovy rashchivaniya na Evropeyskom Severe: sb. nauch. tr.* [Problems of Forest Growing in the European North: Collected Papers]. Arkhangelsk, 1999, pp. 66-70.

8. Nevolin O.A., Tret'yakov S.V., Eremina O.O. Dinamika sosnovo-berezovogo nasazhdeniya pri protochnom uvlazhnenii pochvy v tipe lesa sosnyak – kislichnik [Dynamics of Pine-and-Birch Stand under Flowing Moistening of Soil in the Pinetum betuleto-oxalidosum Forest Type]. *Lesnoy zhurnal*, 2001, no. 3, pp. 35–41.

9. Ogorodov N.V. Rost somknutykh berezovykh nasazhdeniy na severo-vostoke Evropeyskoy chasti SSSR [Growth of Dense Birch Stands in the North-East of the European Part of the USSR]. *Lesnoe khozyaystvo*, 1951, no. 10, pp. 31–34.

10. Sokolov N.N., Bakhtin A.A. *Poluvekovoy opyt izucheniya dinamiki sosnyakov chernichnykh Evropeyskogo Severa* [Half a Century Experience of Studying the Dynamics of Bilberry Pine Forests of the European North]. Arkhangelsk, 2001. 68 p.

11. Tret'yakov S.V., Yaroslavtsev S.V. Otpad sosny i eli v smeshannykh drevostoyakh Emtsovskogo uchebno-opytного leskhoza AGTU [The Pine and Spruce Mortality in Mixed Stands of Emtsovsky Educational-Experimental Forestry ASTU]. *Lesnye statsionarnye issledovaniya: Metody, rezul'taty. Perspektivy: Materialy soveshchaniya* [Forestry Stationary Research: Methods, Results. Perspectives: Proc. Conf.]. Tula, 2001, pp. 459–462.

12. Chuprov N.P. *Bereznyaki Evropeyskogo Severa Rossii* [The Birch Forests of the European North of Russia]. Arkhangelsk, 2008. 386 p.

Received on June 01, 2012

УДК 630\*232

## **ВЛИЯНИЕ ВЫСОТЫ СЕЯНЦЕВ НА РОСТ СОСНЫ В ЛЕСНЫХ КУЛЬТУРАХ**

© *М.Д. Мерзленко<sup>1</sup>, д-р с-х наук, проф.*

*М.И. Захарова<sup>2</sup>, асп.*

<sup>1</sup>Институт лесоведения Российской Академии наук, ул. Советская, 21,  
п/о Успенское, Московская обл., Россия, 143030; e-mail: md.merzlenko@mail.ru

<sup>2</sup>Московский государственный университет леса, ул. 1-я Институтская, 1, г. Мытищи-  
5, Московская обл., Россия, 141005; e-mail: zaharova@mgul.ac.ru

Исследования по влиянию высоты сеянцев сосны обыкновенной на их рост в лесных культурах проводили на территории Переславского района Ярославской области. Цель работы – выявление оптимальной высоты двухлетних сеянцев сосны обыкновенной для создания лесных культур в условиях свежей простой субори. Исследовано более 150 участков лесных культур сосны. У растений сосны с разной высотой посадочного материала осенью измеряли терминальные побеги для расчета текущих приростов в высоту в разном возрасте лесных культур: 2 года (фаза приживания), 4 и 6 лет (фаза индивидуального роста), 8 лет (окончание фазы индивидуального роста и начало фазы смыкания). Всего в лесных культурах сосны замерено 2750 терминальных побегов разных лет у растений с высотой посадочного материала от 4 до 18 см. Как самые маленькие, так и самые большие по высоте сеянцы имеют в лесных культурах худшие значения текущих приростов в высоту. Высоту двухлетних сеянцев в пределах 8...13 см следует признать оптимальной для данного региона и типа условий местопрорастания. Выявленная оптимальная высота двухлетних сеянцев сосны является результатом положительного взаимодействия растений в рамках генотип–среда. У этих особей происходит сбалансированное сочетание быстроты роста и адаптивной способности на лесокультурной площади. Это очень важное свойство, так как при выращивании лесных культур быстрота роста растений позволяет сокращать фазу индивидуального роста, а в практике лесного хозяйства – переводить молодые посадки в покрытые лесом земли. Выявленная нами оптимальная высота двухлетних сеянцев сосны охватывает собой средние размеры посадочного материала, выращиваемого в регионе исследований. По закону нормального распределения на эти высоты приходится большее количество сеянцев, чем на крайние ступени высоты.

*Ключевые слова:* сеянцы, сосна обыкновенная, лесные культуры, терминальный побег, оптимальная высота посадочного материала.

Ряд исследователей в своих публикациях [1, 2, 4–7, 9 и др.] указывают на то, что качество посадочного материала в лесокультурной практике определяется размерами сеянцев, причем высоту сеянцев они относят к наилучшим показателям дальнейшей быстроты их роста в лесных культурах. Вместе с тем, в посевных отделениях лесных питомников сеянцы гетерогенны: они характеризуются варьированием высоты, которая в значительной степени определяется различиями в генотипе растений, а также влиянием густоты произрастания сеянцев в посевных строчках. Даже после сортировки, попав на лесокультурную площадь и находясь в фазах приживания и индивидуального роста [10], молодые растения еще больше дифференцируют в результате

не только особенностей генотипа, но и своеобразия адаптации к почвенно-грунтовым условиям среды.

Цель работы – выявление оптимальной высоты двухлетних сеянцев сосны обыкновенной для создания лесных культур в условиях свежей простой субори В<sub>2</sub>.

Исследования по влиянию высоты сеянцев сосны обыкновенной на их рост в лесных культурах проводили на территории Переславского района Ярославской области, входящего по С.Ф. Курнаеву [3] в зону смешанных лесов, на 150 участках производственных культур.

У растений сосны с разной высотой посадочного материала, установленной ретроспективно по замерам приростов, осенью измеряли терминальные побеги. Текущие приросты растений были рассчитаны в возрасте лесных культур 2 (фаза приживания), 4 и 6 (фаза индивидуального роста) и 8 лет (окончание фазы индивидуального роста и начало фазы смыкания). Всего в лесных культурах сосны замерено 2750 терминальных побегов разных лет. В лесных питомниках региона исследований средняя высота 2-летних сеянцев сосны находится в пределах 9,0...10,0 см. Замеры терминальных приростов в лесных культурах сделаны у растений с высотой посадочного материала от 4 до 18,0 см. Влияние высоты посадочного материала на текущий прирост сосны в высоту отражено на рисунке.

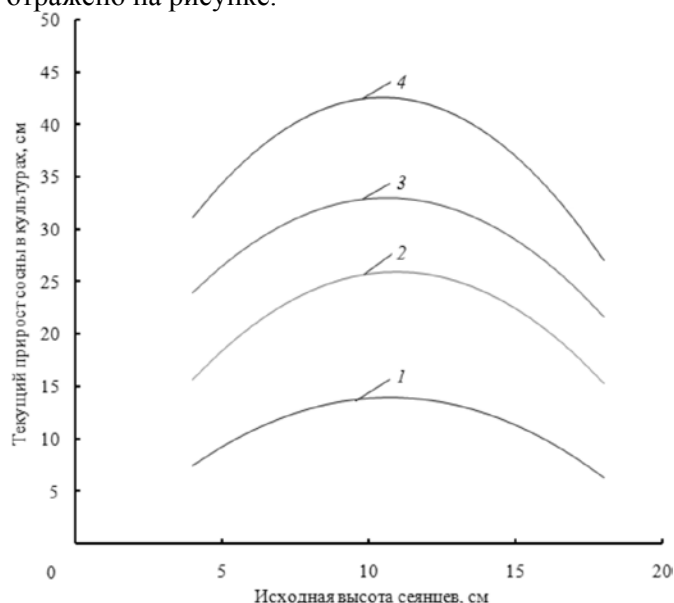


Рис. Зависимость текущего прироста сосны в высоту от высоты посадочного материала: 1 – возраст лесных культур 2 года ( $Y = -0,1436x^2 + 3,0780x - 2,5780$ ;  $R^2 = 0,6733$ ); 2 – 4 ( $Y = -0,2152x^2 + 4,7092x + 0,2093$ ;  $R^2 = 0,8704$ ); 3 – 6 ( $Y = -0,2090x^2 + 4,4328x + 9,5615$ ;  $R^2 = 0,7610$ ); 4 – 8 лет ( $Y = -0,2747x^2 + 5,7522x + 12,5400$ ;  $R^2 = 0,8351$ )

На рисунке четко прослеживается параболическая зависимость высоты терминальных побегов от высоты посадочного материала с явным максимумом, приходящимся на сеянцы с высотой в от 8,0 до 13,0 см. Как самые маленькие, так и самые большие по высоте сеянцы имеют в лесных культурах худшие значения текущих приростов в высоту. Причем отставание в приростах у сеянцев с крайними значениями их высоты при посадке по сравнению с сеянцами, имевшими исходную высоту от 8,0 до 13,0 см с возрастом явно прогрессирует. Так, если в 2-летних культурах этот разрыв составляет около 7,0 см, то в 8-летних – 12,5 см.

Высоту 2-летних сеянцев в пределах 8,0...13,0 см следует признать оптимальной для данного региона и типа условий местопроизрастания В<sub>2</sub>. Согласно ОСТ 56-98-93 [8], стандартные 2-летние сеянцы сосны должны иметь высоту стволика не менее 12,0 см, т.е. ставка делается на крупные растения. Однако такое требование нельзя признать правомерным, так как по нашим данным оптимальное значение высоты равно 10,5 см, что противоречит ОСТу.

Выявленная оптимальная высота 2-летних сеянцев сосны является результатом положительного взаимодействия растений в рамках генотип–среда. У этих особей происходит сбалансированное сочетание быстроты роста и адаптивной способности на лесокультурной площади. Это очень важное свойство, ибо при выращивании лесных культур быстрота роста растений сокращает фазу индивидуального роста, смыкание растений кронами происходит раньше и, как результат, формируется лесная среда. В практике лесного хозяйства это позволяет переводить молодые посадки в покрытые лесом земли.

Необходимо отметить, что выявленная нами оптимальная высота 2-летних сеянцев сосны охватывает средние размеры посадочного материала, выращиваемого в регионе исследований. Кроме того, по закону нормального распределения на эти высоты приходится большее количество сеянцев, чем на крайние (мелкие и крупные) ступени высоты. Таким образом, при высокой агротехнике выращивания посадочного материала в посевном отделении большая часть сеянцев будет пригодна для закладки лесных культур.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранник А.Б. Лесоводственная эффективность создания культур ели укрупненными сеянцами в таежной зоне // Лесн. хоз-во. 1978. № 4. С. 47.
2. Ган П.А. Влияние возраста и высоты посадочного материала на состояние культур ели тьяншанской // Лесоведение. 1982. № 4. С. 82 – 85.
3. Курнаев С.Ф. Лесорастительное районирование СССР. М.: Наука, 1974. 203 с.
4. Маркова И.А. Агротехника и технология создания высокопродуктивных культур ели и сосны промышленными методами на северо-западе РСФСР: автореф. ... д-ра с.-х. наук. Л., 1989. 32 с.
5. Мерзленко М.Д. Гуртяченко Ю.Г. Оптимальная высота трехлетних сеянцев ели // Лесохоз. информ. 1990. № 11. С. 30 – 31.



6. *Мойко М.Ф., Ковалев М.С.* Рост лесных культур в зависимости от размеров сеянцев // Лесн. хоз-во. 1977. № 1. С. 52–54.

7. *Мурманская Н.П.* Значение сортировки сеянцев сосны в условиях Архангельской области // Защитное лесоразведение и лесные культуры. Вып. 4. Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 1977. С. 106 – 111.

8. ОСТ 56-98–83. Сеянцы и саженцы основных древесных и кустарниковых пород. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1993. 40 с.

9. *Пигарев Ф.Т., Беляев В.В., Сунгуров Р.В.* Комплексная оценка посадочного материала и его применение на Европейском Севере: метод. указания. Архангельск: АИЛиЛХ, 1987. 14 с.

10. *Писаренко А.И., Редько Г.И., Мерзленко М.Д.* Искусственные леса. Ч 2. М.: ВНИИЦлесресурс, 1992. 240 с.

Поступила 01.04.13

UDC 630\*232

### **The Influence of Seedlings Height on the Growth of Pine in Artificial Stands**

*M.D. Merslenko<sup>1</sup>, Doctor of Agriculture, Professor*

*M.Y. Zakharova<sup>2</sup>, Postgraduate Student*

<sup>1</sup>Institute of Forest Science, Russian Academy of Sciences, Sovetskaya, 21, Uspenskoe, Moscow region, 143030, Russia; e-mail: md.merzlenko@mail.ru

<sup>2</sup>Moscow State Forest University, 1st Institutskaya, 1, Mytischki, 141005; Russia; e-mail:zaharova@mgul.ac.ru

The researches were carried out on the territory of Pereslavl district, Yaroslavl region, to find out how the seedlings height of Scotch pine (*Pinus Sylvestris*) influence on their growth in artificial stands. The research aimed to identify an ideal height of 2-year old seedlings of Scotch pine to establish artificial stands in the conditions of fresh ordinary subor. More than 150 parts of pine artificial stands were examined. In autumn the terminal shoots of *Pinus Sylvestris* with different height of planting stock were measured for the further calculation of the current height increment by different years of artificial stands growth. The current increments of the plants were calculated for the 2-year old artificial stands (establishment phase), 4 and 6-year old ones (individual growth phase) as well as 8-year old plants (late individual growth phase and early crown of closing phase). In total, 2750 terminal shoots were measured in artificial stands. The measurements of terminal shoots increments were made for the plants with different heights of planting stock ranging from 4 to 18 cm. The smallest seedlings as well as the biggest ones have their own worst rates of current height increments. The 8 to 13 cm height of 2-year old seedlings should be considered to be optimal for the given region and the habitat type. The optimal height of 2-year old pine seedlings is a result of the positive interaction of plants in the habitat genotype. A balanced combination of fast growth and adaptive capacity of artificial stands occur at these species. This is a very important property as in artificial stands growing the quickness of plants growing allows to reduce an individual growth phase and in forestry practice to transfer young plantations to the forested lands. We have revealed the optimal height of 2-year old seedlings that covers an average size of planting stock growing in the survey plot. Besides, according to the normal distribution law more seedlings fall within this size category than within the

marginal sizes of height. So, the most seedlings will be suitable for artificial stands establishment in seeding section in case high agricultural techniques are applied.

*Keywords:* seedlings, scotch pine, artificial stands, terminal shoot, the optimal height of planting stock.

#### REFERENCES

1. Barannik A.B. Lesovodstvennaya effektivnost' sozdaniya kul'tur eli ukрупnennymi seyantsami v taezhnoy zone [Silvicultural Efficiency of Spruce Crops Creating by Enlarged Seedlings in the Taiga Zone]. *Lesnoe khozyaystvo*, 1978, no. 4, p. 47.
2. Gan P.A. Vliyaniye vozrasta i vysoty posadochnogo materiala na sostoyaniye kul'tur eli tyan'shanskoy [Influence of Age and Height of Planting Stock on the State of Spruce Crops of Tien Shan]. *Lesovedeniye*, 1982, no. 4, pp. 82–85.
3. Kurnaev S.F. *Lesorastitel'noye rayonirovaniye SSSR* [Forest Vegetation Regionalization of USSR]. Moscow, 1974. 203 p.
4. Markova I.A. *Agrotekhnika i tekhnologiya sozdaniya vysokoproduktivnykh kul'tur eli i sosny promyshlennymi metodami na severo – zapade RSFSR*: Avtoref. diss. ... doct. s. – kh. nauk [Farming Techniques and Creating Technology of Highly Productive Spruce and Pine Crops by Industrial Methods in the North West of the Russian Federation: Autoref. Diss.... Doct. Agric.Sci]. Leningrad, 1989. 32 p.
5. Merzlenko M.D., Gurtyachenko Yu. G. Optimal'naya vysota trekhletnikh seyantsev eli [The Optimum Height of a Three-Year Spruce Seedlings]. *Lesokhozyaystvennaya informatsiya*, 1990, no. 11, pp. 30–31.
6. Moyko M. F., Kovalev M. S. Rost lesnykh kul'tur v zavisimosti ot razmerov seyantsev [Artificial Stands Growth Depending on the Size of Seedlings]. *Lesnoe khozyaystvo*, 1977, no. 1, pp. 52–54.
7. Murmanskaya N.P. Znachenie sortirovki seyantsev sosny v usloviyakh Arkhangel'skoy oblasti [Sort Value of Pine Seedlings in the Conditions of the Arkhangel'sk Region]. *Zashchitnoye lesorazvedeniye i lesnye kul'tury* [Protective Afforestation and Artificial Stands]. Voronezh, 1977, iss. 4, pp. 106–111.
8. *OST 56–98–93. Seyantsy i sazhenitsy osnovnykh drevesnykh i kustarnikovykh porod. Tekhnicheskie usloviya* [Industry Standard 56-98-93. Seedlings and Saplings Wood and Shrub Species. Specifications]. 1993, 40 p.
9. Pigarev F. T., Belyaev V.V., Sungurov R. V. *Kompleksnaya otsenka posadochnogo materiala i ego primeneniye na Evropeyskom Severe* [Comprehensive Assessment of Planting Stock and its Application in the European North]. Arkhangel'sk, 1987, 14 p.
10. Pisarenko A. I., Red'ko G. I., Merzlenko M. D. *Iskusstvennyye lesa* [Homogeneous Forests]. Moscow, 1992, 240 p.

Received on April 01, 2013



КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 049.3

**АКТУАЛЬНАЯ И ПОЛЕЗНАЯ КНИГА**

© *Е.Д. Гельфанд, засл. изобретатель РФ, д-р техн. наук, проф.,  
В.И. Мелехов, засл. деятель науки РФ, д-р техн. наук, проф.*

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,  
наб. Северной Двины, 17, г. Архангельск, Россия, 163002; e-mail:gelfand@narfu.ru

В издательском доме Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова вышла книга доктора технических наук, профессора, заслуженного изобретателя Российской Федерации Г.Ф. Прокофьева и кандидата технических наук, доцента Н.Ю. Микловцика «Основы прикладных научных исследований при создании новой техники». Профессор Г.Ф. Прокофьев имеет уникальный опыт научной работы. За свою трудовую деятельность он многократно прошел путь от формирования новой идеи технического решения до создания оригинального рабочего образца в металле. Новизну и оригинальность его технических решений подтверждают полученные им 86 патентов на изобретения, 8 монографий и более 300 печатных научных работ.

В книге показано, что для решения многих экономических, социальных, а в некоторых случаях и политических вопросов необходим переход отраслей промышленности на интенсивный путь развития. Это направление предполагает выпуск продукции высокого потребительского качества с наименьшими затратами на изготовление. Отмечается, что создание новых материалов, современных машин и на их базе новых высоких технологий – сложный и дорогостоящий процесс, требующий соответствующей государственной поддержки, создания или восстановления утраченных научных школ, аналитических центров, отраслевых конструкторских бюро, развития промышленного капитального строительства, подготовки высококвалифицированных специалистов. Приведена структура процесса создания новых материалов, машин и технологий.

Центральное место в системе создания новой техники в области деревообрабатывающего машиностроения и деревообработки занимают прикладные научные исследования. При их выполнении уточняется целесообразность создания образца новой техники, разрабатывается и изготавливается экспериментальный образец новой техники, проводятся теоретические и экспериментальные исследования для получения исходных материалов для конструкторской проработки образца новой техники. Показана сущность теоретических исследований и уделено большое внимание содержанию эксперимента: требований к экспериментальной установке, особенностям ее конструирования,

проверке патентной чистоты, патентной защите новых технических решений, правилам контроля конструкторской документации; методике исследований, планированию экспериментов, статистической обработке и анализу результатов исследований; получению регрессионной модели изучаемого объекта при многофакторных экспериментах; качественному оформлению результатов исследований в виде научного отчета или диссертации.

В связи с необходимостью индустриализации страны рассматриваемая работа актуальна и является хорошим инструментом для подготовки инженерных и научных специалистов.

Структура монографии оригинальна, материал изложен технически грамотно и методически хорошо проработан.

Книга полезна для аспирантов, преподавателей вузов, творческих инженерно-технических работников.

#### **Practical Book of Current Interest**

*E.D. Gelfand, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Honored Inventor of RF*

*V.I. Melekhov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Honored Scientist of RF*

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russia; e-mail: e.gelfand@narfu.ru

УДК 061.3:630 (470.12)

## ИТОГИ КОНФЕРЕНЦИИ «ЛЕСА ЕВРАЗИИ» В ВОЛОГДЕ

© *Н.А. Бабич<sup>1</sup>, д-р с.-х. наук, проф.*

*П.Г. Мельник<sup>2</sup>, канд. с.-х. наук, доц.*

*И.В. Евдокимов<sup>3</sup>, канд. с.-х. наук, доц.*

<sup>1</sup>Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, 17, наб. Северной Двины, г. Архангельск, Россия, 163002; e-mail: les@agtu.ru

<sup>2</sup>Московский государственный университет леса, 1, ул. 1-я Институтская, Мытищи-5, Московская область, Россия, 141005; e-mail: landgraph@list.ru

<sup>3</sup>Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина, 8, ул. Мира, с. Молочное, Вологодская область, Россия, 160555; e-mail: igorevdi@rambler.ru

С 29 сентября по 5 октября 2014 г. в Вологде на базе Вологодской государственной молочнохозяйственной академии имени Н.В. Верещагина проходила XIV Международная конференция молодых ученых «Леса Евразии». На этот раз она носила название «Вологодские зори» и была приурочена к 145-летию со дня рождения выдающегося лесоведа, профессора Е.В. Алексева.

Стартовав на Подмосковной земле в 2001 г., конференция «Леса Евразии» ежегодно проходила в разных регионах России, странах ближнего и дальнего зарубежья. За 14 лет в форуме приняли участие специалисты, представляющие 91 организацию из России, Беларуси, Украины, Казахстана, Польши, Италии, Германии и Венгрии, Финляндии и Литвы. Российские участники представляли самые разные уголки нашей страны (Республики Карелия, Коми и Удмуртия, Алтайский, Камчатский и Краснодарский края, Архангельская, Брянская, Владимирская, Вологодская, Московская, Новосибирская, Оренбургская, Томская, Ярославская области, города Москва и С.-Петербург).

Главная цель конференции – ознакомление молодых специалистов с достижениями в различных областях лесной отрасли и ведением комплексного лесного хозяйства экологически щадящими методами с применением последних разработок в области молекулярной биологии, генетики и биохимии, с инновационными методами сохранения биологического разнообразия лесных экосистем, технологиями переработки древесины и ее отходов, их применением в научно-исследовательской работе и учебном процессе, а также сохранение и развитие отечественных научно-педагогических школ. Создание условий для взаимодействия специалистов в области лесного хозяйства, лесоводства, заповедного дела, активистов общественных экологических организаций, средств массовой информации и ученых-специалистов для охраны лесных экосистем и окружающей среды, установление контактов с зарубежными партнерами для выполнения совместных проектов – все это важные задачи форума.

Организаторами конференции выступили Министерство образования и науки Российской Федерации, Российская академия наук (РАН), Российский

фонд фундаментальных исследований, Департамент лесного комплекса Вологодской области, Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина (ВГМХА), Московский государственный университет леса (МГУЛ), Вологодский институт права и экономики, Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Институт лесоведения РАН, Научно-техническое некоммерческое партнерство «Технологическая платформа БиоТех 2030» и ООО «Инновации и высокие технологии МГУ».

Программа XIV конференции в Вологде была более чем насыщенной. 29 сентября состоялась обзорная экскурсия по достопримечательностям г. Вологды. Гости посетили Софийский собор – памятник времен Ивана IV (Грозного), Вологодский кремль, деревья, посаженные космонавтами, и знаменитый «Резной палисад».

Открытие конференции проходило 30 сентября в большом зале Дома правительства Вологодской области. Открыл конференцию председатель организационного комитета, ректор ВГМХА Н.Г. Малков. С приветственными словами к участникам и гостям конференции обратились: первый заместитель губернатора Вологодской области А.Н. Луценко, заместитель начальника Департамента лесного комплекса Вологодской области Р.Б. Марков, проректор по международным связям МГУЛ В.В. Никитин, заместитель проректора по научной работе МГУЛ В.И. Панферов, профессор Института дендрологии Польской академии наук А. Левандовский, главный инженер Института леса Национальной академии наук Беларуси Е.В. Чурило, декан агрономического факультета Алтайского государственного аграрного университета С.И. Завалишин, координатор проекта и бессменный ее участник конференции, доцент МГУЛ П.Г. Мельник.

После приветствий состоялось вручение традиционной премии «Деревянный солдатик», учрежденной в 2003 г. и вручаемой за особый вклад в развитие лесного дела, науки, бережное и рациональное лесопользование, поддержку молодых ученых, неоценимую помощь в подготовке и проведении ежегодных конференций «Леса Евразии». Премии удостоились: ректор ВГМХА Н.Г. Малков, заместитель начальника Департамента лесного комплекса Вологодской области Р.Б. Марков, председатель Вологодской областной общественной организации «Лесовод» Н.Н. Неволин, профессора Н.А. Бабич (Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова – САФУ) и С.А. Корчагов (ВГМХА).

На пленарном заседании были заслушаны доклады профессоров Н.А. Бабича (САФУ, Архангельск) и М.Д. Мерзленко (Институт лесоведения РАН, Москва) «Вклад профессора Е.В. Алексева в лесную науку и образование»; ректора ВГМХА Н.Г. Малкова «Подготовка кадров высшей квалификации в Вологодской ГМХА для лесного комплекса Вологодской области»; заместителя начальника Департамента лесного комплекса Вологодской области Р.Б. Маркова «Проблемы лесопромышленного комплекса Вологодской области и пути их решения»; профессора Миланского института сельскохозяйственной биологии и биотехнологии С. Мапелли (Италия) «Involvement of phenolic compounds in walnut trees responses to soil flooding» и ведущего специалиста

Института биохимии имени А.Н. Баха РАН В.И. Шарова (Москва) «Биотехнология как основа России будущего: программа развития биотехнологии «БИО 2020» и прогноз научно-технического развития России до 2030».

Работа конференции проходила по секциям: лесоводство; лесные культуры, селекция и генетика; экология и мониторинг леса; лесная биотехнология; противодействие нарушениям лесного законодательства. Было заслушано свыше 50 докладов, кроме того, 44 сообщения были стендовыми.

В рамках научно-практических занятий участники конференции познакомились с особенностями системного ведения лесного хозяйства и инновациями в лесном комплексе Вологодской области.

Первый выездной семинар «Опыт искусственного лесовосстановления на основе единого генетико-селекционного подхода» прошел 1 октября. Участники конференции осмотрели плюсовое насаждение, архив клонов ели европейской, познакомились с опытом выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой по скандинавской технологии, побывали в дендрологическом саду ВГМХА и заложили памятную аллею из черемухи Маака и клена приречного. После обеда, прошедшего в полевых условиях, они посетили архитектурно-этнографический музей-заповедник «Семенково», где им рассказали о крестьянском быте и укладе жизни вологодской деревни XIX в.

Второй выездной день познакомил гостей с опытом лесопользования на осушаемых землях в Сокольском районе, они оценили различные виды рубок и влияние агрегатной техники на лесные экосистемы.

На следующий день прошла экскурсия на два предприятия: ООО «Вологодская ягода» и Сокольский деревообрабатывающий комбинат (ДОК). Гости посетили крупнейшее на северо-западе России предприятие по переработке свежих и замороженных ягод, грибов, фруктов и овощей. Одно из направлений работы компании – получение концентрированных соков и пюре-полуфабрикатов. Его продукция поставляется не только на российский рынок, но и в страны ближнего зарубежья, Европу, Азию и Америку. Была организована дегустация фруктовых пюре, изготовленных из смородины, клюквы, яблок, вишни, брусники и др., и предложен вкусный обед в северных традициях.

После обеда гостей познакомили с современными биотехнологиями деревообработки и ассортиментом выпускаемой продукции на Сокольском ДОК.

В заключительный день конференции участники совершили поездку в Кирилловский район, где посетили Национальный парк «Русский Север» и познакомились с его достижениями по сохранению и увеличению численности редких растений и животных, а также совершили экскурсию по экологической тропе. После чего познакомились с культурно-историческим наследием Кирилло-Белозерского музея-заповедника, где в рамках Всероссийской программы «Деревья – памятники живой природы» состоялось открытие памятника природы – дуба черешчатого, возраст которого составляет 220 лет. Экскурсанты также вошли на гору Маура, посетили действующий Горещкий женский монастырь.

Согласно резолюции, принятой по итогам конференции, в интересах обеспечения неистощительного многоцелевого использования лесных ресур-

сов, сохранения биологического разнообразия, усиления средообразующих и социально значимых функций леса необходима консолидация усилий ученых и практиков разных стран. Отмечено, что в условиях реформирования органов управления лесным хозяйством в России необходимо восстановление эффективной управляемости лесным хозяйством, обеспечение планового и эффективного выполнения НИОКР для практических потребностей лесной отрасли. В связи с этим важным является сохранение и продолжение работ на постоянных опытных объектах, учебных полигонах и опорных пунктах, на которых ведутся длительные исследования, сохранение и развитие имеющихся передовых технологий выращивания посадочного материала, обеспечение своевременного и качественного восстановления лесов, создание эффективной системы обнаружения лесных пожаров и современных мобильных служб тушения лесных пожаров, расширение и повышение эффективности противопожарной пропаганды и экологического просвещения населения в целях снижения количества лесных пожаров.

Конференция считает важным развитие лесных биотехнологий в Вологодской области, где имеется промышленный и сырьевой потенциал, необходимо создание лесных генетических банков, биологических средств защиты растений, а также современных технологий.

Участники конференции, рассмотрев и обсудив наиболее актуальные вопросы противодействия нарушениям лесного законодательства, отметили необходимость совершенствования комплекса уголовно-правовых и иных мер, направленных на охрану российских лесов от преступных посягательств. Проблема защиты лесов обостряется. Криминальные вырубки фиксируются практически во всех регионах, где сосредоточены запасы лесных ресурсов. Одной из причин обозначенной проблемы являются недостатки законодательной регламентации вопросов противодействия незаконным рубкам лесных насаждений.

Очередную XV Международную конференцию молодых ученых «Леса Евразии – Большой Алтай» намечено провести 14–20 сентября 2015 г. в Барнауле на базе Алтайского государственного аграрного университета. Подробности о проекте размещены на сайте <http://www.lesaeurasii.ru>.

UDC 061.3:630 (470.12)

#### **Results of the conference «Eurasia Forests» in Vologda**

*N.A. Babich<sup>1</sup>, Doctor of Agriculture, Professor*

*P.G. Melnik<sup>2</sup>, Candidate of Agriculture, Associate Professor*

*I.V. Evdokimov<sup>3</sup>, Candidate of Agriculture, Associate Professor*

<sup>1</sup>Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russia; e-mail: les@agtu.ru

<sup>2</sup>Moscow State Forest University, 1-ya Institutskaya str., 1, Mytishchi-5, 141005, Moscow Region, Russia; e-mail: landgraph@list.ru

<sup>3</sup>Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereshchagin, Mira str., 8, Molochnoe vil., Vologda Red., 160555, Russia; e-mail: igorevd1@rambler.ru