

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

2/344

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)
Энгельмани 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

2/344

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>К.С. Бобкова, М.А. Кузнецов, А.Ф. Осипов.</i> Запасы крупных древесных остатков в ельниках средней тайги Европейского Северо-Востока.....	9
<i>С. Мавелли, А. Бертани.</i> Участие фенольных соединений в реакции грецкого ореха на затопление почвы.....	21
<i>С.А. Корчагов, И.Н. Лупанова.</i> Развитие лесной сертификации в Вологодской области и ее роль в обеспечении легальности заготовки древесины.....	30
<i>В.М. Гриб.</i> Особенности строения корневых систем сосны обыкновенной и их влияние на качество лесовосстановления.....	37
<i>М.В. Сурсо.</i> Микрофенология женского репродуктивного цикла и структура урожаяв семян сосны обыкновенной в северной тайге.....	50
<i>А. Г. Волков.</i> Лесная подстилка в парцеллах ельников северной подзоны тайги...	63
<i>Н.Р. Сунгурова, Р.В. Сунгуров.</i> Анализ состояния и роста культур сосны и ели в северо-таежном районе.....	70
<i>Е.В. Горяева, А.П. Мохирев.</i> Инвентаризация зеленых насаждений с использованием ГИС-технологий на примере города Лесосибирска.....	80
<i>С.В. Коптев.</i> Товарная структура лесного массива северотаежных ельников и оценка классов товарности.....	90

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>С.В. Самсонов, В.А. Барабанов, С.С. Гаврюшин.</i> Технология применения твердых плавучих контейнеров для транспортировки лесоматериалов.....	99
---	----

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

<i>О.Д. Мюллер, В.И. Мелехов, В.К. Любов, Т.В. Тюрикова.</i> Математическая модель процесса формирования древесных гранул.....	104
<i>И.В. Архипов, В.А. Кузнецов.</i> Расчет объема опилок при раскросе бревна.....	123

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

<i>Ю.А. Тихонов, В.С. Куров, Д.Р. Оруджов.</i> Сдвиговые течения бумажной массы переменной концентрации.....	133
<i>Ю.Г. Хабаров, Д.Е. Лахманов.</i> Изучение взаимодействия конденсированных лигнинов с азотной кислотой в водно-органо-сольвентной среде.....	142

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

<i>Д.А. Михайлов, В.И. Мосягин.</i> Распределение финансовых рисков в хозяйственных договорах предприятий лесопромышленного комплекса.....	152
--	-----

- В.Н. Мякишин, А.В. Пластинин.* Инвестиционная привлекательность Северо-Арктического региона: оценка, инструменты, механизмы управления..... 159

ИСТОРИЯ НАУКИ

- Е.М. Лупанова.* Вопрос о собственности на леса в целях их сохранения в России XVIII в..... 170

КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

- Н.М. Дебков.* Межрегиональное научно-производственное совещание «Проблемы и перспективы комплексного лесопользования и лесовосстановления в кедровых лесах Сибири»..... 179

ЮБИЛЕИ

- В.И. Мелехов, Е.Д. Гельфанд, Н.Ю. Микловчик.* Юбилей профессора Г.Ф. Прокофьева..... 182
-



CONTENTS

FORESTRY

<i>K.S. Bobkova, M.A. Kuznetsov, A.F. Osipov.</i> Stock of Coarse Woody Debris in Spruce Forests of the Middle Taiga in the European North-East.....	9
<i>S. Mapelli, A. Bertani.</i> Involvement of phenolic compounds in walnut trees responses to soil flooding.....	21
<i>S.A. Korchagov, I.N. Lupanova.</i> Development of Forest Certification in the Vologda Region and its Role in Ensuring the Wood Felling Legality.....	30
<i>V.M. Gryb.</i> Features of the Root Systems Structure of Scots Pine and Their Impact on the Reforestation Quality.....	37
<i>M.V. Surso.</i> Microphenology of the Female Reproductive Cycle and Structure of Seed Crops of Scotch Pine in the Northern Taiga.....	50
<i>A.G. Volkov.</i> The Forest Litter in Spruce Formation in the Northern Subzone of Taiga...	63
<i>N.R. Sungurova, R.V. Sungurov.</i> The Analysis of the Condition and Growth of Pine and Spruce Crops in the North-Taiga District.....	70
<i>E.V. Goryaeva, A.P. Mokhirev.</i> Inventory of Green Planting Using Geographic Information Systems Technology by the Example of Lesosibirsk.....	80
<i>S.V. Koptev.</i> Commodity Structure of Spruce Forests Massifs of the Northern Taiga and Merchantability Classes Evaluation.....	90

WOODEXPLOITATION

<i>C.V. Samsonov, V.A. Barabanov, S.S. Gavrushin.</i> Application Technology of Rigid Floating Container for Timber Transportation.....	99
---	----

MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOODSCIENCE

<i>O.D. Myuller, V.I. Melekhov, V.K. Lyubov, T.V. Tyurikova.</i> Mathematical Model of Wood Granules Formation.....	104
<i>I. V. Arhipov, V.A. Kuznetsov.</i> Calculation of Total Sawdust Volume After a Log Sawing	123

CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD

<i>Yu. A. Tikhonov, V. S. Kurov, D.R. Orudzhov.</i> Shear Flows of Paper-Pulp of Varying Concentrations.....	133
<i>Yu.G. Khabarov, D.E. Lakhmanov.</i> Studying of the Interaction of Condensed Lignin with Nitric Acid in the Water-Organosolv Environment.....	142

ECONOMICS AND MANAGEMENT

<i>D.A. Mikhailov, V.I. Mosyagin.</i> Financial Risk-Sharing in Business Agreements of Forestry Enterprises.....	152
<i>V.N. Myakshin, A.V. Plastinin.</i> Investment Attractiveness of the North Arctic Region: Estimation, Tools, Management Mechanisms.....	159

HISTORY OF SCIENCE

- E.M. Lupanova.* The Questions of Property in Forests in Order of Their Conservation
in Russia of the 18th Century..... 170

CONFERENCES AND MEETINGS

- N.M. Debkov.* Interregional Scientific and Production Conference «Problems and
Prospects of Integrated Forest Management and Reforestation in the Cedar
Forests of Siberia»..... 179

JUBILEES

- V.I. Melekhov, E.D. Gel'fand, N.Yu. Miklovtsik.* Jubilly of Professor G.F. Prokof'ev... 182
-



УДК 630*181.9:630*187:582.475

ЗАПАСЫ КРУПНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ОСТАТКОВ В ЕЛЬНИКАХ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРО-ВОСТОКА

© *К.С. Бобкова, д-р. биол. наук, проф.*

М.А. Кузнецов, канд. биол. наук

А.Ф. Осипов, канд. биол. наук

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, ул. Коммунистическая, 28, ГСП-2, г. Сыктывкар, Россия, 167982; e-mail: osipov@ib.komisc.ru

Крупные древесные остатки являются важным компонентом лесных насаждений, функциональная роль которых практически не изучена. Цель данной работы состояла в определении запасов органического вещества крупных древесных остатков, представленных сухостоем, валежом и пнями в старовозрастных ельниках средней тайги. Приведены результаты определения базисной плотности здоровой и гниющей древесины ели, сосны и березы, находящейся на разных стадиях разложения. Базисная плотность показывает, какое количество абсолютно сухого вещества содержится в единице объема. Используя результаты анализа морфологических характеристик деревьев сухостоя, валежа, пней (высота, диаметр, стадия разложения), полученных на постоянных пробных площадях, определены запасы гниющей древесины в экосистемах коренных ельников и спелого производного лиственного насаждения. На основе базисной плотности и запасов древесины определена масса органического вещества в крупных древесных остатках, запасы которого в ельниках составляют 19,5...34,9 т/га, в лиственном насаждении – 19,0 т/га. Показано, что пул органического вещества в крупных древесных остатках зависит от стадии развития фитоценоза. Наличие в древостоях старовозрастных деревьев и постепенный их отпад способствуют переходу органического вещества из живой фитомассы в древесный дебрис. Охарактеризован вклад различных компонентов в формирование запасов крупных древесных остатков и соотношение стадий их разложения, роль которых в формировании общих запасов в насаждениях различается. Наличие древесного дебриса преимущественно первых двух стадий деструкции объясняется активным зарастанием мхами древесины валежа более поздних стадий разложения. В результате их наличие трудно выявить при перечете и практически невозможно определить точные размеры.

Ключевые слова: базисная плотность древесины, крупные древесные остатки, ельник, тайга.

Крупные древесные остатки (КДО), или древесный дебрис, являются важным компонентом лесных насаждений. Долгое время этот элемент экосистемы не изучался и не учитывался при лесоустройстве [5]. Лишь в последнее время начались исследования роли КДО в функционировании экосистем:

поддержание биоразнообразия беспозвоночных животных, источник поступления в почву питательных веществ, субстрат для возобновления растений [18, 21]. Кроме того, запасы фитодетрита – важный компонент динамики органического вещества в лесных экосистемах. Недооценка запасов древесного дебриса ведет к неопределенностям при оценке баланса углерода лесных экосистем [9, 16]. Особенно значима роль КДО в углеродном цикле бореальных лесов, где климатические условия создают неблагоприятные условия для деструкции растительных остатков и, следовательно, способствуют слабому вовлечению их в круговорот веществ [13]. Опубликованные в последнее десятилетие оценки запасов КДО в лесах России в пересчете на углерод варьируют в широких пределах: $(4,9...9,5) \cdot 10^9$ т [5, 9, 20]. В связи с этим особую актуальность приобретает определение запасов КДО на пробных площадях в целях выявления региональных закономерностей его накопления в зависимости от состава, типа леса, возраста древостоя и т. д. [12].

При оценке запасов КДО учитывают высоту, диаметр, стадию гниения отмерших деревьев. Для определения их массы необходимы данные базисной плотности (БП) древесины, находящейся в разной степени деструкции [11]. Оценка стадий разложения древесины приведена в работе В.Г. Стороженко [10]. БП здоровой древесины различных пород охарактеризована в [2, 8]. Однако сведения о БП мертвой древесины в литературе встречаются редко [7, 14]. Определение их будет способствовать более точной оценке запасов КДО в лесных экосистемах, что приведет к снижению неопределенностей при характеристике массы древесного дебриса на крупных территориях.

Цель данной работы – определить запасы органического вещества КДО в ельниках средней тайги с учетом степени их деструкции.

Методы исследований

Запасы КДО были определены на территории Ляльского лесного стационара Института биологии Коми НЦ УрО РАН. В четырех типах коренных ельников и производном лиственном насаждении были заложены постоянные пробные площади (ППП), на которых проведен сплошной пересчет деревьев и определены запасы КДО (табл. 1).

Ельники относительно- и условно-разновозрастные, сложные по составу, высокополнотные, IV-V классов бонитета. Производное лиственное насаждение сформировалось на месте ельника черничного после верхового пожара. Следовательно, древостой данного ценоза характеризует динамику КДО в процессе восстановительной сукцессии среднетаежного ельника. Для определения базисной плотности было отобрано 123 образца древесины валежа и сухостоя основных лесообразующих пород европейского северо-востока: 58 – ель, 35 – сосна, 30 – береза. Оценку БП свежесрубленной здоровой древесины осуществляли на основе анализа 88 образцов ядровой и заболонной частей: 35 – ель, 36 – сосна, 17 – береза. Базисную плотность древесины рассчитывали по методическим рекомендациям, приведенным в ГОСТ 16483.1–84 [3], и М.Е. Тарасову [11].

Таблица 1

Краткая таксационная характеристика древостоев

Тип леса (№ ППП)	Состав древостоя	Порода	Возраст, лет	Количество деревьев, экз./га		Запас древесины, м ³ /га		Полнота относительная	Средние	
				живых	сухих	живой	сухой		диаметр, см	высота, м
Ельник черничный влажный (1)	7Е2Б1С+Ос, ед. Пх	Ель	80...180	731	13	216,90	1,40	0,65	19	17,0
		Береза	110	188	6	57,20	0,04	0,15	18	22,5
		Сосна	110	25	6	21,20	3,30	0,06	31	17,0
		Пихта	110	13	0	0,60	0	0,01	11	9,0
		Осина	100	13	0	7,20	0	0,02	27	24,0
		<i>Итого</i>		970	25	303,10	4,70	0,89		
Е. разноотравно-черничный (2)	7Е3Б+Пх, С, ед. Ос	Ель	80...160	575	167	216,00	22,00	0,66	22	18,3
		Береза	60...110	258	8	68,50	0,13	0,27	20	17,9
		Сосна	110	17	8	11,60	0,22	0,03	29	22,0
		Пихта	110	33	17	9,70	0,21	0,03	16	18,5
		Осина	110	8	0	5,10	0	0,01	26	24,0
		<i>Итого</i>		891	200	310,90	22,56	1,00		
Е. разноотравно-черничный (6)	8Е1С1Б	Ель	100...215	600	124	179,00	28,80	0,67	20	16,0
		Береза	110	44	3	18,00	1,60	0,07	22	20,0
		Сосна	100...200	19	10	23,00	8,10	0,05	38	21,0
		<i>Итого</i>		663	137	220,00	38,50	0,79		
Е. чернично-сфагновый (8)	9Е1Б+С, ед. Пх	Ель	106...200	595	44	177,00	3,40	0,73	20	16,0
		Береза	110	15	0	8,00	0	0,03	32	20,0
		Сосна	110	5	0	8,00	0	0,03	40	22,0
		Пихта	50	10	0	1,00	0	0,01	10	10,0
		<i>Итого</i>		625	44	194,00	3,40	0,80		
Березово-осиновый разноотравный (9)	6Ос-3Б1Е ед. Пх	Осина	–	889	256	150,00	22,00	0,45	14	19,0
		Береза	–	700	0	57,00	0	0,30	10	13,0
		Ель	–	322	33	29,00	5,00	0,18	10	10,0
		Пихта	–	33	0	3,00	0	0,01	11	12,0
		<i>Итого</i>		1944	289	239,00	27,00	0,94		

Образцы были изготовлены в форме прямоугольного параллелепипеда размером 4×4×8 см. Измерена их масса в воздушно-сухом и абсолютно сухом состояниях на весах Adventurer (США) с точностью 0,001. Перед измерением объема образцы древесины вымачивали при комнатной температуре до прекращения изменения размеров. Объем образцов определяли по объему вытесненной жидкости в стеклянном цилиндре с точностью до 1 мл. Расчет БП осуществляли по формуле

$$\text{БП} = \frac{m_0}{V_{\max}},$$

где БП – базисная плотность, г/см³;

m_0 – масса образца в абсолютно сухом состоянии, г;

$V_{\max}$ – объем образца, максимально насыщенного водой (размеры не меняются), см³.

Статистический анализ полученных данных проведен согласно методическим рекомендациям, предложенным И.И. Гусевым [4].

Результаты и обсуждение

Для характеристики гниющей древесины применяли БП, так как это однозначная величина, которая не зависит от влажности образца. Она показывает, какое количество абсолютно сухого вещества содержится в единице объема [8].

Анализ БП здоровой древесины ели и березы показал, что статистически достоверных различий между БП ядровой и заболонной частями нет (табл. 2).

Таблица 2

Базисная плотность древесины

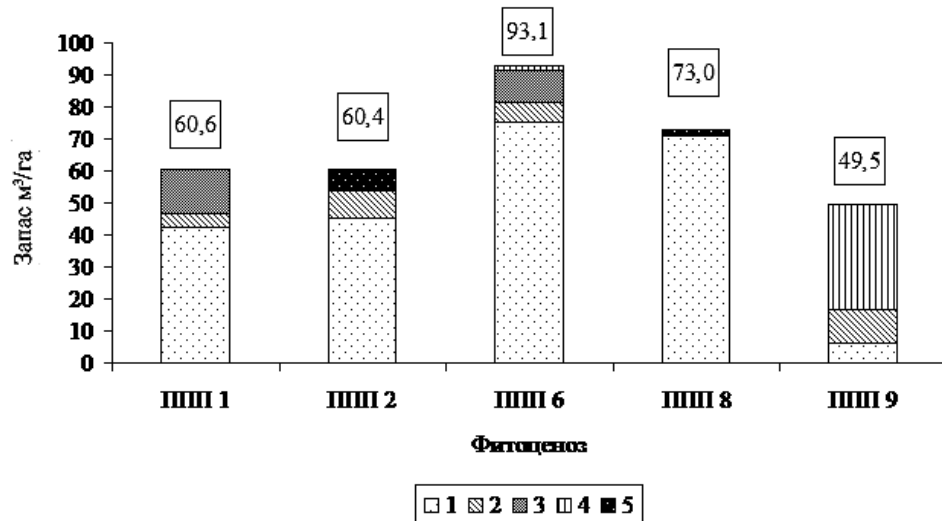
Порода	Стадия гниения древесины	Средняя базисная плотность, г/см ³	Среднее квадратичное отклонение	Коэффициент вариации
Ель	Здоровая	0,419	0,037	9
	1	0,414	0,021	5
	2	0,335	0,025	8
	3	0,256	0,027	10
	4	0,158	0,017	11
Береза	Здоровая	0,552	0,062	11
	1	0,480	0,027	6
	2	0,383	0,035	9
	3	0,297	0,022	8
	4	0,204	0,028	14
Сосна	Здоровая	0,450	0,033	7
	1	0,495	0,053	11
	2	0,340	0,028	8
	3	0,227	0,018	9
	4	0,114	0,010	9

Для древесины ели характерно наименьшее значение БП ($0,42 \text{ г/см}^3$), далее следуют сосна ($0,45 \text{ г/см}^3$) и береза ($0,55 \text{ г/см}^3$). Полученные нами данные вполне согласуются с приведенными в литературе. Согласно Л.В. Гордону с соавт. [2] БП абсолютно сухой древесины ели варьирует от $0,30$ до $0,56 \text{ г/см}^3$ (среднее значение $0,42 \text{ г/см}^3$), сосны – от $0,31$ до $0,65$ ($0,47$), березы – от $0,42$ до $0,79$ ($0,60$) г/см^3 .

После получения данных об БП гниющей древесины и графического анализа образцы были сгруппированы в четыре (с 1 по 4) стадии разложения (табл. 2). В.Г. Стороженко [10] выделил пять стадий гниения. Следует отметить, что отбор образцов 5-й стадии гниения весьма затруднен, так как стволы деревьев в этой стадии деструкции почти полностью разрушены. Для всех исследованных нами видов древесных растений отмечено уменьшение БП с увеличением стадии разложения. Так, БП мертвой древесины ели снижается от $0,41$ до $0,16 \text{ г/см}^3$, сосны – от $0,50$ до $0,11$, березы – от $0,48$ до $0,20 \text{ г/см}^3$. Следует отметить, что у ели и березы БП древесины 1-й стадии разложения незначительно отличается от БП здоровой, хотя у сосны этот показатель несколько выше. Подобное отличие связано с тем, что на 1-й стадии разложения деструктивные процессы в древесине практически не наблюдаются, сохранена кора, в некоторых случаях хвоя, и отсутствуют древоразрушающие грибы. Следовательно, БП на первой стадии должна быть в пределах колебания плотности здоровой древесины, что отмечено для сосны, БП которой варьирует от $0,31$ до $0,65 \text{ г/см}^3$ [2]. Е.В. Шорохова и А.А. Шорохов [14] также выделили пять стадий разложения древесины. Согласно их данным БП гниющей древесины ели с увеличением стадии разложения уменьшается от $0,44$ до $0,10 \text{ г/см}^3$, березы – от $0,46$ до $0,08 \text{ г/см}^3$, что вполне согласуется с полученными нами результатами (табл. 2). L. Di Cosmo с соавт. [15] тоже выделили пять стадий разложения с закономерным уменьшением БП для хвойных и широколиственных древесных растений. А.В. Климченко с соавт. [7] разделили древесину на три класса разложения в зависимости от ее плотности. Они также отметили уменьшение БП древесины основных лесообразующих пород с увеличением стадии разложения. На основании полученных результатов авторы определили массу КДО в различных по видовому составу фитоценозах.

Запасы древесины, сосредоточенной в КДО, в исследуемых нами старовозрастных ельниках варьируют от 60 до $93 \text{ м}^3/\text{га}$, что составляет $20...43 \%$ от запасов в растущих деревьях (см. рисунок), в производном лиственном насаждении – $49 \text{ м}^3/\text{га}$ (21% от запасов в растущих деревьях). Наибольшая концентрация КДО выявлена в ельнике разнотравно-черничном. Такие различия в объемах КДО, вероятно, обусловлены стадией развития насаждений.

По данным работы [1], в ельниках разнотравно-черничном (ППП 6) и чернично-сфагновом (ППП 8), пройденных низовым пожаром около 50 лет назад, древостои классифицируются как относительно разновозрастные, знаменующие результат полной выработанности (постклимаксовые сообщества), когда в древостоях преобладает поколение нисходящего ряда, т. е. старовозрастные



Запас КДО: 1 – ель; 2 – береза; 3 – сосна; 4 – осина; 5 – пихта (цифры в рамках – суммарный запас в фитоценозах на 1 га)

крупномерные деревья. Для фитоценозов характерно наличие большого количества сухостойных деревьев и валежа. Характерной чертой является немногочисленный тонкомер ели и довольно большое количество подроста ели. В перестойных ельниках черничном влажном (ППП 1) и разнотравно-черничном (ППП 2), в которых много сухостойных деревьев и валежа, древостои относительно разновозрастные, предшествующие полной выработке (предклимаксовые), когда преобладают деревья восходящего ряда, т. е. деревья низших ступеней толщины. Возобновительный процесс умеренный.

В старовозрастных ельниках заповедника «Вепсский лес» (южная тайга) объем КДО варьирует от 31 до 326 м³/га, что составляет 7...47 % от запасов растущих деревьев [19]. Е.А. Капица с соавт. [6] отмечают, что в среднетаежных ельниках Архангельской области запасы КДО составляют 44...191 м³/га (32...44 %), в северной тайге Республики Коми – 150...266 м³/га (7...52 %).

В старовозрастных ельниках древесный дебрис сформирован преимущественно (70...97 %) елью. В КДО в небольшом объеме встречаются сосна, береза и пихта. В смешанном лиственном насаждении объем КДО равен 49 м³/га (21 % от запасов в растущих деревьях), из них 2/3 образовано осинкой, 21 % – березой, 12 % – елью. Следует отметить почти полную деструкцию погибших от огня деревьев ели и начальную стадию развития лиственного насаждения, под пологом лиственного древостоя много подроста ели.

На основе полученных значений БП мертвой древесины и ее запасов на пробных площадях исследуемых ельников была определена масса КДО в еловых экосистемах и производном лиственном насаждении средней тайги (табл. 3).

Таблица 3

Запасы КДО в еловых экосистемах средней тайги

Тип леса (№ ППП)	Порода	Стадия гниения древесины	Компонент КДО, т/га			
			Сухо- стой	Валеж	Пни, остолопы	Всего
Е. чернично- влажный (1)	Ель	1	–	6,16	–	6,16
		2	0,47	2,31	0,41	3,19
		3	–	2,23	0,39	2,62
		4	–	1,22	–	1,22
		<i>Итого</i>	0,47	11,92	0,80	13,19
	Береза	1	0,02	0,27	–	0,29
		2	–	0,01	1,15	1,16
		3	–	0,75	0,22	0,97
		<i>Итого</i>	0,02	1,03	1,37	2,42
	Сосна	1	1,66	2,67	–	4,33
		2	–	0,58	–	0,58
		3	–	0,78	–	0,78
		<i>Итого</i>	1,66	4,03	0	5,69
	Всего		2,15	16,98	2,17	21,30
Е. разнотравно- черничный (2)	Ель	1	–	0,81	–	0,81
		2	7,24	1,93	2,10	11,27
		3	–	1,89	–	1,89
		4	–	0,25	–	0,25
		<i>Итого</i>	7,24	4,90	2,10	14,24
	Береза	1	0,06	–	–	0,06
		2	–	0,60	2,17	2,77
		4	–	0,29	–	0,29
		<i>Итого</i>	0,06	0,89	2,17	3,12
	Сосна Пихта	1	0,11	0	0	0,11
		2	0,07	0	1,99	2,06
		Всего	7,48	5,79	6,26	19,53
Е. разнотравно- черничный (6)	Ель	1	10,00	6,43	–	16,43
		2	1,68	2,03	6,29	10,00
		3	–	0,97	–	0,97
		4	–	0,19	–	0,19
		<i>Итого</i>	11,68	9,62	6,29	27,59
	Береза	1	0,80	–	–	0,80
		2	–	–	1,44	1,44
		3	–	0,24	–	0,24
		<i>Итого</i>	0,80	0,24	1,44	2,48
	Сосна	1	0,95	–	–	0,95
		2	1,15	0,65	–	1,8
		4	–	0,28	–	0,28
		<i>Итого</i>	2,10	0,93	0	3,03

Окончание табл. 3

Тип леса (№ ППП)	Порода	Стадия гниения древесины	Компонент КДО, т/га			
			Сухо- стой	Валеж	Пни, остолопы	Всего
Е. разнотравно- черничный (6)	Осина Пихта	2	0	0	1,78	1,78
		1	0	0,01	0	0,01
		Всего	14,58	10,80	9,51	34,89
Е. чернично- сфагновый (8)	Ель	1	–	3,68	–	3,68
		2	1,12	6,71	4,65	12,48
		3	–	4,30	–	4,30
		4	–	1,24	–	1,24
		Итого	1,12	15,93	4,65	21,70
	Пихта	2	–	–	0,63	0,63
		Всего	1,12	15,93	5,28	22,33
Березово- осиновый разно- травный (9)	Береза	1	–	0,16	–	0,16
		2	–	3,63	0,12	3,75
		3	–	0,09	–	0,09
		Итого	0	3,88	0,12	4,00
	Ель	1	2,09	0,38	0	2,47
		1	3,65	0,40	–	4,06
		2	9,27	–	0,05	9,32
		Итого	Осина	0,40	0,05	13,37
		Всего	15,01	4,66	0,17	19,84

Выявлено, что запасы органического вещества древесного дебриса варьируют от 19 до 35 т/га, из которых на долю сухостоя приходится 5...42 %, валежа – 23...80, пней и остолопов – 1...32 %. Что касается распределения КДО по стадиям разложения, то 1-ая стадия концентрирует 5...51 %, 2-ая – 23...82, 3-я – 1...21, 4-ая – 0...6 % от общей массы КДО. Запасы органического вещества КДО пятой стадии гниения нами не определены в связи с сильной дефрагментацией стволов валежа. А.В. Климченко с соавт. [7] отмечают, что в темнохвойных лесах Сибири в КДО накапливается в среднем 48...62 т/га (диапазон варьирования от 2 до 265 т/га). При этом запас КДО определяется возрастом насаждений и частотой пожаров. О.Н. Krankina с соавт. [17] выявили, что в лесах России в зависимости от лесорастительных условий, возраста насаждений, истории нарушений в древесном дебрисе концентрируется от 2 до 24 т/га органической массы с запасом древесины от 12 до 82 м³/га.

Заключение

Оцененная нами БП гниющей древесины в лесных экосистемах европейского северо-востока позволит определять запасы органического вещества в КДО на основе анализа морфологических характеристик деревьев сухостоя и валежа (высота, диаметр, стадия разложения), что обеспечит понимание их

роли при оценке бюджета углерода лесных сообществ. Значительные запасы органического вещества КДО (19...35 т/га) в исследованных ельниках средней тайги обусловлены стадией их развития. Наличие в древостоях старовозрастных деревьев и их постепенный отпад способствуют переходу органического вещества из живой фитомассы в древесный дебрис. Наличие КДО преимущественно первых двух стадий разложения объясняется довольно активным зарастанием мхами древесины валежа более поздних стадий разложения. В результате их трудно выявить при пересчете и практически невозможно определить точные размеры. В приростах лиственного насаждения, находящемся в стадии интенсивного формирования, происходит довольно сильная дифференциация деревьев по состоянию, что ведет к наличию большого числа сухостойных деревьев и валежа. Стоит отметить интенсивное возобновление ели под пологом лиственного древостоя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бобкова К.С. Еловые леса средней подзоны тайги // Коренные еловые леса Севера: биоразнообразие, структура, функции. СПб.: Наука, 2006. С. 99–158.
2. Гордон Л.В., Скворцов С.О., Лисов В.И. Технология и оборудование лесохимических производств. М.: Лесн. пром-сть, 1988. 360 с.
3. ГОСТ 16483.1–84. Древесина. Метод определения плотности. М.: Изд-во стандартов, 1984. 7 с.
4. Гусев И.И. Моделирование экосистем: учеб. пособие. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2002. 112 с.
5. Замолодчиков Д.Г. Оценка пула углерода крупных древесных остатков в лесах России с учетом влияния пожаров и рубок // Лесоведение. 2009. № 4. С. 3–15.
6. Капица Е.А., Шорохова Е.В., Кузнецов А.А. Пул углерода крупных древесных остатков в коренных лесах северо-запада Русской равнины // Лесоведение. 2012. № 5. С. 36–43.
7. Климченко А.В., Верховец С.В., Слинкина О.А., Кошурникова Н.Н. Запасы крупных древесных остатков в среднетаежных экосистемах Приенисейской Сибири // География и природные ресурсы. 2011. № 2. С. 91 – 97.
8. Полубояринов О.И. Плотность древесины. М.: Лесн. пром-сть, 1976. 160 с.
9. Пулы и потоки углерода в наземных экосистемах России / Под ред. Г.А. Заварзина. М.: Наука, 2007. 315 с.
10. Стороженко В.Г. Устойчивые лесные сообщества. Тула: Гриф и К, 2007. 192 с.
11. Тарасов М.Е. Методические подходы к определению скорости разложения древесного детрита // Лесоведение. 2002. № 5. С. 32–38.
12. Трефилова О.В., Ведрова Э.Ф., Оскорбин П.А. Запас и структура крупных древесных остатков в сосняках Енисейской равнины // Лесоведение. 2009. № 4. С. 16–23.
13. Швиденко А.З., Щепаченко Д.Г., Нильссон С. Оценка запасов древесного детрита в лесах России // Лесная таксация и лесоустройство. 2009. Вып. 1(41). С. 133–147.
14. Шорохова Е.В., Шорохов А.А. Характеристика классов разложения древесного детрита ели, березы и осины в ельниках подзоны средней тайги // Тр. СПб-НИИЛХ. 1999. Вып. 1. С. 17–23.

15. Di Cosmo L., Gasparini P., Paletto A., Nocetti M. Deadwood basic density values for national-level carbon stock estimates in Italy // *Forest Ecology and Management*. 2013. Vol. 295. P. 51–58.
16. Gough C.M., Vogel C.S., Kazanski C., Nagel L., Flower C.E., Curtis P.S. Coarse woody debris and the carbon balance of a north temperate forest // *Forest Ecology and Management*. 2007. Vol. 244. P. 60–67.
17. Krankina O.N., Harmon M.E., Kukuev Y.A., Treyfeld R.F., Kashpor N.N., Kresnov V.G., Skudin V.M., Protasov N.A., Yatskov M., Spycher G., Povarov E.D. Coarse woody debris in forest regions of Russia // *Can. J. For. Res.* 2002. Vol. 32. P. 768–778.
18. Saunders M.R., Fraver S., Wagner, R.G. Nutrient concentration of down woody debris in mixedwood forests in central Maine, USA // *Silva Fennica*. 2011. Vol. 45. P. 197–210.
19. Shorohova E.V., Shorohov A.A. Coarse woody debris dynamics and stores in a boreal virgin spruce forest // *Ecological Bulletins*. 2001. Vol. 49. P. 129–135.
20. Shvidenko A., Nilsson S. A synthesis of the impact of Russian forests on the global carbon budget for 1961–1998 // *Tellus*. 2003. N 55. B.P. 391–415.
21. Wu J., Guan D., Han S., Zhang M., Jin C. Ecological functions of coarse woody debris in forest ecosystem // *Journal of Forestry Research*. 2005. Vol. 16, N 3. P. 247–252.

Поступила 27.02.14

UDC 630*181.9:630*187:582.475

Stock of Coarse Woody Debris in Spruce Forests of the Middle Taiga in the European North-East

K.S. Bobkova, *Doctor of Biology, Professor*

M.A. Kuznetsov, *Candidate of Biology*

A.F. Osipov, *Candidate of Biology*

Institute of Biology of the Komi Science Centre of the Ural Division of the Russian Academy of Sciences, Kommunisticheskaya, 28, Syktyvkar, Komi Republic, 167982, Russia; e-mail: osipov@ib.komisc.ru

Coarse woody debris is an important component of stands formed by dead tree, dead fallen wood and stumps. Its functional role is practically not studied. Aim of study is to determine the stock of organic matter of coarse woody debris in old-aged spruce forests and secondary deciduous stand in middle taiga. Basic density of healthy and decaying wood depending on decay classes is presented for spruce, pine and birch. Physical meaning of basic density is content of dry matter in unit volume. Deadwood stocks are determined using analysis results of morphological characteristics (height, diameter, decay class) of dead tree, dead fallen wood and stumps on permanent plots. Permanent plots were laid in virgin spruce forests and secondary deciduous stand. Mass of organic matter in coarse woody debris was calculated on basis of data basic density and deadwood stocks. It is constitute 19.5 – 34.9 t/ha in spruce forests and 19 t/ha in deciduous stand. Pool of organic matter in coarse woody debris depends from development stage of phytocenosis. Availability in stands a lot of old-aged trees is conducive to moving of living biomass in coarse woody debris due to tree mortality. Input of different components and ratio of decay stages in coarse woody debris stocks are characterized. Coarse woody debris on first and second decay classes are dominates

in total stocks of dead organic matter. This is explained by active overgrowth of mosses dead fallen wood later stages of decay. As a result, their occurrence is difficult to detect in the study and virtually impossible to determine the exact size.

Keywords: basic wood density, coarse woody debris, spruce forest, taiga.

REFERENCES

1. Bobkova K.S. Elovye lesa sredney podzony taygi [Spruce Forests of Middle Taiga]. *Korennyye elovye lesa Severa: bioraznoobrazie, struktura, funktsii* [Virgin Spruce Forest of North: Biodiversity, Structure, Functions]. St. Petersburg, 2006, pp. 99–158.
2. Gordon L.V., Skvortsov S.O., Lisov V.I. *Tekhnologiya i oborudovanie lesokhimicheskikh proizvodstv* [Technology and Equipment of Forest-Chemical Industry]. Moscow, 1988. 360 p.
3. GOST 16483.1-84 *Drevesina. Metod opredeleniya plotnosti* [State Standard 16483.1-84. Wood. Method for Determination of Density]. Moscow, 1984. 7 p.
4. Gusev I.I. *Modelirovanie ekosistem* [Modeling of Ecosystems]. Arkhangelsk, 2002. 112 p.
5. Zamolodchikov D.G. Otsenka pula ugleroda krupnykh drevesnykh ostatkov v lesakh Rossii s uchetom vliyaniya pozharov i rubok [The Assessment of Carbon Pool in Coarse Woody Debris in Forests of Russia with Account of the Influence of Fires and Fellings]. *Lesovedenie*, 2009, no. 4, pp. 3–15.
6. Kapitsa E.A., Shorokhova E.V., Kuznetsov A.A. Pul ugleroda krupnykh drevesnykh ostatkov v korennykh lesakh severo-zapada Russkoy ravniny [Carbon Pool of Coarse Woody Debris in Native Forests of the Northwestern Russian Plain]. *Lesovedenie*, 2012, no. 5, pp. 36–43.
7. Klimchenko A.V., Verkhovets S.V., Slinkina O.A., Koshurnikova N.N. Zapasy krupnykh drevesnykh ostatkov v srednetaezhnykh ekosistemakh Prieniseyskoy Sibiri [Stock of Coarse Woody Debris in the Middle Taiga Ecosystems of the Yenisei Siberia]. *Geografiya i prirodnye resursy*, 2011, no. 2, pp. 91–97.
8. Poluboyarinov O.I. *Plotnost' drevesiny* [Wood Density]. Moscow, 1976. 160 p.
9. Zavarzina G.A. *Puly i potoki ugleroda v nazemnykh ekosistemakh Rossii* [Pools and Fluxes of Carbon in Terrestrial Ecosystems of Russia]. Moscow, 2007. 315 p.
10. Storozhenko V.G. *Ustoychivye lesnye soobshchestva* [Stable Forests Communities]. Tula, 2007. 192 p.
11. Tarasov M.E. Metodicheskie podkhody k opredeleniyu skorosti razlozheniya drevesnogo detrita [Methodical Approaches to Estimating the Rate of Coarse Woody Debris Decomposition]. *Lesovedenie*, 2002, no. 5, pp. 32–38.
12. Trefilova O.V., Vedrova E.F., Oskorbin P.A. Zapas i struktura krupnykh drevesnykh ostatkov v sosnyakakh Eniseyskoy ravniny [The Stock and Structure of Coarse Woody Debris in Pine Forests of the Yenisey Plain]. *Lesovedenie*, 2009, no. 4, pp. 16–23.
13. Shvidenko A.Z., Shchepashchenko D.G., Nil'sson S. Otsenka zapasov drevesnogo detrita v lesakh Rossii [Estimation of Stocks Woody Detritus in Russian Forests]. *Lesnaya taksatsiya i lesoustroystvo*, 2009, vol. 1(41), pp. 133–147.
14. Shorokhova E.V., Shorokhov A.A. Kharakteristika klassov razlozheniya drevesnogo detrita eli, berezy i osiny v el'nikakh podzony sredney taygi [Characreristics of Detritus Decay Classes for Spruce, Birch, and Aspen in Spruce Forests of the Middle Taiga]. *Tr. SPbNILKh* [Proc. of Sankt Petersburg For. Res. Inst]. 1999, vol. 1, pp. 17–23.

15. Di Cosmo L., Gasparini P., Paletto A., Nocetti M. Deadwood basic density values for national-level carbon stock estimates in Italy. *Forest Ecology and Management*, 2013, vol. 295, pp. 51–58.
16. Gough C. M., Vogel C. S., Kazanski C., Nagel L., Flower C. E., Curtis P. S. Coarse woody debris and the carbon balance of a north temperate forest. *Forest Ecology and Management*, 2007, vol. 244, pp. 60–67.
17. Krankina O.N., Harmon M.E., Kukuev Y.A., Treyfeld R.F., Kashpor N.N., Kresnov V.G., Skudin V.M., Protasov N.A., Yatskov M., Spycher G., Povarov E.D. Coarse woody debris in forest regions of Russia. *Canadian Journal of Forest Research*, 2002, vol. 32, pp. 768–778.
18. Saunders M.R., Fraver S., Wagner, R.G. Nutrient concentration of down woody debris in mixedwood forests in central Maine, USA. *Silva Fennica*, 2011, vol. 45, pp. 197–210.
19. Shorohova E.V., Shorohov A.A. Coarse woody debris dynamics and stores in a boreal virgin spruce forest. *Ecological Bulletins*, 2001, vol. 49, pp. 129–135.
20. Shvidenko A., Nilsson S. A synthesis of the impact of Russian forests on the global carbon budget for 1961-1998. *Tellus*, 2003, no. 55, pp. 391–415.
21. Wu J., Guan D., Han S., Zhang M., Jin C. Ecological functions of coarse woody debris in forest ecosystem. *Journal of Forestry Research*, 2005, vol. 16, no. 3, pp. 247–252.

Received on February, 27, 2014

UDC 581.5

INVOLVEMENT OF PHENOLIC COMPOUNDS IN WALNUT TREES RESPONSES TO SOIL FLOODING

© S. Mapelli, A. Bertani

National Research Council, Institute of Agricultural Biology and Biotechnology, 15, Edoardo Bassini st., Milan, 20133, Italy; e-mail: mapelli@ibba.cnr.it

Walnut trees have been shown to be very sensitive to abiotic stresses, especially to soil hypoxia consequence of soil flooding or waterlogging. The aim of study was to search for correlation between polyphenols and tolerance to flooding stress. Two-three years old walnut trees, *Juglans regia*, *J. nigra* and interspecific hybrids, grown in pots were subjected to soil flooding in summer at full leaves expansion. In high sensitive *J. regia* trees, when flooded, the net CO₂ assimilation rapidly decreased and 3-4 days of flooding were enough to block the recovery when soils was drained. In walnut hybrid (*J. nigra* x *J. regia*) and less sensitive *J. regia* genotypes, a longer resistance was observed; after 13 days of treatment leaves could still be green and trees can recover till to the normal photosynthesis when drained. *J. nigra* when flooded reduced net photosynthetic rate but maintained leaves without damages and with the capacity to recover CO₂ assimilation. The data showed resistance of *J. nigra* and hybrid trees and of some *J. regia* genotypes to the stress. The HPLC analyses of polyphenols showed a modification of the patterns during the stress. The plants less tolerant to hypoxia have higher content of polyphenols distributed in a lot of compounds. Trees more tolerant, *J. nigra*, showed a very simple HPLC pattern. All samples contained juglone, more in less tolerant genotypes. Hydroxy juglone glucoside was detectable in all genotypes, but only in low quantity, it increased in trees with high resistance to hypoxia and decreased in *J. regia*. Less flooded tolerant *J. regia* genotypes have higher polyphenols and juglone content. The metabolism of hydroxyl juglone glucoside could be involved in a mechanism of juglone detoxification during the hypoxia to give stress tolerance.

Keywords: *Juglans regia*, *Juglans nigra*, polyphenols, juglone, photosynthesis, abiotic stress, soil hypoxia.

Introduction

Persian or common or Greek walnut (*Juglans regia* L.) is one of the most economically important members of the genus *Juglans*. It is a large, wind-pollinated, monoecious, dichogamous, long-lived, perennial tree, with seed dispersal by animals over short distances and by human over large distances. *Juglans regia* is cultivated for its high quality wood and edible nuts throughout the temperate regions of the world [4]. Although the center of origin of Persian walnut is obscure, it is considered native to the mountain ranges of Central Asia, and its diffusion followed the ancient trade routes passing from China into India, Persia, Greece and thus into Europe [9].

In western European countries the decline of walnut cultivation after the second world war is mainly due to the changing rural structure, both technically and socially (depopulation, land abandonment and high labour costs). In the last

decades, new attention is given to human and environmental safety, eco-sustainable development and protection of the national resources in order to promote the redevelopment of the rural areas. In the light of these problems, there has been an increasing demand for new walnut genotypes for both wood and nut production [14]. For this reason, several studies considering genetic, physiologic and biochemical variability between walnut genotypes and varieties have been carried out to explain the high variation in morphology and phenology of adult trees that has been reported [10].

In walnut polyphenols are a characteristic biochemical compounds. Polyphenol contents gave indication of possible their utilisation for identification of walnut tree genotypes [5, 7]. The major polyphenol belong the hydroxycinnamic, hydroxybenzoic and flavonoid types the more characteristic in walnut trees is the naphthoquinone juglone and its biochemical related compounds. The content of polyphenols other then the genotypes changed also with stage of growing and in plant organs. If the phenols are mainly recognised for their antioxidant actions [1, 12], the juglone is well known for its allelopathic and inhibitory effect in many plants [2, 8, 13]. Walnut trees have been shown to be very sensitive to stress environmental condition especially to soil hypoxia consequence to soil waterlogging [2, 11]. Different walnut genotypes have shown different degree of resistance, from few days to weeks. The aim of this study has been to detect the presence of polyphenols and to correlate their presence with different tolerance to waterlogging stress shown by different walnut genotypes.

Material and methods

Two-three years old walnut trees, *Juglans regia*, *J. nigra* and interspecific hybrids (*J. major* x *J. regia* and *J. nigra* x *J. regia*), grown from seeds sowing in 80 l pots were used in the study. Five to eight trees of each walnut genotype were selected for uniformity in height, diameter and number of leaves to use in each experiment set. In summer, at beginning of July when the full leaves expansion were reached, the trees were subjected to waterlogging increasing and maintaining the water level at two-three cm above the soil. The treatment mimics the period and conditions that walnut trees can experience in nature after summer heavy rains especially around river basins.

To evaluate stress level, leaf gas exchanges (photosynthetic rate, transpiration rate, stomatal conductivity) were measured with an open system LCA3 (ADC, England). Measurements were made daily, during the period of water treatment and in the week later of soil draining, to follow the plants recovery.

Walnut leaflets were collected at different length period of stress treatment were used for analysis of polyphenols. Polyphenols were extracted from freeze-dried and ground leaves with 100 acetone (1 g 30 ml) during 30 min in ultrasound bath and with frequently hand shaking. The extract was then filtered, evaporated to dryness under reduced pressure (10 °C), and redissolved in methanol. Polyphenols had been analysed by HPLC updating essentially the method described [6]. Trirotar VI pump with online degasser DG3510 and Diode Array Detector (DAD) MD910, all of Jasco Co., Japan, were the HPLC instrument components. Column Purospher

RP18 (5 μm) 4 $\times$ 250 mm (Merck, Germany) was eluted at 0.6 ml /min with mixture of water:methanol:acetonitrile in 30 min gradient from 85:7:8 to 10:45:45 and 20 min more at final composition (10:45:45). The chromatograms at 340 nm and 525 nm had been used for quantification compounds. The spectra collected by DAD in the range 230-500 nm wavelength continuously during column elution permitted identification of polyphenols, at least grouped in chemical groups.

Results and discussion

Comparing different walnut genotypes was possible to have indication of different resistance capacity to root anaerobiosis. The stress effect can be visible after few days of soil hypoxia caused by soil waterlogging, when leaves became wilted. To quantify the stress level the leaf gas exchange was measured. In some *J. regia* genotypes, when flooded, the CO_2 assimilation rapidly decreased and after 3-4 days of flooding the plants did not recover the photosynthetic capacity when soil drain conditions were restored (see example in Fig 1 left). When interspecific hybrids (*J. nigra* $\times$ *J. regia*) were subjected to waterlogging a higher resistance capacity was observed. Also in these plants a decrease of CO_2 assimilation was recorded but after 13 days of treatment the leaves recovered to normal photosynthesis level when drained and plants recover to normal growth. The *J. nigra* trees when waterlogged reduced the net photosynthetic rate but they maintain leaves without evident damages and the capacity to recovered CO_2 assimilation to level of the control plants (Fig. 1 right). From the comparison of several genotypes was possible distinguished *J. regia* genotypes that after 3-4 days of stress were totally damaged, other genotypes showed damage after 6-8 days and we had recorded one genotype, named Soraloviner, that was severe affected by stress only after 13-14 days of soil waterlogged. In the hybrid trees only 50% of trees showed visible stress effect only after two weeks of soil flooded. The *J. nigra* trees showed a low visible damages in prolonged stress period and them were able to recover the photosynthesis to the level of control trees also after 16-20 days of soil hypoxia (the longer period tested). Those indication on walnut genotypes permitted a scale definition from flooding high sensitive to flooding high resistant.

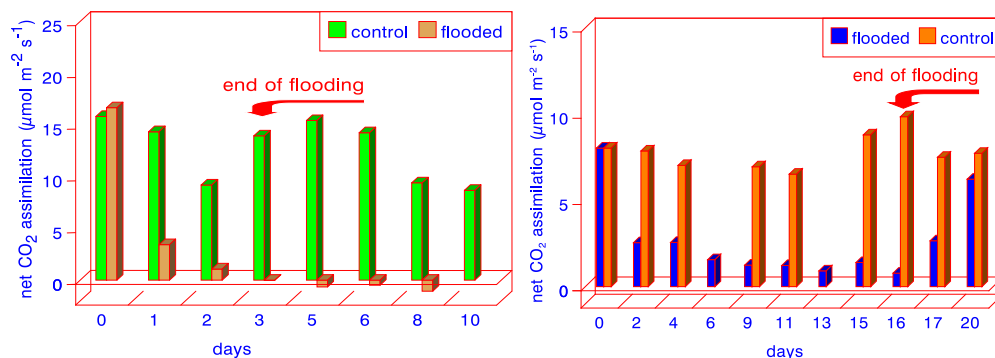


Fig. 1. Comparison of photosynthesis rate in *J. regia* Lozeronne (left panel) and *J. nigra* (right panel), in control trees and soil flooded trees and after returning to the drained soil at the “end of flooding”

The HPLC analyses of polyphenols in leaves showed, as expected, complex and different chromatographic pattern between the genotypes (Fig. 2, Fig. 3A, and 3B), but also the pattern modification of such compounds during the flooding stress (Fig. 3C and 3D). The plants less tolerant to hypoxia had higher content of polyphenol distributed in a lot of compounds as separated by HPLC. In *J. regia* Lozeronne, twenty-seven compounds were identified (Fig. 3A, Table 1), 10 of which were characteristic of genotypes, and in total accounted to 189 $\mu\text{g}/\text{mg}$ DW (Table 2). Trees more tolerant, *J. nigra*, showed a very simple HPLC pattern with only 13 components and 39 $\mu\text{g}/\text{mg}$ DW (Tables 1, 2).

Fig. 2. Typical walnut leaf polyphenols HPLC separation and evidenced by Diode Array Detector with full wavelength (230-500 nm) registration for spectra identification of components. The figure shows chromatogram of *J. regia* Solaroviner control leaf extract

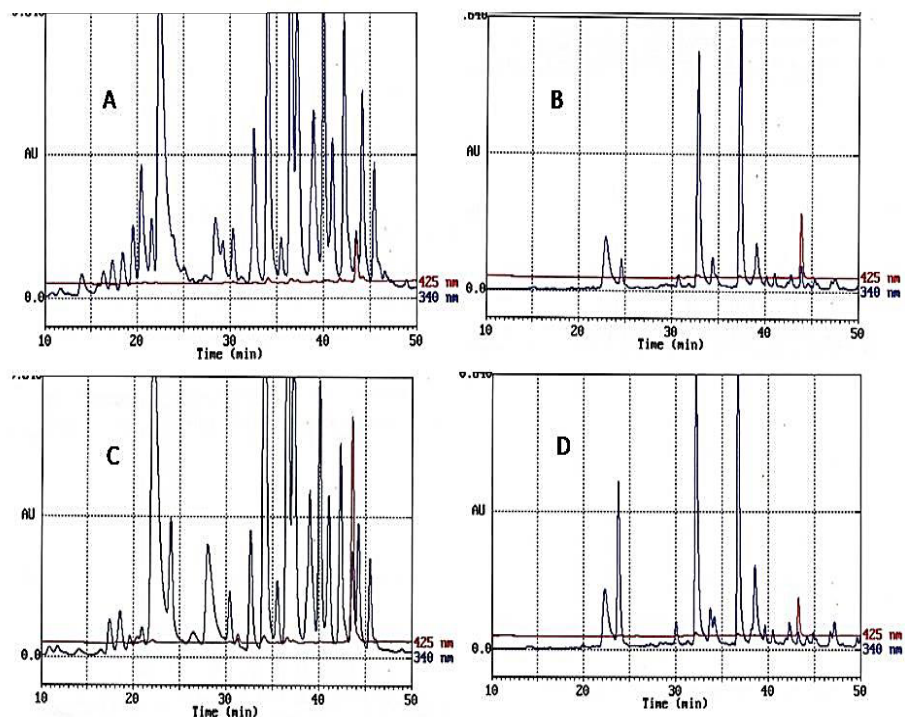
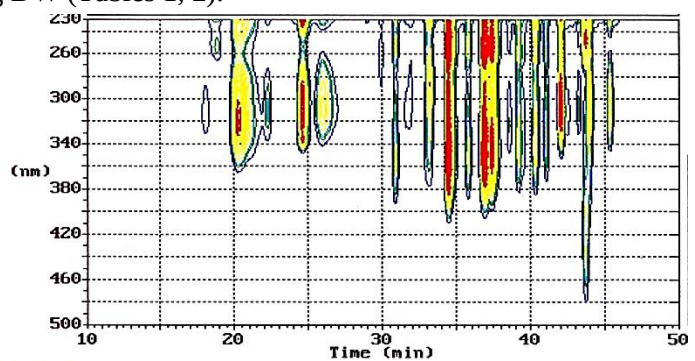


Fig. 3. Comparison of polyphenols HPLC separation: A, C = *J. regia* Lozeronne and B, D = *J. nigra*. A, B = Control leaves, C, D = flooded leaves. Line at 340 nm total polyphenols, and 425 nm specific for juglone

Table 1

Characteristic and comparison between the three walnut genotypes of polyphenol compounds separated by HPLC expressed as the numbers of total, characteristic or induced by stress components

Indicators	<i>J. regia</i> Lozeronne	<i>J. regia</i> Soroloviner	<i>J. nigra</i>
Total polyphenols	27	17	13
Characteristics of genotype	10	4	3
Induced by stress	6	nd*	nd*

*Not detected.

Table 2

Total polyphenols content in leaves of different walnut genotypes and the quantities changed after the soil flooding

Genotype	Category of stability	Total Polyphenols, µg/mg DW		
		Control	Flooded	Days**
<i>J. regia</i> Lozeronne	High sensitive	189.20±9.70b*	209.40±34.30a	3
<i>J. regia</i> Feltre	High sensitive	76.30±8.43e	90.60±8.94d	4
<i>J. regia</i> Soroloviner	Low resistant	63.74±9.53f	59.49±4.46f	8
<i>J. major</i> x <i>J. regia</i>	Medium resistant	108.00±36.51c	100.40±32.19d	4
<i>J. nigra</i> x <i>J. regia</i>	Resistant	65.57±2.60f	62.38±5.68f	5
<i>J. nigra</i>	High resistant	39.27±4.17g	38.07±3.23g	8

*Values with different letters are significant different at $P \leq 0,05$ (Duncan test).

**Days after beginning of the flooding and when the leaves were collected and results presented in table.

The interspecific hybrids showed polyphenols content at intermediate level between high sensitive *J. regia* Lozeronne genotype and *J. nigra* (Tables 2). Information about genetic background of *J. regia* used for interspecific hybrids were missed and can be the reason of the polyphenols content higher than in *J. regia* Soroloviner. Furthermore, during stress condition over then changes in the quantity of constitutive compounds the high sensitive genotype Lozeronne showed 6 new compounds induced by hypoxia (Table 1).

Considering the well known allelopathic and inhibitory effect in plants of the juglone, special attention was focused on the juglone and hydroxy juglone glucoside content. The leaf samples of all walnut species and genotypes investigated contained juglone, more in high stress sensitive Lozeronne genotype comparing to all other low and high resistant genotypes (Table 3). Also the hydroxy juglone glucoside was detectable in all genotypes, but it was only in low quantity in leaves of tolerant plants and it increased in samples from *J. nigra* trees with high resistance to hypoxia as well as in *J. regia* Lozeronne high sensitive genotype (Table 3).

Table 3

Levels of juglone and hydroxyl juglone glucoside in leaves of different walnut genotypes and the modification after flooding stress

Genotype	Category of stability	Juglone		Hydroxy juglone glucoside	
		(µg/mg DW)			
		Control	Flooded	Control	Flooded
<i>J. regia</i> Lozeronne	High sensitive	11.83±0.15a*	7.38±2.92b	13.67±6.20a	18.62±2.65a
<i>J. regia</i> Soraloviner	Low resistant	1.49±1.28g	1.43±0.39g	6.83±1.43c	9.12±1.11b
<i>J. major</i> x <i>J. regia</i>	Medium resistant	4.72±0.07c	4.32±0.63e	4.81±0.38c	2.13±2.06d
<i>J. nigra</i> x <i>J. regia</i>	Resistant	4.65±0.76c	3.20±0.35f	2.03±0.13d	2.59±2.09d
<i>J. nigra</i>	High resistant	1.78±0.38g	0.93±0.45h	0.85±0.33e	3.63±1.59c

*Values with different letters are significant different at $P \leq 0,05$ (Duncan test).

Conclusion

The data show the higher resistance to soil hypoxia for *J. nigra* and hybrid trees. Less waterlogged tolerant *J. regia* genotypes have higher total polyphenol and juglone content in leaves, the later decreases during stress condition, indicating that polyphenols content can be a biological marker for selection of stress resistant capacity. The metabolism of hydroxy juglone glucoside could be involved in a mechanism of juglone detoxification during the hypoxia to give stress tolerance. Indeed, in *J. nigra* the glucosylation of juglone could be a mechanism of detoxification of juglone during the hypoxia stress. Also in *J. regia* during hypoxia the hydroxy juglone glucoside increased during hypoxia condition, and mechanism of juglone detoxification through the glucosylation was enough for Soraloviner walnut genotype but the high content of juglone in high sensitive Lozerone genotype can not permit detoxification to a low and physiological compatible level.

In walnut polyphenol compounds have been reported to be associated to rejuvenation and clonal variability [7], now evidence of a possible role in abiotic stress (soil flooding, root hypoxia) degree of adaptation or resistance are added. Polyphenol components should take more attention in the future investigations on responses to stresses and to identify more resistant genotypes and the relationship to phenological stages or genetic background.

LITERATURE

1. Almeida I.F., Fernandes E., Lima J.L.F.C., Costa P.C. and Bahia M.F. Walnut (*Juglans regia*) leaf extracts are strong scavengers of pro-oxidant reactive species // Food Chem. 2008. 106: 1014–1020.
2. Belloni V. and Mapelli S. Effects of drought or flooding stresses on photosynthesis xylem flux and stem radial growth // Acta Hort. 2001.544: 327–333.

3. Hejl A.M., Einhelling F.A. and Rasmussen J.A. Effects of juglone on growth, photosynthesis and respiration // J. Chem. Ecol. 1993. 19: 559–568.
4. Hemery G., Savill P.S. and Thakur A. Height growth and flushing in common walnut (*Juglans regia* L.): 5-year results from provenance trials in Great Britain // Forestry. 2005. 78: 121–133.
5. Jalili A., Sadeghzade A. and Alipour S. Phenolic profile of walnut (*Juglans regia* L.) leaves cultivars grown in Iran. Int. Res. // J. Biochem. Bioinform. 2011. 1: 290–296.
6. Jay-Allemand C., Cornu D. and Macheix J.J. Biochemical attributes associated with rejuvenation of walnut tree // Plant Physiol. Biochem. 1988. 26: 13–144.
7. Jay-Allemand C. and Drouet A. Polyphenole und Enzyme als biochemische Verjuüngung bei Walnuß. Erwerbsotsbau. 1989. 31: 63–69.
8. Li H-H., Nishimura H., Hasegawa K. and Mizutani J. Some physiological effects and the possible mechanism of action of juglone in plants // Weed Res. 1993. 38: 214–222.
9. McGranahan G. and Leslie C. Walnuts (*Juglans*) // Acta Hort. 1991. 290: 907–974.
10. Malvolti M.E., Pollegioni P., Bertani A., Mapelli S. and Cannata F. *Juglans regia* provenance research by molecular, morphological and biochemical markers: a case study in Italy. Biorem. Biodiv. Bioavail. 2010. 4: 84–92.
11. Mapelli S., Brambilla I., Belloni V. and Bertani A. Changes of free amino acids in leaf sap of trees subjected to flooding and drought stresses // Acta Hort. 2001. 544: 233–238.
12. Pereira J.A., Oliveira I., Sousa A., Valentão P., Andrade P.B., Ferreira I.C.F.R., Ferreres F., Bento A., Seabra R. and Estevinho L. Walnut (*Juglans regia* L.) leaves: phenolic compounds, antibacterial activity and antioxidant potential of different cultivars // Food Chem. Toxicol. 2007. 45: 2287–2295.
13. Terzi I. Allelopathic effects of Juglone and decomposed walnut leaf juice on muskmelon and cucumber seed germination and seedling growth // Af. J. Biotech. 2008. 7: 1870–1874.
14. Woeste K. and Michler C. *Juglans*. In: Kole C editor. Wild crop relatives: genomic and breeding resources, forest trees. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany, 2011. pp. 77–87.

Received on December, 05, 2014

УДК 581.5

Участие фенольных соединений в реакции грецкого ореха на затопление почвы

С. Мапелли, А. Бертани

Национальный исследовательский Совет, Институт сельскохозяйственной биологии и биотехнологии, ул. Эдоардо Бассини, 15, Милан, 20133, Италия; e-mail: mapelli@ibba.cnr.it

Деревья грецкого ореха оказались более чувствительными к абиотическим воздействиям, особенно к гипоксии почвы вследствие ее затопления или заболачивания. Целью исследования являлся поиск взаимосвязи между полифенолами и стойкостью к затоплению. 2–3-летние деревья грецкого ореха (*Juglans regia*, *J. nigra*) и межвидовые гибриды, выращенные в горшках, были подвергнуты затоплению почвы летом

при полном облиствлении. При высокой чувствительности *J. regia*, при затоплении, количество поглощаемого CO₂ быстро сокращалось, и было достаточно 3–4-х дней затопления, чтобы блокировать восстановление дренирования почвы. У гибрида грецкого ореха (*J. nigra* × *J. regia*) и менее чувствительных генотипов *J. regia* наблюдались последствия; через 13 дней листья могли оставаться еще зелеными и не опадали до тех пор, пока деревья не восстановились до нормального фотосинтеза, соответствующего осушенной почве. При затоплении у *J. nigra* снижалась скорость фотосинтеза, но сохранялась без повреждений листва и возможность восстановить поглощение CO₂. Данные показали сопротивляемость *J. nigra* и гибридных деревьев, а также некоторых генотипов *J. regia* к воздействию затопления. Высокоэффективная жидкостная хроматография полифенолов показала изменение образцов в это время. Растения, менее устойчивые к гипоксии, имеют более высокое содержание полифенолов, распределенных во многих соединениях. У более устойчивых деревьев *J. nigra* получены очень простые образцы при высокоэффективной жидкостной хроматографии. Все образцы содержали юглон, его было больше в менее устойчивых генотипах. Гидроксиглонгликозид обнаруживался во всех генотипах, но только в небольшом количестве, больше его содержится в деревьях с высокой устойчивостью к гипоксии, меньше – в *J. regia*. Менее устойчивые к затоплению *J. regia* генотипы имеют большее содержание полифенолов и юглона. Метаболизм гидроксиглонгликозида может быть вовлечен в механизм детоксикации юглона при гипоксии для появления устойчивости к воздействию.

Ключевые слова: *Juglans regia*, *Juglans nigra*, полифенолы, юглон, фотосинтез, абиотическое воздействие, гипоксия почвы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Almeida I.F., Fernandes E., Lima J.L.F.C., Costa P.C. and Bahia M.F. Walnut (*Juglans regia*) leaf extracts are strong scavengers of pro-oxidant reactive species // Food Chem. 2008. 106, pp. 1014–1020.
2. Belloni V. and Mapelli S. Effects of drought or flooding stresses on photosynthesis xylem flux and stem radial growth // Acta Hort. 2001. 544, pp. 327–333.
3. Hejl A.M., Einhelling F.A. and Rasmussen J.A. Effects of juglone on growth, photosynthesis and respiration // J. Chem. Ecol. 1993. 19, pp. 559–568.
4. Hemery G., Savill P.S. and Thakur A. Height growth and flushing in common walnut (*Juglans regia* L.): 5-year results from provenance trials in Great Britain // Forestry. 2005. 78, pp. 121–133.
5. Jalili A., Sadeghzade A. and Alipour S. Phenolic profile of walnut (*Juglans regia* L.) leaves cultivars grown in Iran. Int. Res. // J. Biochem. Bioinform. 2011. 1, pp. 290–296.
6. Jay-Allemand C., Cornu D. and Macheix J.J. Biochemical attributes associated with rejuvenation of walnut tree // Plant Physiol. Biochem. 1988. 26, pp. 13–144.
7. Jay-Allemand C. and Drouet A. Polyphenole und Enzyme als biochemische Verjüngung bei Walnuß. Erwerbsotsbau. 1989. 31, pp. 63–69.
8. Li H-H., Nishimura H., Hasegawa K. and Mizutani J. Some physiological effects and the possible mechanism of action of juglone in plants // Weed Res. 1993. 38, pp. 214–222.
9. McGranahan G. and Leslie C. Walnuts (*Juglans*) // Acta Hort. 1991. 290, pp. 907–974.

10. Malvolti M.E., Pollegioni P., Bertani A., Mapelli S. and Cannata F. *Juglans regia* provenance research by molecular, morphological and biochemical markers: a case study in Italy. Biorem. Biodiv. Bioavail. 2010. 4, pp. 84–92.

11. Mapelli S., Brambilla I., Belloni V. and Bertani A. Changes of free amino acids in leaf sap of trees subjected to flooding and drought stresses // Acta Hortic. 2001. 544, pp. 233–238.

12. Pereira J.A., Oliveira I., Sousa A., Valentão P., Andrade P.B., Ferreira I.C.F.R., Ferreres F., Bento A., Seabra R. and Estevinho L. Walnut (*Juglans regia* L.) leaves: phenolic compounds, antibacterial activity and antioxidant potential of different cultivars // Food Chem. Toxicol. 2007. 45, pp. 2287–2295.

13. Terzi I. Allelopathic effects of Juglone and decomposed walnut leaf juice on muskmelon and cucumber seed germination and seedling growth // Af. J. Biotech. 2008. 7, pp. 1870–1874.

14. Woeste K. and Michler C. *Juglans*. In: Kole C editor. Wild crop relatives: genomic and breeding resources, forest trees. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany, 2011. P. 77–87.

Поступила 05.12.14



УДК 630*23

**РАЗВИТИЕ ЛЕСНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ
В ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ И ЕЕ РОЛЬ
В ОБЕСПЕЧЕНИИ ЛЕГАЛЬНОСТИ ЗАГОТОВКИ ДРЕВЕСИНЫ**

© С.А. Корчагов, д-р с-х наук, проф.

И.Н. Лупанова, асп.

Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина, ул. Панкратова, 9-а, корп. 7, с. Молочное, г. Вологда, Россия, 160555; e-mail: kors45@yandex.ru

Одним из многолесных регионов России является Вологодская область, где сохраняются высокие темпы развития лесопромышленного комплекса. По вкладу в экономику региона лесная промышленность занимает лидирующие позиции, уступая лишь черной металлургии и химической промышленности. Лесобумажная продукция из области экспортируется более чем в 50 стран мира. Основные ее потребители – страны Европейского союза: Финляндия, Эстония, Германия, Швеция, Нидерланды, Великобритания, Франция, Дания, Бельгия, Польша, Литва, Чехия. Не смотря на успехи в лесном секторе экономики, проблема незаконных рубок остается нерешенной. В настоящее время невозможно выявить районы с отсутствием нелегальных заготовок древесины. Случаи нелегальной заготовки не исключаются и на территории существующей сети особо охраняемых природных территорий. Нелегальные рубки причиняют материальный ущерб экономике региона и создают предпосылки для угрозы экологической безопасности в масштабах государства. Значительные объемы незаконных рубок вызваны отсутствием эффективной лесной охраны и должного учета лесопользования, обилием лесов с неясным статусом, ухудшающимся социально-экономическим положением сельского населения. К сожалению, действующее российское законодательство пока не способно обеспечить эффективную борьбу с нелегальными рубками и оборотом древесины. Одним из направлений, способствующих уменьшению нелегальной заготовки древесины, является внедрение добровольной лесной сертификации по системе Лесного попечительского совета. Движущим фактором активной сертификации в России стало введение в США поправок к закону Лейси, а также принятие соответствующего регламента странами Евросоюза. В Вологодской области постепенно увеличиваются площади сертифицированных лесов, возрастает число предприятий, сертифицирующих цепочки поставок. В области сертифицировано 2,4 млн га, или около 7 % от площади сертифицированных лесов России по системе Лесного попечительского совета. Сертификаты цепочки поставок древесины имеют 18 лесопромышленных предприятий. Это подтверждает легальность происхождения лесобумажной продукции, позволяет компаниям беспрепятственно вести внешнеэкономическую деятельность и снижает риск появления древесины нелегального происхождения на внутреннем и внешнем рынках.

Ключевые слова: добровольная лесная сертификация по системе Лесного попечительского совета, лесопромышленный комплекс, экспорт лесопродукции, незаконная рубка древесины.

Лес – основное природное богатство Вологодской области. Леса занимают площадь 11,7 млн га, что составляет 80 % территории региона. Лесосырьевой потенциал позволяет без ущерба для природных ресурсов наращивать объемы заготовки и переработки древесины за счет интенсификации лесопользования. Наличие лесных ресурсов, развитой транспортной инфраструктуры, относительная близость зарубежных рынков лесной продукции предопределили образование значительного числа крупных лесопромышленных производств, а также предприятий среднего и малого бизнеса.

В последние годы в области сохраняются высокие темпы развития лесопромышленного комплекса. Лесная промышленность по вкладу в экономику региона продолжает занимать третье место после черной металлургии и химической промышленности. Общий объем лесопользования в 2012 г. составил 12,9 млн м³, что является самым высоким показателем освоения лесосечного фонда за последние 10 лет. Кассовый план поступления платежей за использование лесов в федеральный бюджет выполнен на 106,1 %, в бюджет области – на 129,0 %.

Ведущими видами лесобумажной продукции, реализуемой на внутреннем и внешнем рынках, являются круглые лесоматериалы, пиломатериалы, фанера, древесные плиты, картон. Среди регионов России область занимает второе место по производству необработанной древесины и древесностружечных плит, третье место – по выпуску клееной фанеры, четвертое место – пиломатериалов. Темпы производства лесопроductии за 2012 г. по отношению к 2011 г., %: необработанная древесина – 101,6; пиломатериалы – 102,3; фанера клееная – 104,8; плита древесностружечная – 115,2; целлюлоза – 105,0; бумага и картон – 101,0. В области реализуется 18 приоритетных инвестиционных проектов с общей суммой инвестиций 12,5 млрд р.

Лесобумажная продукция экспортируется более чем в 50 стран мира. По данным пресс-службы Вологодской таможни в 2010 г. лесопромышленные предприятия области экспортировали лесопроductии на сумму 172,6 млн долларов США. В 2011 г. этот показатель достиг 203,9, в 2012 г. – 201,0 млн долларов. Крупнейшие потребители лесопроductии – страны Европейского союза (Финляндия, Эстония, Германия, Швеция, Нидерланды, Великобритания, Франция, Дания, Бельгия, Польша, Литва, Чехия).

Не смотря на определенные успехи в лесном секторе экономики, проблема незаконных рубок леса в регионе остается нерешенной. В настоящее время практически не представляется возможным выявить районы с абсолютным отсутствием нелегальных заготовок древесины. Слова руководителя одного из областных государственных лесничеств о том, что устали бороться с ветряными мельницами, очень точно характеризуют ситуацию с нелегальными рубками леса в большинстве районов Вологодской области.

В областном правительстве отмечают, что незаконные рубки – это серьезная проблема, которая не только причиняет материальный ущерб экономике региона, но и создает предпосылки для угрозы экологической

безопасности в масштабах государства. Полностью восстановить лесной фонд, утраченный в результате незаконных рубок, практически невозможно. Помимо того, что на это потребуются от 40 до 120 лет, оно влечет за собой большие материальные затраты. Если в 2010 г. размер ущерба, причиненного Вологодской области незаконными рубками, составлял почти 190 млн р., то в 2011 г. он вырос до 257 млн р. При этом средний объем одной такой рубки увеличился на треть [1]. В 2012 г. (по отношению к 2011 г.) число выявленных нарушений лесного законодательства уменьшилось в 0,8 раза, количество рассмотренных административных материалов и лиц, привлеченных к административной ответственности, – в 0,7 раза, сумм наложенных административных штрафов – почти в 0,8 раза. Случаи нелегальной заготовки древесины не исключаются и в существующей сети особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Вологодской области, общая площадь которых достигает 902,8 тыс. га (по данным на конец 2012 г.) [2].

По мнению губернатора Вологодской области Олега Кувшинникова, значительное количество незаконных рубок объясняется отсутствием реального наказания. Так, в 2011 г. из 120 осужденных по статье 260 Уголовного кодекса (УК) РФ только 5 были приговорены к реальному сроку лишения свободы, в 2012 г. из 138 – только 1.

Согласно ст. 260 УК РФ, незаконная рубка в особо крупном размере, совершенная группой лиц по предварительному сговору, наказывается «лишением свободы на срок до 5 лет с лишением права занимать определенные должности или заниматься определенной деятельностью на срок до 3 лет или без такового». Именно эту меру наказания предложил пересмотреть губернатор Олег Кувшинников, увеличив срок лишения свободы от 5 до 10 лет с лишением права занимать определенные должности или заниматься определенной деятельностью на этот же срок.

Кроме отсутствия реального наказания, значительные объемы незаконных рубок и высокая доля относительно дешевого «ворлеса» на лесном рынке также обусловлены отсутствием эффективной лесной охраны и должного учета лесопользования. К негативным факторам относятся также обилие лесов с неясным статусом в сочетании с ухудшающимся социально-экономическим положением значительной части сельского населения.

К сожалению, действующее российское законодательство не способно обеспечить эффективную борьбу с нелегальными рубками и оборотом древесины, а правоприменительная практика в этой области отличается слабостью. Внесение изменений в старый Лесной кодекс РФ в 2004-2005 гг. и принятие нового Лесного кодекса РФ в 2006 г. привело к тому, что классическая государственная лесная охрана, основанная на системе лесных обходов, исчезла. В декабре 2010 г. в Лесной кодекс РФ были внесены изменения, которые восстановили лесную охрану «на бумаге» – путем возложения соответствующих обязанностей на лиц, исполняющих, прежде всего, иные обязанности и не обладающих для охраны лесов ни временем, ни необходимыми ресурсами. Фактически

леса России, за исключением отдельных особых случаев, до сих пор остаются крупнейшей в мире беспризорной и неохраваемой территорией. Это послужило одной из главных причин катастрофической ситуации с незаконными рубками. Кроме того, обилие дешевой древесины незаконного происхождения делает лесное хозяйство во многих регионах экономически бесперспективным [2].

Имеется и ряд другихотягающих обстоятельств: длинные и непрозрачные цепочки поставок древесины, заготовка пород, занесенных в Красную книгу и в перечень пород, заготовка которых не допускается; вырубка малонарушенных лесов; низкий уровень жизни в селах, вынуждающий местное население на совершение нелегальных рубок; высокий уровень коррупции и др.

Сокращению объема нелегальных рубок леса способствует добровольная лесная сертификация. В соответствии с требованиями сертификации предприятия-обладатели сертификата должны создавать эффективную систему по пресечению и выявлению случаев незаконных рубок и других несанкционированных действий в арендуемых ими лесах. Они не должны закупать древесину неизвестного происхождения, заготовленную незаконным путем, а также в охраняемых природных территориях, малонарушенных и социально значимых лесах. Для подтверждения законности происхождения древесины предприятия должны внедрить систему контроля своих поставщиков и проводить их регулярные проверки с выездом на места лесозаготовок.

Важным движущим фактором активного развития сертификации для лесных регионов России, в том числе и Вологодской области, стало введение в США поправок к закону Лейси, требующих подтверждения легального происхождения всей продукции из древесины, поступающей в страну. В октябре 2010 г. Европейский союз (ЕС-EU) принял законодательство по лесоматериалам и продукции из древесины (EU Timber regulation 995/2010), согласно которому с 3 марта 2013 г. запрещается продажа древесины и лесобумажных материалов незаконного или неподтвержденного происхождения на рынке ЕС.

В Вологодской области в последнее десятилетие добровольная лесная сертификация по системе Лесного попечительского совета (FSC) развивается довольно активно. Процесс сертификации по международным стандартам в области начался в 2004 г., когда FSC-сертификат получили две лесопромышленные компании: ЗАО «Белый Ручей» и ОАО «Белозерский ЛПХ». В 2006 г. было сертифицировано лесозаготовительное предприятие ООО «Автодорлес» и группа предприятий ОАО ЛХК «Череповецлес»: ООО «Белозерсклес», ОАО «Вашкинский ЛПХ», ОАО «Бабаевский ЛПХ»; в 2007 г. – ОАО «Сямженский ЛПХ». В конце 2008 г. сертифицировала свои арендуемые участки группа предприятий: ОАО «ЛПК «Кипелово», ЗАО «Северлеспром», ОАО «Ковжинский ЛПХ», ООО «Кирилловский ЛПХ», ОАО «Устьялес», ОАО «Сокольский ДОК» (с 2011 г.), входящих в лесопромышленный холдинг ЗАО «Инвестлеспром». В 2010 г. свою систему лесопромышленного управления сертифицировала крупнейшая региональная холдинговая компания «Вологодские лесопромышленники»: ООО «Ломоватка-Лес», ЗАО «Онегалеспром», ООО «Лесозавод № 2»,

ООО «Верховажьелес» и ЗАО «Вожега-Лес». В 2012-2013 гг. прошли сертификацию ЗАО «Мега», ИП Горблянский М.Д., ООО «Макарцево-лес», ИП Иванов О.Л., ООО «Альтернатива» [3].

В настоящий время в области сертифицировано 2,4 млн га, что составляет около 7 % от площади сертифицированных по системе FSC лесов России.

Среди лесоперерабатывающих предприятий Вологодчины в настоящее время имеют FSC-сертификат цепочки поставок от лесозаготовителя – к потребителю 18 предприятий: «Премиум-лес», «Череповецлес», лесопильный завод «Белозерского ЛПХ», фанерный комбинат «Новатор», «Вологодские лесопромышленники» и «Австрофор», спичечная фабрика «ФЭСКО», «Сокольский ДОК», лесоперерабатывающий комплекс «Вожега» («Аватар», ФСО «Развитие» и «Вологдалес»), «Харовсклеспром», «Лесозавод № 2», ООО «Белозерсклес», ЗАО «Череповецкий фанерно-мебельный комбинат», ООО «Сто-ра Энсо Форест Вест», ООО «МЕГА-ТРАНС», S-Prom LLC [4, 5].

Лесопромышленные предприятия посредством сертификата на систему лесопроизводства и цепочку поставок подтверждают легальность происхождения своей лесобумажной продукции, что позволяет им беспрепятственно вести свою внешнеэкономическую деятельность. Использование в технологическом процессе этими компаниями древесного сырья, закупаемого у несертифицированных субпоставщиков, требует обязательного подтверждения легальности его происхождения путем оценки риска районов заготовки древесины и контроля субпоставщиков до уровня лесосеки.

Таким образом, Вологодская область продолжает оставаться одним из многолесных регионов России. Ее лесной сектор, наряду с государственным и внутриобластным потреблением, ориентирован на экспорт древесины и древесной продукции на экологически чувствительные рынки мира. В Вологодской области имеются проблемы с незаконными рубками леса, часть незаконной заготовки древесины осуществляется в лесах высокой природоохранной ценности. Одним из путей борьбы с нелегальными рубками и незаконным оборотом древесины является внедрение системы добровольной лесной сертификации. Компании, не участвующие в процессе сертификации и не развивающие корпоративные системы обеспечения легальности и устойчивости заготовки древесины, исключают для себя возможность выхода на экологически чувствительные рынки ЕС. Учитывая общий тренд развития рынка лесоматериалов, направленный на экологизацию и предъявление потребителями более жестких требований к легальности и устойчивости заготовки древесины, подтверждение выполнения этих требований компаниями – поставщиками лесобумажной продукции из Вологодской области является практической необходимостью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В Вологодской области ужесточат наказание за незаконную вырубку леса. Режим доступа: <http://www.severinform.ru/?page=newsfull&date=25-09-2012&newsid=170064>

2. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Вологодской области в 2012 г. / Правительство Вологодской области, Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Вологодской области. Вологда, 2013. 260 с.

3. FSC FM сертификаты в РФ. FSC COC сертификаты в РФ. Режим доступа: <http://www.fsc.ru/>.

4. Корчагов С.А., Конюшатов О.А. Нормативно-правовая база для интенсивного лесного хозяйства на федеральном и региональном уровне (на примере Вологодской области) // Интенсивное устойчивое лесное хозяйство: барьеры и перспективы развития: сб. ст. / Под общ. ред. Н. Шматкова; Всемирный фонд дикой природы (WWF). М.: WWF России, 2013. С. 45–83.

5. Корчагов С.А., Конюшатов О.А., Малышева Н.А. Развитие добровольной лесной сертификации в Вологодской области / Вологодский лесной журнал. 2009. №2 (13). С. 32–33.

Поступила 24.03.14

UDC 630*23

Development of Forest Certification in the Vologda Region and its Role in Ensuring the Wood Felling Legality

S.A. Korchagov, Doctor of Agriculture, Professor

I.N. Lupanova, Postgraduate Student

Vologda State Dairy Farming Academy named by N.V. Vereshchagin, Pankratova, 9/7, Molochnoe vil., Vologda, 160555, Russia; e-mail: kors45@yandex.ru

The Vologda region is one of the forested regions of Russia, where the high paces of development of a timber industry complex are maintained. Forest industry in its contribution to the economy of the region occupies a leading position, behind only ferrous metallurgy and chemical industry. Timber and paper products from the Vologda region are exported to more than 50 countries of the world. The main consumers of timber - European Union countries: Finland, Estonia, Germany, Sweden, Netherlands, United Kingdom, France, Denmark, Belgium, Poland, Lithuania, Czech Republic. Despite the success in the forest sector of the economy, the problem of illegal cutting remains unresolved. At present it is impossible to identify areas with lack of illegal wood felling. Cases of illegal logging are not excluded on the territory of the existing network of protected territories. Illegal cutting causes material damage to the economy of the region and create the preconditions for threats to environmental security in the country as a whole. Significant volumes of illegal logging are caused by the lack of effective forest protection and proper accounting of forest management, abundant forests with unclear status, deteriorating socio-economic situation of the rural population. Unfortunately, the current Russian legislation, are not able to ensure an effective fight against illegal logging and timber turn-round. One of the directions, contributed to reduction of illegal logging, is the introduction of forest certification according to Forest Stewardship Council system. An important driving factor of the active adoption of certification in Russia was the introduction in the USA the amendments to the Lacey Law, as well as the adoption of the relevant regulations by the European Union. In the Vologda region gradually increases the area of certified forests, the amount of enterprises, certifying their supply chains. At the present time in the region is certified 2.4 million ha of forests, representing about 7 % of the area of certified forests in Russia according to the Forest Stewardship Council system.

Certificates of supply chain of timber have 18 enterprises. Forestry enterprises, participating in the process of certification, confirmed the legality of the origin of timber and paper products. This allows companies to freely conduct their export activities and reduces the risk of advent of illegal origin timber on the domestic and foreign market.

Keywords: voluntary forest certification under the Forest Stewardship Council, timber industry complex, export of timber, illegal wood logging.

REFERENCES

1. *V Vologodskoy oblasti uzhestochat nakazanie za nezakonnuyu vyrubku lesa* [The Punishment for Illegal Deforestation will be Toughen in the Vologda Region]. Available at: <http://www.severinform.ru/?page=newsfull&date=25-09-2012&newsid=170064>.
2. *Doklad o sostoyanii i okhrane okruzhayushchey sredy Vologodskoy oblasti v 2012 godu* [Report on the State and Protection of Environment in the Vologda Region in 2012]. 2013. 260 p.
3. *Forest Stewardship Council FM certificates in Russian Federation. Forest Stewardship Council COC certificates in Russian Federation*. Available at: <http://www.fsc.ru/>
4. Korchagov S.A., Konyushatov O.A. Normativno-pravovaya baza dlya intensivnogo lesnogo khozyaystva na federal'nom i regional'nom urovne (na primere Vologodskoy oblasti) [Legal Framework for Intensive Forestry at the Federal and Regional Level (the Vologda Region)]. *Intensivnoe ustoychivoe lesnoe khozyaystvo: bar'ery i perspektivy razvitiya: sb. statey* [Intensive Sustainable Forestry: Barriers and Prospects of Development: Collected Papers]. Moscow, 2013, pp. 45–83.
5. Korchagov S.A., Konyushatov O.A., Malysheva N.A. Razvitie dobrovol'noy lesnoy sertifikatsii v Vologodskoy oblasti [Development of Voluntary Forest Certification in the Vologda Region]. *Vologodskiy lesnoy zhurnal*, 2009, no.2, pp. 32–33.

Received on March, 24, 2014

УДК 630*232.114

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ КОРНЕВЫХ СИСТЕМ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ

© *В.М. Гриб, канд. с.-х. наук, доц.*

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, ул. Героев Оборона, 15, г. Киев, Украина, 03041; e-mail: gribvm@ukr.net

Проведено многостороннее исследование и последующий анализ показателей строения древесины корневых систем. Рассматриваются показатели физико-механических свойств древесины ствола и корневой системы, приведены результаты определения фитомассы корневой системы в зависимости от диаметра дерева. Установлено, что промышленные запасы корневой древесины в спелых сосновых насаждениях составляют 10...12 % от запасов стволовой древесины, или 40...50 м³/га. При этом с увеличением среднего диаметра насаждений соотношение объема корневой системы к общему объему ствола уменьшается. При лесовосстановлении на нераскорчеванных вырубках встает вопрос подготовки лесокультурных площадей под искусственные насаждения, что связано с минимизацией помех в виде пней, остающихся после валки деревьев. Извлечение этой древесины в процессе подготовки лесокультурных площадей обеспечит благоприятные условия для работы машин и механизмов, а также позволит формировать полноценные искусственные насаждения с высокой общей продуктивностью. Разработаны технологии подготовки лесокультурных площадей с использованием новых механизмов.

Ключевые слова: корневая система, строение древесины, запасы пневой древесины, лесовосстановление.

Основная масса корневой древесины, как и древесина ствола, состоит из ранних и поздних трахеид, сердцевинных лучей, смоляных ходов, паренхимы. Однако слоистость древесины корней выражена слабее, чем у древесины ствола, что связано с менее резкими сезонными колебаниями температуры и влажности среды в почве. В пределах одного и того же дерева показатели физико-механических свойств изменяются по высоте и радиусу ствола в определенной закономерности: древесина с наиболее высокими показателями физико-механических свойств находится в комлевой части. К вершине дерева ее свойства ухудшаются [19, 20]. Только в зоне живой кроны иногда наблюдается их незначительное повышение. По радиусу ствола показатели физико-механических свойств древесины сначала увеличиваются в направлении от сердцевины к заболони, перед заболонью они начинают снижаться. При этом разница в плотности древесины может достигать 15 %. На показатели физико-механических свойств влияют также лесохозяйственные факторы, в частности возраст, происхождение и форма древесины, лесорастительные условия, уход за насаждениями, время рубки [7, 16].

Цель проведенного исследования – изучение закономерностей изменения анатомических признаков, показателей физико-механических свойств корневой древесины для разработки природосохраняющих технологий лесозаготовок.

У свободно растущих деревьев развитие корневой системы зависит от обеспечения ее питательными веществами и элементами [9]. Одним из важных показателей развития корневой системы В.Е. Волчков [4] считает площадь ее поглотительной поверхности, в несколько раз превышающей площадь поверхности хвои. Для сосны типична корневая система, развитая как в поверхностных, так и в глубоких горизонтах почвы [5]. Большое влияние на ее рост и развитие оказывают особенности увлажнения, физико-механические свойства почвы, условия аэрации, обеспеченность питательными веществами. По данным автора [5], корневые системы культур сосны достигают близких к максимальным размеров в возрасте 10–12 лет. Смыкание корневых систем в искусственных насаждениях наступает несколько раньше, чем смыкание крон, поэтому в культурах, которые сомкнулись, происходит замедление роста корневых систем. При этом длина горизонтальных корней определяется влажностью почвы и обеспеченностью питательными веществами.

В.В. Ильинский [8] считает, что в общем объеме фитомассы насаждений на корневые системы приходится от 17 до 27 % в зависимости от бонитета. Исследованиями Г.Л. Лозинова [14] установлено, что в 77-летних сосновых культурах общая масса корневых систем составляет 43 т/га, тогда как наземная фитомасса в 5,5 раза превышает подземную.

По мнению Г.Б. Кофмана [12], соотношение между процессами фотосинтеза, дыхания и транспирации позволяет оценивать продуктивность растения. При этом скорость роста пропорциональна разности суммарных энергетических поступлений и расходов за единицу времени. Как следствие, анализу подвергают в первую очередь не абсолютные, а относительные параметры роста и развития деревьев.

Для выявления эффективности лесохозяйственных мероприятий важное значение имеет установление прироста древесины (по объему и по стоимости), величина которого зависит от ширины годичных колец. Каждое годичное кольцо древесины состоит из двух частей – весенней (ранней) и осенней (поздней), которые образуются в течение вегетационного периода. В зависимости от лесорастительных условий, возраста насаждений, расположения в дереве соотношение между ранней и поздней древесиной колеблется в значительных пределах. Как отмечает Л.М. Перелыгин [20], у хвойных пород вокруг сердцевины несколько годичных колец содержат незначительную долю поздней древесины. Затем ее содержание увеличивается и достигает максимума в кольцах, прилегающих к коре. По высоте ствола от комлевой части к вершине содержание поздней древесины снижается от 40 до 20 %. По мнению Г.Б. Кофмана [12], различия в соотношении ранней и поздней древесины по высоте ствола определяются ниспадающими механическими нагрузками и физическими свойствами древесины этих зон.

Особенности строения древесины корневой системы обусловлены ее функциями. Установлено, что древесина корней сосны обыкновенной представлена трахеидами, паренхимой лучей, горизонтальными и вертикальными смоляными ходами, клетками эпителия. При проведении сравнительного анатомического анализа древесины корня и ствола в их строении были обнаружены некоторые отличия. Прежде всего, древесина корней не имеет ядра, граница между ранней и поздней древесиной в ксилеме корней выражена не так четко. Это свидетельствует о физиологически медленном переходе гистогенеза от стадии активного роста к торможению. Край годового прироста на поперечных срезах исследуемых образцов был ровным и обычно заканчивался типичными для поздней древесины толстостенными трахеидами. Вертикальные смоляные ходы были локализованы, главным образом, в зоне поздней древесины (рис. 1), что присуще и ксилеме ствола.

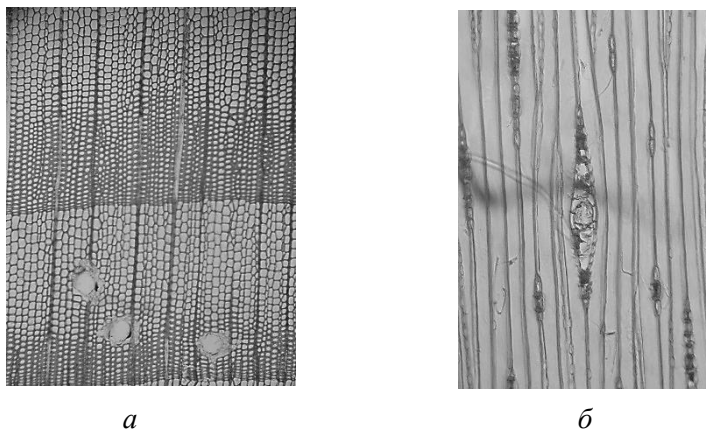


Рис. 1. Вертикальные (а) и горизонтальные (б) смоляные ходы в древесине сосны

В трахеидах центральной части древесины корня были выявлены многочисленные разветвленные гифы базидиальных грибов. Их мицелиальный таллом представлен достаточно толстыми септированными скелетными (диаметр 4,1...4,3 мкм) и боковыми тонкими (2,1...2,5 мкм) гифами, расположенными в полостях трахеид вдоль внутренних оболочек их клеточных стенок (рис. 2).

Тонкие гифы мицелия были сильно разветвленными и проникали в смежные трахеиды через отверстия пор. В клетках паренхимы древесных лучей также обнаружены тонкие септированные разветвленные гифы (диаметр 1,5...2,0 мкм). Однако выраженных проявлений разрушения клеточных оболочек трахеид, лизиса паренхимы, образования в тканях растения некротических очагов или других признаков патогенеза в исследованных образцах древесины не наблюдалось. Отсутствие последствий явной деструкции свидетельствует, что обнаруженные эндофитные грибы в тканях исследуемых растений были сбалансированными биотрофами.



Рис. 2. Гифы базидиальных грибов в древесине корневых систем

Важным показателем нормального развития ксилемы является формирование древесных лучей, которые выполняют в тканях растений транспортную, трофическую и запасную функции. В древесине корня и ствола сосны обыкновенной формировались лучи двух типов – однорядные и широкие многорядные со смоляными ходами. Однорядные лучи состояли из клеток живой паренхимы. Верхние и нижние терминальные строки клеток имели несколько одревесневшие толстые клеточные оболочки с небольшими окаймленными порами. На начальных стадиях развития они сохраняли живой протопласт, но со временем клетки превращались в трахеидные элементы, которые обеспечивали радиальный транспорт воды и растворов макро- и микроэлементов. Лучи со смоляными ходами в их центральной части были очень расширены.

Внутренние центральные слои древесины корня представлены типичными для сосны трахеидами с равными клеточными стенками. В древесине периферической части сердцевинные лучи на радиальных срезах некоторых образцов располагались относительно трахеид под острым углом ($52...64^\circ$). Кроме того, особенностью анатомического строения трахеид корней сосны обыкновенной в условиях свежих суборей было то, что характер их расположения, морфология и архитектура имели сложные отклонения, не типичные для древесины ствола.

Еще в 1931 г. А.Б. Жуков [7] считал необходимым установить внешние признаки древесины, по которым можно судить о ее свойствах. При этом важно изучить влияние условий произрастания, хозяйственных мероприятий на показатели физико-механических свойств древесины. По его убеждению, установление зависимостей между перечисленными выше факторами дает возможность лесохозяйственному производству ввести ряд мер для увеличения продуктивности лесных насаждений и улучшения качества продукции лесного комплекса. По результатам исследований древесины сосны в условиях украинского Полесья им разработаны выводы и рекомендации, актуальные

и сегодня. Различие условий роста сосняков накладывает определенные особенности как на формирование общей фитомассы древесины, так и на строение древостоев по таксационным признакам.

Для изучения различий в показателях физико-механических свойств древесины ствола и корневой системы в насаждениях разного возраста отбирали средние по рангу модельные деревья. Л.М. Перельгин [19] утверждал, что ширина годичных колец зависит от продолжительности вегетационного периода. Между шириной годичных колец и показателями физико-механических свойств древесины существует корреляционная связь. При этом для каждой породы имеется свой минимум и максимум ширины годичных колец, ниже и выше которых эти показатели древесины снижаются, т. е. существует оптимальная ширина годичных слоев, которая изменяется в определенных пределах. Это, в первую очередь, зависит от лесорастительных условий, способов создания и выращивания насаждений, их возраста. Следует отметить, что в нижней части, в месте перехода ствола в корневую систему, наблюдается увеличение ширины годичных колец, связанное, прежде всего, с противодействием ствола ветровым нагрузкам, которые распределяются между стволом и корневой системой. В связи с тем, что поздняя древесина имеет лучшие физико-механические свойства, то от ее содержания зависят удельный вес и прочностные характеристики. Однако, по мнению Л.М. Перельгина [20], у хвойных пород, в частности у сосны, ширина годичных колец увеличивается за счет обеих зон, хотя соотношение между ними может быть различным. Соответственно появляются особенности зависимости показателей физико-механических свойств древесины от ширины годичных колец. Это показательно для древесины корневых систем.

Подземная часть древесных пород – сложная биологическая саморегулирующаяся система, которая объединяет корни различного функционального назначения, строения и организации [2, 9, 11]. Кроме физиологически активных, древесные растения имеют большое количество скелетных корней, выполняющих не только технические функции, но и обеспечивающих непрерывный рост всасывающих корешков. В процессе роста и развития древесных растений происходит перераспределение и оптимизация структуры фитомассы. Так, с возрастом уменьшается относительная масса корневых систем и ассимиляционного аппарата и растет относительная фитомасса стволовой древесины. При этом рост корней у древесных растений начинается до появления листьев и хвои. В условиях украинского Полесья рост корней сосны обыкновенной начинается со второй половины апреля и заканчивается после замерзания почвы. Оптимальная температура, при которой наблюдается максимальный прирост корней, составляет 16,5 °С [6]. У сосны, как и у большинства древесных пород, отмечаются весенний и осенний максимумы роста корней. В засушливый период прирост корней в длину замедляется и даже приостанавливается.

По данным Н.П. Ремезова и П.С. Погребняка [21], на жизнедеятельность корневых систем древесных пород существенно влияют глубина и продолжи-

тельность промерзания почвы и температура в период оттаивания. При этом интенсивный рост корней происходит при температуре почвы выше $+5,0^{\circ}\text{C}$. Успешное развитие корневых систем осуществляется при активной деятельности ассимиляционного аппарата.

Поскольку главной функцией больших по размерам корней является перенос воды, то их древесина представлена тонкостенными элементами. Вследствие этого у нее рыхлое, пористое строение [20]. В корнях сосны обыкновенной отсутствует сердцевина. Центральная часть в поперечном сечении имеет звездообразную форму или форму эллипса с тремя лучами. Годовые кольца четко выявлены, переход от ранних трахеид к поздним постепенный.

Исследования показали, что промышленные запасы корневой древесины в 90-летних сосновых насаждениях составляют около 10 % от запаса стволовой (табл. 1).

Таблица 1

Масса древесины корневой системы и общий объем керна пенька в зависимости от диаметра (свежесрубленное состояние)

Диаметр, см		Объем ствола, м^3	Масса корневой системы, кг		Объем керна пенька, м^3 , при плотности, $\text{кг}/\text{м}^3$	
пенька	ствола на высоте 1,3 м		общая	керна пенька	680	916
38	32	0,98	205	110	0,16	0,12
42	36	1,29	230	125	0,18	0,13
48	42	1,81	280	145	0,21	0,15
48	42	1,81	210	105	0,15	0,11
52	46	2,19	290	170	0,25	0,18
56	50	2,61	390	225	0,33	0,24

Помимо определения объема керна подземной части, определяли и общую массу и массу керна корневой системы (рис. 3).



Рис. 3. Определение массы центральной части корневой системы

По приведенным в табл. 3 данным масса корневой системы с увеличением объема ствола растет. Вместе с тем, с увеличением диаметра ствола соотношение объемов корневой системы и ствола уменьшается. Масса керна древесины в условиях свежих суборей 85-летних насаждений находится в пределах 150...330 кг, в пересчете на 1 га масса корней равна 45...50 т, что отличается от данных В.К. Мякушко [17], по которым в сосновых насаждениях масса корней с комлевой частью составляет 24...25 т/га. Следует отметить, что показатели физико-механических свойств древесины корневой системы и древесины ствола заметно отличаются. Проведенные лабораторные исследования показывают, что условная плотность древесины корневой системы на 8...10 % ниже аналогичного показателя стволовой древесины, что не могло не сказаться на физико-механических свойствах (табл. 2). Так, при сжатии древесины поперек волокон разница между древесиной ствола и корневой древесиной незначительна. Однако при сжатии вдоль волокон прочность древесины корневой системы на 18 % ниже стволовой.

Таблица 2

**Показатели физико-механических свойств древесины ствола
и корневой системы сосны обыкновенной**

Древесина	Предел прочности, кг/см ² , при влажности 12 % и сжатии		Условная плотность, кг/м ³
	вдоль волокон	поперек волокон	
Стволовая	609	78	546
Корневая	502	81	490

В практике осуществления лесовосстановительных работ на нераскорчеванных вырубках встает вопрос подготовки лесокультурных площадей под искусственные насаждения, что связано с минимизацией помех, которые создают пеньки, оставленные после валки деревьев. По данным В.К. Мякушко [17] и М.И. Калинина [9, 10], после валки деревьев в почве остаются пеньки и корни, на которые в сосновых насаждениях приходится от 15 до 25 % стволовой древесины.

Распределение фитомассы насаждений по фракциям варьирует в зависимости от климатических условий, возраста, типа, полноты насаждений и характеризуется следующими показателями: в древесине стволов сосредоточено до 70 % фитомассы древостоев, хвоя и листья составляют 7, ветви – 20 %. На корневые системы приходится около 23 % [11].

Учитывая данные М.И. Гордиенко [6] и М.И. Калинина [9, 10], при разработке рекомендаций по совершенствованию лесохозяйственных мероприятий, направленных на повышение продуктивности насаждений, необходимо большое внимание уделять изучению роста и развития корневых систем. Результаты исследований позволяют вносить коррективы в технологии, связанные с воспроизведением лесов, проведением рубок ухода. Из данных М.И. Калинина следует, что сосновые насаждения в молодом возрасте целе-

сообразно выращивать густыми, что способствует интенсивному развитию корневой системы, повышению полндревесности стержневого корня. Для уменьшения биологической напряженности в корненаселенных горизонтах почвы разреживать посадки следует в 20–35-летнем возрасте, когда прирост корней достигает максимального значения.

Начиная с 50–60-х гг. XX в., в лесной отрасли сложилось особое направление, связанное с возможностью использования одного из лесосырьевых компонентов фитомассы дерева – корневой системы. Для прогнозируемой оценки ее запасов учеными был разработан целый ряд материалов [7, 9, 10, 17].

По данным Н.А. Воронкова [5], наиболее интенсивно корни растут в первые годы жизни растений. Так, корневые системы сосновых культур достигают близких к максимальным размерам уже в 10–12 лет. Именно в этом возрасте формируется водный режим почв, который практически не меняется в течение всего срока выращивания древостоев. В насаждениях, которые сомкнулись, наблюдается замедление роста корневых систем, что является одной из причин «критического возраста» в жизни насаждений [3].

При изучении фитомассы корневых систем М.Г. Семечкиной [22] было установлено, что запас корневых систем в 22-летних сосновых насаждениях в свежесрубленном состоянии составляет 19,6 % от всей массы надземной части древостоя. Основная масса корней находится в 50-сантиметровом слое почвы. Наибольшая часть массы корневой системы приходится на стержневой корень. При этом доля корневых систем от общей массы деревьев с увеличением степеней толщины уменьшается. Условная плотность древесины корневой системы близка к стволковой древесине и составляет 360...390 кг/м³.

Вместе с тем, при ежегодной заготовке в Украине около 3,5 млн м³ древесины сосны неиспользованными остаются 250...300 тыс. м³ корневой фитомассы. Сюда относится древесина пенька и центральной подземной части стержневого корня, которая является прекрасным сырьем для химической промышленности (получение канифоли, скипидара и др.). Ее можно использовать в целлюлозно-бумажной промышленности, производстве древесных плит.

При обследовании закультивированных свежих вырубок с количеством пней 600 шт./га, М.Д. Мерзленко и Н.А. Бабиным установлено [15], что истинная густота посадки составляет 83 % от запланированной. Кроме того, пеньки, которые остаются в почве, создают соответствующие трудности при проведении ухода за культурами. На нераскорчеванных рубках увеличивается расстояние между рядами, учащаются разрывы плужных борозд.

Корчевание пней на рубках, как и валка деревьев с корнями, не обеспечивают желаемых результатов в связи с высокой стоимостью работ, нарушением естественного состава генетических горизонтов, изменением физико-механических свойств почвы. Как отмечает М.И. Гордиенко и др. [6], корчевание пней приводит к снижению плодородия почвы, подавляет рост и развитие саженцев. Лесохозяйственные предприятия в целях эффективного использования машин и механизмов при лесовосстановлении подготовку лесокультурных

площадей осуществляют понижением высоты пней на вырубках. На целесообразность проведения такого мероприятия указывает ряд авторов [1, 6].

Наиболее распространенными являются способы понижения высоты пней специальными машинами и бензомоторными пилами, а также валка деревьев с применением максимально низких срезов стволов. Сотрудниками кафедры лесных культур Национального университета биоресурсов и природопользования Украины и Боярской ЛДС разработан и предложен способ, который позволяет сваливать деревья с оставлением пеньков высотой 10...12 см [6]. Применение этого способа заключается в своевременной, до момента валки деревьев, вырезке прикорневых бугорков на высоту до 20 см.

Однако понижение пней и применение максимально низких срезов при рубках главного пользования создают недостаточные условия для проведения качественной обработки искусственных насаждений, поскольку работа почвообрабатывающей техники ограничивается наличием в почве корневых систем. Цифровой характеристикой условий обработки на срубках Э. Лаас [13] считает показатель, определяемый площадью сечения пней. При проектной густоте посадки 6 тыс. шт./га фактическая густота составляет 60...90 % от запланированной. При механизированных способах обработки количество посадочных мест зависит от площади сечения пней с показателем 20...70 м²/га. Ученым установлена зависимость количества посадочных мест от площади сечения пней. Возникает вопрос о возможности изъятия центральной части корневой системы при проведении подготовки лесокультурных площадей. В таком случае следует установить зависимость общего объема корневой системы и ее стволовой части от диаметра дерева на высоте груди и бонитета насаждений с последующим применением нормативов учета лесной продукции.

Низкий коэффициент использования древесного сырья в народном хозяйстве указывает на необходимость разработки современных технологий, направленных на комплексное использование древесины. Анализ публикаций [11, 12] показывает, что запасы пневой древесины в условиях свежих суборей составляют от 5 до 15 % запасов стволовой древесины, или 30...40 м³/га. При этом на надземную часть приходится 15...20 %, на подземную – 80...85 %. Извлечение этого сырья даст возможность использовать неликвидную древесину для энергетических целей, что позволит компенсировать затраты на воспроизводство лесов.

В целях разработки рекомендаций по совершенствованию агротехники создания искусственных насаждений в условиях свежих суборей в 2009–2011 гг. проведена закладка опытно-производственных культур на вырубках с количеством пней 450...600 шт./га. Обработку почвы осуществляли плугом ПКЛ-70 с последующей посадкой семян в дно борозды. Были измерены длины минерализованных борозд и их разрывы. Результаты исследований показали, что фактическая густота посадки составляет 85...80 % от запланированной. Это происходит из-за того, что за счет непрямолинейности борозд значительно увеличивается расстояние между ними. Кроме того, имеют место разрывы

(до 15...17 %) на линиях гона. Основной причиной появления разрывов служат пни и корневые лапы. При обследовании закультивированных свежих вырубок с количеством пней 600 шт./га установлена фактическая густота посадки, составляющая 83...85% от запланированной, что отмечалось ранее [15].

Традиционно посадку древесных растений производят с шириной междурядий 1,5...2,5 м, расстоянием между саженцами в ряду 0,5...0,7 м, густотой посадки саженцев 10...12 тыс. шт./га. В 4–5-летнем возрасте удаляют отстающие в росте деревья и доводят густоту насаждений до 7...8 тыс. шт. В 9–10-летнем возрасте выполняют выборочное прореживание насаждений и обеспечивают их густоту до 6...7 тыс./га. Через каждые 7–10 лет, до 40-летнего возраста, из лучших деревьев формируют насаждения плотностью 1,5...2,0 тыс./га. Однако использование машин и механизмов при создании искусственных насаждений на нераскорчеванных вырубках ограничено; значительное количество операций приходится выполнять вручную. Поэтому при воспроизведении насаждений на упомянутых категориях лесокультурных площадей ставилась задача обеспечить приживаемость и сохранение древесных растений с одновременным сохранением плодородия почвы и ее структуры. Поставленная задача решается путем изъятия наземной и подземной частей пней на определенную глубину с оставлением при этом боковых корней [18]. Диаметр части пенька, которая вырезается, зависит от среднего диаметра древостоя. После рубки спелых сосновых насаждений со средним диаметром 36...44 см вырезанию на глубину 40...50 см подлежит центральная часть корневой системы диаметром 55...65 см и общим объемом 0,20...0,25 м³. Вырезание пней проводится на всей территории лесокультурной площади.

Таким образом, реализация предложенного способа позволяет формировать полноценные искусственные насаждения в течение короткого срока с высокой общей производительностью. Экологическая оценка способа объективно свидетельствует об отсутствии различных аномалий в насаждениях (ухудшение структуры и плодородия почвы, массовое заселение и распространение насекомых–фитофагов, нарушение биоценотического равновесия).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агапонов Н.Н. Понижение пней для облесения вырубок // Лесоводство и агролесомелиорация. К.: Урожай, 1983. Вып. 66. С. 42–45.
2. Алькин Н.Ф. Определение объема почвенного кома при выращивании посадочного материала в контейнерах // Лесн. хоз-во. 1982. № 10. С. 31–33.
3. Ахромейко А.И. Роль микориз в жизни леса // Лесн. хоз-во. 1950. № 5. С. 18–24.
4. Волчков В.Е. Характеристика степени развития корневой системы сеянцев некоторых древесных пород // Лесохозяйственная наука и практика. Минск: Ураджай, 1971. Вып. 21. С. 40 – 43.
5. Воронков Н.А. Влагооборот и влагообеспеченность сосновых насаждений (по материалам исследований на песчаных почвах засушливых областей). М.: Лесн. пром-сть, 1973. 184 с.

6. Гордієнко М.І., Шлапак В.П., Гойчук А.Ф., Рибак В.О., Маурер В.М., Гордієнко М.Н., Ковалевський С.Б. Культури сосни звичайної в Україні. К.: Інститут аграрної економіки УААН, 2002. 872 с.

7. Жуков А.Б. Технічні властивості деревини сосни з лісів України. К.: ДВОУ «Держтехвидав», 1931. Ч. 1: Вплив умов місця зростання на технічні властивості соснової деревини. 80 с.

8. Ильинский В.В. Биомасса сосны в насаждениях различных бонитетов // Лесн. хоз-во. 1968. № 3. С. 34.

9. Калинин М.И. Корневые системы деревьев и повышение продуктивности леса. Львов: Вища школа, 1975. 175 с.

10. Калинин М.И. Формирование корневой системы деревьев. М.: Лесн. пром-сть, 1983. 152 с.

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

12. Кофман Г.Б. Рост и форма деревьев. Новосибирск : Наука, 1966. 211 с.

13. Лаас Эйно. О первоначальной густоте сосновых культур при механической обработке почвы в юго-восточной части Эстонии // Повышение производительности лесов и улучшение лесного фонда Эстонской ССР: сб. науч. тр. Эстонской с.-х. акад. Тарту, 1980. Вып. 128. С. 37–49.

14. Лозинев Г.Л. Особенности пространственного распределения подземных частей растений в лесных биогеоценозах Подмосковья // Лесоведение. 1980. № 1. С. 58–63.

15. Мерзленко М.Д., Бабич Н.А. Теория и практика выращивания сосны и ели в культурах. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2002. 220 с.

16. Морозов Г.Ф. Учение о лесе. Л.; М.: ГИЗ, 1924. 404 с.

17. Мякушко В.К. Сосновые леса равнинной части УССР. К.: Наук. думка, 1978. 256 с.

18. Пат. 69485 Україна, A01G23/00. Спосіб підготовки лісокультурної площі для створення штучних насаджень / Гриб В.М. ; Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України. № u2011 13612; заявл. 18.11.2011; опубл. 25.04.2012, Бюл. № 8.

19. Перелыгин Л.М. Изменение физико-механических свойств древесины сосны и березы по классам развития и возраста // Лесн. хоз-во. 1953. № 5. С. 3–5.

20. Перелыгин Л.М. Строение древесины. М.: Изд-во АН СССР, 1954. 199 с.

21. Ремезов Н.П., Погребняк П.С. Лесное почвоведение. М.: Лесн. пром-сть, 1965. 325 с.

22. Семечкина М.Г. Структура фитомассы сосняков / Отв. ред. А.И. Бузыкин. Новосибирск, 1978. 166 с.

Поступила 20.12.13

UDC 630*232.114

Features of the Root Systems Structure of Scots Pine and Their Impact on the Reforestation Quality

V.M. Gryb, *Candidate of Agriculture, Associate Professor*

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Heroyiv Oborony, 15, Kiev, 03041, Ukraine; e-mail: gribvm@ukr.net

Multilateral research and the subsequent analysis of wood structure indicators of root systems were conducted. Physico-mechanical properties of the wood of the trunk and root system are

considered, the results of determining of the root system biomass are presented depending on the diameter of the tree. It has been found that industrial stocks of root wood in mature pine stands are within 10–12 % from the stocks of stem wood that is 40–50 m³ per one hectare. The ratio of root system volume to the total volume of the trunk is reducing with increasing of the average stand diameter. During the reforestation on the not uprooted felling there is a question about preparation of the silvicultural areas for the artificial stands, what is associated with minimization of the hindrances, which are created by stumps, left after the felling. Removing of this wood during the preparation of the silvicultural areas will provide favorable conditions for the operation of machines and mechanisms and will allow to form full artificial plantations with a high overall productivity as well. The technologies of preparation of the silvicultural areas have been developed with using of the new mechanisms.

Keywords: root system, the structure of wood, stocks of stump wood, reforestation.

REFERENCES

1. Agaponov N.N. Ponizhenie pney dlya obleseniya vyrubok [Lowering the Stumps for Afforestation]. *Lesovodstvo i agrolesomelioratsiya*, Kiev, 1983, vol. 66, pp. 42–45.
2. Al'kin N.F. Opredelenie ob"ema pochvennogo koma pri vyrashchivanii posadochnogo materiala v konteynerakh [Determination of the Soil Clod Volume in the Growing of Planting Stock in Containers]. *Lesnoe khozyaystvo*, 1982, no. 10, pp. 31–33.
3. Akhromeyko A.I. Rol' mikoriz v zhizni lesa [The Role of Mycorrhiza in Forest Life]. *Lesnoe khozyaystvo*, 1950, no. 5, pp. 18–24.
4. Volchikov V.E. Kharakteristika stepeni razvitiya kornevoy sistemy seyantsev nekotorykh drevesnykh porod [Degree Characteristics of Development of the Root System of Tree Seedlings]. *Lesokhozyaystvennaya nauka i praktika*, Minsk, 1971, vol. 21, pp. 40–43.
5. Voronkov N.A. Vлагооборот i влагообеспеченность сосновых насаждений (по материалам исследований на песчаных почвах засушливых областей) [The Moisture Cycle and Moisture Supply of the Pine Stands (Based on Research on the Sandy Soils of Arid Regions)]. Moscow, 1973. 184 p.
6. Gordijenko M.I., Shlapak V.P., Goychuk A.F., Rybak V.O., Maurer V.V., Godijenko M.N., Kovalevskiy S.B. Kul'tury sosny zvyhajnoi' v Ukraini [Scotch Pine Crops in Ukraine]. Kiev, 2002. 872 p.
7. Zhukov A.B. Tehnichni vlastyvoli derevyny sosny z lisiv Ukrainy [Technical Properties of Pine Wood from Ukrainian Forests]. *Ch. 1: Vplyv umov mistsja zrostannja na tehnichni vlastyvoli* [P.1: Influence of Growth Places on the Technical Properties of Pine Wood]. 1931. 80 p.
8. Il'inskiy V.V. Boimassa sosny v nasazhdeniyakh razlichnykh bonitetov [Pine Biomass in the Stands of Different Growth Classes]. *Lesnoe khozyaystvo*, 1968, no. 3. 34 p.
9. Kalinin M.I. Kornevye sistemy derev'ev i povyshenie produktivnosti lesa [The Root Systems of Trees and Forest Productivity Increasing]. Lvov, 1975. 175 p.
10. Kalinin M.I. Formirovanie kornevoy sistemy derev'ev [Formation of the Trees Root System]. Moscow, 1983. 152 p.
11. Karpachevskiy L.O. Les i lesnye pochvy [Forest and Forest Soils]. Moscow, 1981. 264 p.
12. Kofman G.B. Rost i forma derev'ev [The Growth and Form of Trees]. Novosibirsk, 1966. 211 p.

13. Laas Eyno O pervonachal'noy gustote sosnovykh kul'tur pri mekhanicheskoy obrabotke pochvy v yugo-vostochnoy chasti Estonii [About the Initial Density of Pine Crops During Mechanical Soil Treatment in South-Eastern Estonia]. *Trudy po lesnomu khozyaystvu – povyshenie proizvoditel'nosti lesov i uluchshenie lesnogo fonda Estonskoy SSR: sb.nauch. tr. Estonskoy s.-kh. akad* [Forestry Proc. - Increasing of Forest Productivity and Improving the Forest Fund of Estonian SSR: Collected Papers of Estonian Agricultural Academy]. Tartu, 1980, vol. 128, pp. 37–49.

14. Lozinov G.L. Osobennosti prostranstvennogo raspredeleniya podzemnykh chastey rasteniy v lesnykh biogeotsenozakh Podmoskov'ya [Features of the Spatial Distribution of Underground Parts of Plants in the Forest Biogeocenoses in the Moscow Region]. *Lesovedenie*, 1980, no. 1, pp. 58–63.

15. Merzlenko M.D., Babich N.A. *Teoriya i praktika vyrashchivaniya sosny i eli v kul'turakh* [Theory and Practice of Growing Pine and Spruce in Crops]. Arhangelsk, 2002. 220 p.

16. Morozov G.F. *Uchenie o lese* [Study about the Forest]. Leningrad, 1924. 404 p.

17. Myakushko V.K. *Sosnovye lesa ravninnoy chasti USSR* [Pine Forests of the Champaign Part of USSR]. Kiev, 1978. 256 p.

18. Gryb V.M. *Sposib pidgotovky lisokul'turnoi' ploshhi dlja stvorennja sztuchnyh nasadzen'* [The Method of Preparation of Silvicultural Areas for the Creation of Artificial Stands]. Patent Ukraine, no. 69485 A01G23/00, 2012.

19. Perelygin L.M. Izmenenie fiziko-mekhanicheskikh svoystv drevesiny sosny i berezy po klassam razvitiya i vozrasta [Changes in the Physical and Mechanical Properties of Pine and Birch Wood on Development and Age Classes]. *Lesnoe khozyaystvo*, 1953, no. 5, pp. 3–5.

20. Perelygin L.M. *Stroenie drevesiny* [Wood structure]. Moscow, 1954. 199 p.

21. Remezov N.P., Pogrebnyak P.S. *Lesnoe pochvovedenie* [Forest Soil Science]. Moscow, 1965. 325 p.

22. Semechkina M.G. *Struktura fitomassy sosnyakov* [Structure of the Phytomass of Pine Forests]. Novosibirsk, 1978. 166 p.

Received on December, 20, 2013

УДК 581.3:582.47

**МИКРОФЕНОЛОГИЯ ЖЕНСКОГО РЕПРОДУКТИВНОГО ЦИКЛА
И СТРУКТУРА УРОЖАЕВ СЕМЯН СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ
В СЕВЕРНОЙ ТАЙГЕ***© *М.В. Сурсо, д-р с.-х. наук, ст. научн. сотр.*

Институт экологических проблем Севера Уральского отделения РАН, наб. Северной Двины, 23, г. Архангельск, Россия, 163000; e-mail: surso@ierp.ru

На основе изучения гистологических препаратов дано описание микрофенологии женского репродуктивного цикла сосны обыкновенной в северной подзоне тайги. Выявлены нарушения в гистогенезе женских репродуктивных структур, приводящие к деструктивному типу развития семязачатков и, как следствие, к общему снижению качества семян. Показано, что в северной подзоне тайги у сосны к моменту опыления лишь несколько десятых долей процента от общего количества семязачатков в фертильной зоне макростробилов подвергаются некрозам. Дифференциация будущего урожая по качеству семян начинается вскоре после опыления. Основными причинами, приводящими к некрозу семязачатков, являются отсутствие опыления, низкая жизнеспособность или стерильность мужского и (или) женского гаметофитов, гейтоногамный тип опыления. В случае гибели семязачатка вскоре после опыления, до начала формирования нуклеарного гаметофита, на кончике крылатки остается лишь едва заметное пикнотическое образование. Если некроз семязачатка происходит на стадии формирования нуклеарного гаметофита или на начальной стадии формирования клеточного гаметофита. При этом развивается черездзерница – очень мелкие семена, по сути засохшие семязачатки, с полностью некротизированным внутренним содержимым и недоразвитой семенной кожурой. Гибель семязачатков на более поздних стадиях эмбрионального развития приводит к образованию пустых («глухих») семян, по размерам близких к нормально развитым (выполненным), но с полностью деструктурированными мягкими тканями. Соотношение этих категорий семян в структуре общего урожая в популяции, у отдельного дерева и в каждом отдельном стробиле сильно варьирует. В ходе экспериментов по искусственному опылению сосны описана динамика деградиционных процессов в семязачатках сосны в зависимости от условий и типа опыления. В неопыленных стробилах сосны дегенерация тканей семязачатков наблюдалась уже через 5...7 дн. после окончания периода рецептации, уже через 2 нед. в неопыленных стробилах не было ни одного нормально функционирующего семязачатка. Через 30 дн. почти все неопыленные семязачатки погибли. Массовый отпад неопыленных стробилов, начавшийся почти одновременно у всех деревьев в конце первой декады июля, примерно через 70 дн. после «цветения» сосны завершился практически полной гибелью всех шишек. Дегенерация тканей семязачатков, опыленных некротизированной пылью, протекала медленнее, чем не опыленных, и в ряде случаев к концу вегетации в этом варианте опытов наблюдались нормально

*Исследования выполнены при финансовой поддержке ФАНО России в рамках проекта № 410-2014-0025 «Структура и динамика компонентов лесных сообществ Европейского Севера России».

функционирующие ядерные гаметофиты. При гейтоногамии число семязачатков, погибших на ранних стадиях развития, было значительно больше, чем при ксеногамии, что выражалось и в большем отпаде стробилов. В дальнейшем все структуры семязачатка развивались нормально до момента оплодотворения. При гейтоногамии снижались средняя масса зрелых шишек, среднее количество и общая масса семян в одной шишке, а также жизнеспособность семян, их техническая всхожесть и энергия прорастания, возрастала черешерность. При этом линейные размеры шишек, масса 1000 шт. выполненных семян, их абсолютная всхожесть, средний семенной покой и длина гипокотыля не изменялись по сравнению с ксеногамным типом опыления. Совершенно иные способы взаимной интеракции наблюдались при опылении ослабленной пыльцой. Опыление такой пыльцой приводило к различным отклонениям от нормального развития семязачатков. Во всех вариантах опытов тесная положительная корреляция между процентом дегенерировавших семязачатков и процентом погибших стробилов наблюдалась только в год опыления.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, женские репродуктивные структуры, гистогенез, феноритмика, семена.

Введение

Качество семян анемофильных хвойных видов определяется эффективностью опыления и последующей интеракцией между пыльцевой трубкой и ее структурами с тканями и структурами мегаспорангия и женского гаметофита. Такой сложный характер взаимодействия подтверждается исследованиями биологии опыления и оплодотворения, опытами по контролируемому опылению, искусственному межвидовому и межродовому скрещиванию.

Наличие фертильной пыльцы на нуцеллусе семязачатка является необходимым условием для формирования полноценных семян [20]. Случаи партенокарпии у хвойных видов были описаны для *Pseudotsuga*, *Larix* и *Picea* [6, 18]. Партеногенетическое деление неоплодотворенного ядра яйцеклетки было обнаружено у отдельных особей *Pinus sylvestris*, *P. sibirica* и *Abies sibirica*, имевших врожденные аномалии развития [5]. Однако попытки индуцировать стимулятивный тип партенокарпии у сосны экстрактами биологически активных веществ из свежесобранной пыльцы и опылением семяпочек некротированной пыльцой окончились неудачей. Последовательные стадии деградации семязачатков в неопыленных стробилах *Pinus nigra* и динамика отпада таких стробилов были показаны Дж. Р. МакВильямом [13]. У *P. sylvestris* гибель неопыленных стробилов происходит уже в первый вегетационный период [19]. Развитие семязачатка в этом случае прекращается на стадии тетрады (триады) макроспор [3]. В единичных случаях неопыленные женские шишки достигают зрелости, однако ни выполненных, ни пустых семян в них не обнаружено.

У *Pinaceae* нет эффективных механизмов, препятствующих самоопылению и самооплодотворению. До оплодотворения развитие семязачатков

у сосны при гейтоно- и ксеногамии отличается мало. При самоопылении не наблюдается заметных отклонений от нормы по скорости роста пыльцевых трубок, нет существенных нарушений в микрогаметогенезе, ткани женского гаметофита также развиваются нормально и оплодотворение протекает успешно. Отсутствие барьеров самооплодотворения у *Pinaceae* во многом обусловлено отсутствием механизма двойного оплодотворения [16]. Это нашло подтверждение в многочисленных, хотя и не всегда успешных, опытах по межвидовым и межродовым скрещиваниям [1, 9, 10, 12, 14].

Последствия самоопыления и самооплодотворения у *Pinaceae* начинают проявляться в проэмбриогенезе и раннем эмбриогенезе из-за физиологической несовместимости тканей зародыша и женского гаметофита [7, 8, 15, 17, 19]. Все эти нарушения приводят к увеличению процента выхода пустых семян [11].

Материалы и методы

Исходный материал для анализа был собран в северотаежных популяциях сосны (север Архангельской области) в период с 1986 по 2012 гг. Опытные участки представляли собой сосняки X–XII классов возраста различных типов леса. Женские шишки и семязачатки сосны на разных стадиях развития темпорально фиксировали по Навашину, Карнуа или в уксусном спирте. Периодичность фиксаций определялась стадией развития репродуктивных структур и составляла от 1...2 до 10...15 дн. При изготовлении постоянных микротомных препаратов использовали общепринятую последовательность процедур [4]. Микротомные срезы толщиной 8...10 мкм окрашивали ацето-железным гематоксилином по Гейденгайну, галлоцианином или метиловым зеленым – пиронином G [2]. При необходимости окрашенные срезы дифференцировали, после чего помещали в канадский бальзам. Просмотр и фотографирование изображений выполняли при помощи лабораторного микроскопа AxioScope A1 в комплекте с цифровой фотокамерой Canon G10. Редактирование изображений производили при помощи лицензионной программы AxioVision LE Release 4.8.1.

При изучении структуры урожаев семян объем выборки в каждой популяции составлял 30...40 деревьев. С каждого дерева отбирали индивидуальный образец шишек. Количество шишек в образце составляло не менее 20. После высушивания шишек из них извлекали все семена, при необходимости шишки для этого разрушали. Обескрыленные семена сортировали по следующим категориям: выполненные, пустые, недоразвитые, механически поврежденные. Выполненные и пустые семена разделяли механическим путем. Определяли процентное соотношение разных категорий семян, их среднее количество в одной шишке, массу 1000 шт. выполненных семян.

Опыты по искусственному опылению сосны проводили в искусственных посадках плантационного типа. Испытывали следующие варианты: изоляция без опыления; ксеногамия; гейтоногамия; опыление пылью, некроти-

рованной высокотемпературным шоком. Использовали пыльцу, полученную в год проведения опытов. Пыльцу получали в лабораторных условиях, помещая ветви с микростробилами в вазоны с водой. При этом смешивание пыльцы разных деревьев исключалось. После высыпания пыльцу просеивали через мелкие сита, до использования ее хранили в эксикаторах над хлористым кальцием при температуре 0...+2 °С. Изоляцию макростробилов производили до начала пыления единичных деревьев. Из-под изоляторов удаляли все мужские шишки (кроме вариантов с гейтоногамным опылением). В качестве изоляторов использовали пакеты из плотного полиэтилена. Искусственное опыление проводили в фазе «открытая шишка», съемку изоляторов – после окончания «цветения». Учет сохранности стробилов в разных вариантах опытов проводили с различной периодичностью, в зависимости от стадии развития семязачатков. После сбора созревших опытных шишек делали их морфометрию и извлекали из них все семена. Опытные семена анализировали путем проращивания на гидропонике, взрезывания или рентгенографически. Семена подразделяли на следующие категории: 1 – недоразвитые (семязачатки, погибшие на ранних стадиях развития); 2 – пустые; 3 – поврежденные (с поврежденными энтомофитами наружными покровами, склерофицированными эндоспермами); 4 – выполненные.

Результаты и обсуждение

Полный генеративный цикл у сосны обыкновенной составляет 3 года. Макростробилы закладываются латерально вблизи апекса ауксипластов. К концу первого года зачаточные макростробилы состоят из покровных чешуй и примордиев бракт в нижней части стробилов. Формирование тканей семязачатка начинается на второй год, незадолго до опыления. Ко времени опыления, которое в северной тайге на широте Архангельска чаще всего происходит в конце второй декады июня, семязачатки сосны дифференцированы на интегумент, состоящий из 3-4 рядов клеток, и нуцеллус. Мейоз материнских клеток макроспор наблюдается в конце периода рецептации или вскоре после опыления. Развитие нуклеарного гаметофита продолжается до конца второго вегетационного периода. В начале третьего вегетационного периода в женском гаметофите возобновляются свободнаядерные деления. Инициали архегониев появляются уже в начале формирования клеточного гаметофита. Оплодотворение у сосны происходит примерно через 13 мес. после опыления. На широте Архангельска оно случается обычно в середине июля. Морфологическая дифференциация зародышей у сосны обыкновенной на севере Архангельской области заканчивается в конце августа. Феноритмика женского репродуктивного цикла сосны обыкновенной (рис. 1) адаптирована к климату и может быть описана в терминах сумм эффективных температур, выраженных в процентах от их среднемноголетних значений (табл. 1).

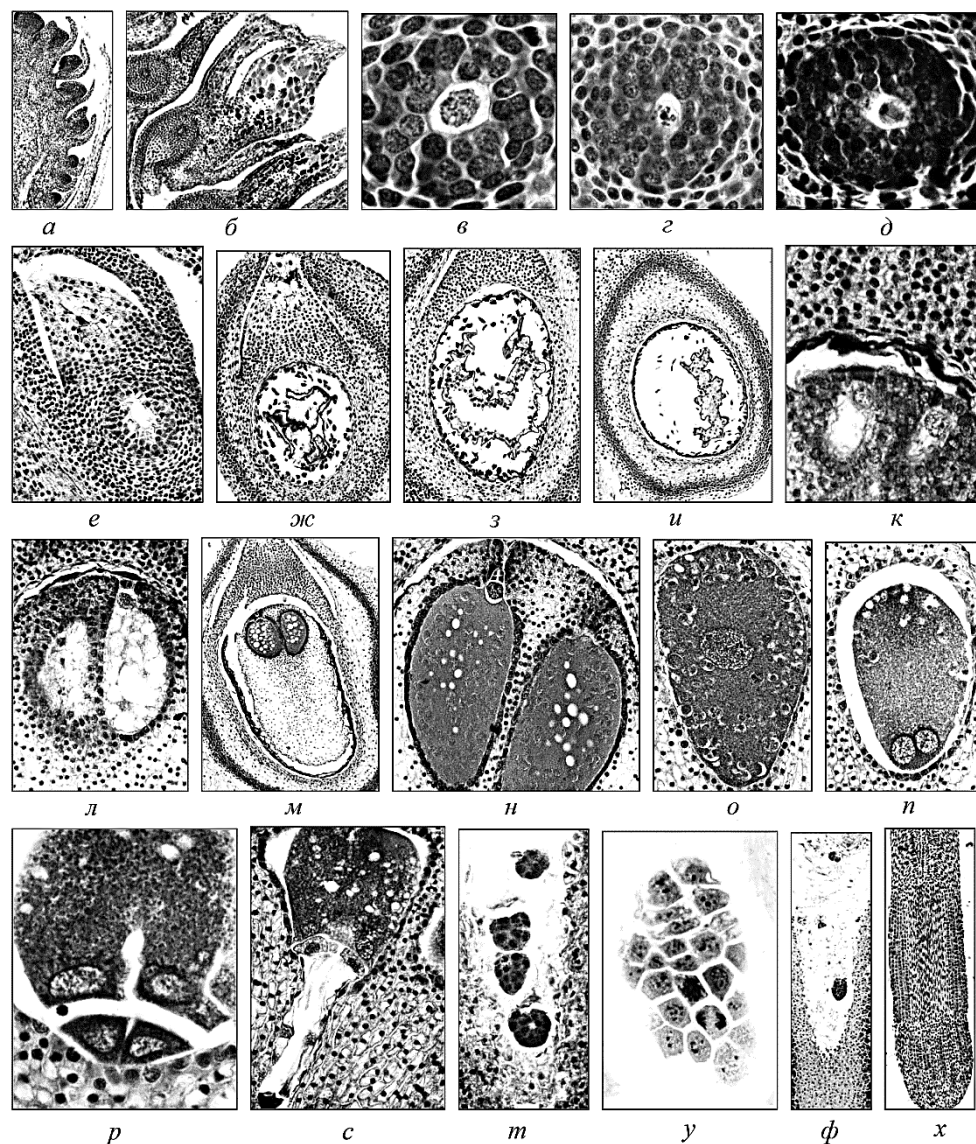


Рис. 1. Гистогенез женских репродуктивных структур и эмбриогенез сосны обыкновенной: *а* – продольный срез женской шишки сосны второго года жизни в начале вегетации; *б* – продольный срез мегаспорофилла с семязачатком в период «цветения»; *в–д* – мейоз материнской клетки макроспор (*в* – профаза, *г* – MI, *д* – AI); *е* – начало формирования нуклеарного гаметофита; *жс* – нуклеарный гаметофит в семязачатках третьего года жизни (начало вегетационного периода); *з–и* – начало формирования клеточного гаметофита; *к* – инициалы архегониев; *л* – молодые архегонии на «пенистой» стадии; *м* – продольный срез семязачатка с архегониями; *н* – сформировавшиеся архегонии; *о* – зрелый архегоний с яйцеклеткой в центре; *п–р* – проэмбриогенез (*п* – 4, *р* – 8-ядерный первичный проэмбрио); *с* – начало раннего эмбриогенеза; *т–ф* – ранний эмбриогенез; *х* – морфологически дифференцированный зародыш (*а–е* – семязачатки второго, *жс–ф* – третьего года развития; *х* – зародыш семени)

Таблица 1

**Феноритмика развития женских репродуктивных структур
и эмбриогенеза сосны обыкновенной в северной тайге (усредненные данные
по результатам 25-летних наблюдений)**

Год развития семяпочки	Фаза (стадия)	Сумма эффективных температур, град	Процент от средне- многолетних значений
Второй	Обособление макроспороцита и формирование нуцеллярного тапетума	290,8...341,1	18,4...21,5
	Мейоз материнской клетки макроспор и образование тетрады (триады) макроспор	354,0...380,4	22,4...24,0
	Начало формирования нуклеарного гаметофита	393,9	24,9
Третий	Начало формирования клеточного гаметофита и появление инициалей архегониев	254,8	16,1
	Оогенез, образование ядра яйцеклетки и шейковых клеток, формирование обкладки архегониев, вакуолизация архегониев	393,9...629,6	24,9...39,8
	Перемещение ядра яйцеклетки в центр архегония, оплодотворение и проэмбриогенез	722,1...752,7	45,6...47,5
	Начало раннего эмбриогенеза – удлинение первичных суспензоров	768,0	48,5
	Ранний эмбриогенез – недифференцированные эмбрионы шаровидной формы	814,0...935,9	51,4...59,1
	Ранний эмбриогенез – недифференцированные эмбрионы булавовидной формы	951,0...1069,0	60,1...67,5
	Поздний эмбриогенез – начало морфологической дифференциации эмбриона	1097,4	69,3
	Полная морфологическая дифференциация зародыша	1359,3	85,9

К моменту опыления лишь несколько десятых долей процента от общего количества семязачатков в фертильной зоне макростробилов подвергаются некрозам. К этому времени репродуктивный потенциал ($P_R = \frac{n}{2N} 100$) составляет в среднем 99,8 % (табл. 2).

Таблица 2

**Потенциальная семенная продуктивность шишек сосны
в сосняке вересково-багульниково-сфагновом
(Архангельское лесничество)**

Год развития макростробила	Показатели потенциальной семенной продуктивности (на 1 макростробил) на начало вегетационного периода	Значение показателей			CV, %
		min	max	$X \pm m_x$	
Второй	Количество фертильных мегаспорофиллов (N)	11	25	$20,1 \pm 1,6$	19,3
	Количество рецептивных семязачатков (n)	22	50	$40,1 \pm 3,2$	19,3
Третий	Количество фертильных семенных чешуй	7	19	$13,5 \pm 1,3$	23,7
	Количество жизнеспособных семязачатков	7	33	$19,4 \pm 2,9$	36,8

Примечание. $X \pm m_x$ – среднее значение и его ошибка; CV – коэффициент вариации.

Дифференциация будущего урожая по качеству семян начинается вскоре после опыления и обусловлена неопределенно большим числом факторов как наследственного, так и ненаследственного характера. Основными причинами, приводящими к некрозу семязачатков, являются отсутствие опыления, низкая жизнеспособность или стерильность мужского и женского гаметофитов, гейтоногамный тип опыления. Наиболее характерные нарушения при гистогенезе женских репродуктивных структур сосны обыкновенной приведены на рис. 2.

В случае гибели семязачатка вскоре после опыления, до начала формирования нуклеарного гаметофита, на кончике крылатки остается лишь едва заметное пикнотическое образование – крылатка без семян (пикнота). Если некроз семязачатка произошел на стадии формирования нуклеарного гаметофита или на начальной стадии формирования клеточного гаметофита, то развивается череззерница – очень мелкие семена, а по сути, засохшие семязачатки с полностью некротированным внутренним содержимым и недоразвитой семенной кожурой. Гибель семязачатков на более поздних стадиях эмбрионального развития приводит к образованию пустых («глухих») семян. Соотношение этих категорий семян в структуре общего урожая в популяции, у отдельного дерева и в каждом отдельном стробиле сильно варьирует (табл. 3).

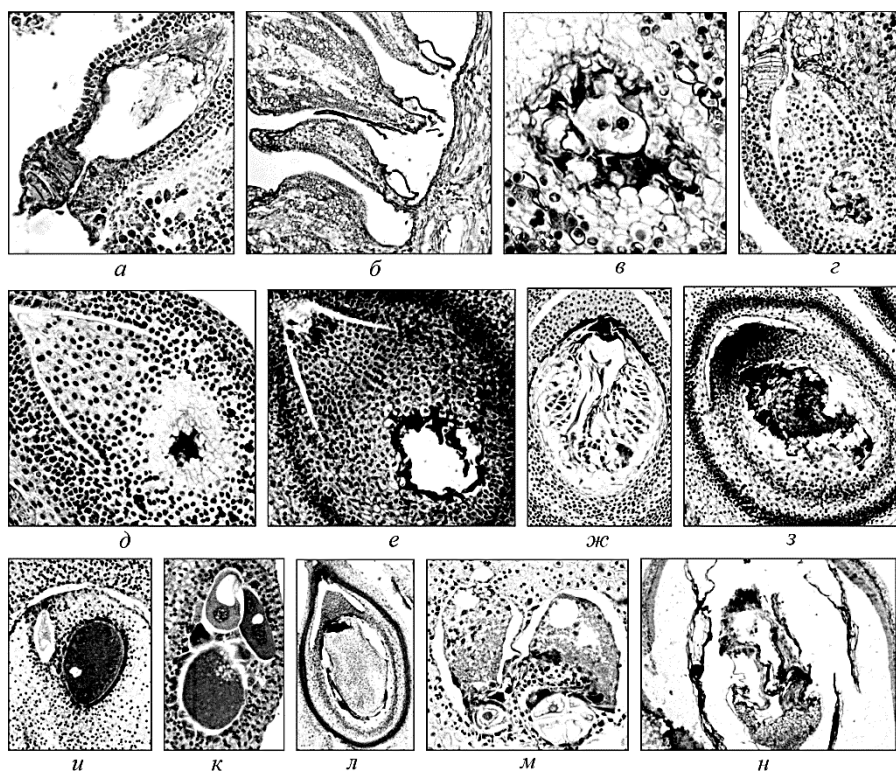


Рис. 2. Нарушения при гистогенезе женских репродуктивных структур и эмбриогенезе у сосны обыкновенной: *а* – деградированные ткани мегаспорангия и гаметофита; *б* – участок стробила с семязачатками, деградировавшими на ранних стадиях развития; *в* – деградация клеток зоны, прилегающей к гаметофиту в начале свободноядерных делений; *г* – начало деградации халазальной части семязачатка; *д, е* – некрозы мегагаметофита; *ж, з* – некрозы архегониальной зоны и начало деградации, некрозы формирующегося клеточного гаметофита; *и* – дегенерация одного из архегониев; *к* – полиархегония, формирование архегониев из клеток обкладки; *л* – деградация архегониев, сохранился клеточный гаметофит с постепенно затухающими митозами; *м* – деграционные процессы в проэмбриогенезе; *н* – деградация тканей семязачатка в позднем эмбриогенезе (*а–е* – семязачатки 2-го и *ж–н* – 3-го годов развития)

Таблица 3

Соотношение выполненных и пустых семян в структуре урожая сосны в северотаежных популяциях (в числителе – среднеарифметическое значение показателя; в знаменателе – CV, %)

Показатель	Значение показателя для пробной площади*						
	1	2	3	4	5	6	7
Количество выполненных семян в одной шишке, шт.	<u>18,8</u> 38,7	<u>18,6</u> 31,3	<u>20,4</u> 31,6	<u>16,9</u> 33,6	<u>5,9</u> 44,7	<u>19,9</u> 27,5	<u>21,0</u> 29,6
Относительное содержание пустых семян, %	<u>23,4</u> 52,6	<u>16,7</u> 28,3	<u>11,9</u> 57,2	<u>17,8</u> 48,1	<u>30,0</u> 62,6	<u>10,5</u> 58,0	<u>14,2</u> 75,3

*1 – сосняк кустарничково-сфагновый, 2 – брусничный, 3 – сфагновый, 4 – багульниково-сфагновый, 5 – черничный, 6 – багульничково-кустарничково-сфагновый, 7 – осоково-сфагновый.

Опыты по искусственному опылению сосны показали, что опыление является необходимым условием дальнейшего развития семязачатка. В неопыленных стробилах дегенерация тканей семязачатков наблюдалась уже через 5...7 дн. после окончания периода рецептации. Через 2 нед. в неопыленных стробилах не было зарегистрировано ни одного нормально функционирующего семязачатка. Через 30 дн. почти все неопыленные семязачатки погибли (табл. 4).

Таблица 4

Динамика деграционных процессов семязачатков (в процентах от общего количества) в однолетних стробилах сосны обыкновенной в зависимости от условий опыления

Вариант опыления*	Стадия деградации**	Число дней после окончания рецептации						
		7	13	21	41	48	55	75
1	а	0	12,1	4,4	0	0	0	0
	б	0	0	0	8,0	9,0	4,5	3,2
	в	0	0	0	0	0	5,1	6,4
2	а	0	67,2	60,0	0	0	0	0
	б	0	0	18,4	39,2	30,8	26,1	22,6
	в	0	0	0	54,8	64,8	70,7	74,6
3	а	19,8	74,1	19,6	0	0	0	0
	б	0	25,9	80,4	15,8	9,8	6,3	5,7
	в	0	0	0	84,2	90,2	93,7	94,3

*1 – ксеногамия; 2 – опыление некротированной пылью; 3 – изоляция без опыления.

**а – некроз зоны макроспоры и мегагаметофита; б – некроз клеток халазальной части мегаспорангия; в – деграция всех мягких тканей семязачатка.

Массовая гибель неопыленных стробил сосны, начавшаяся в конце первой декады июля почти одновременно у всех деревьев, завершилась через 70 дн. после «цветения». Засыхание стробил происходит из-за дисфункции их проводящей системы. В месте соединения ножки стробила с побегом формируется разделительная ткань, и стробил отпадает. Отсутствие опыления у сосны ведет к дегенерации тканей мегаспорангия и прекращению дифференциации тканей спермодермы уже в течение первого года развития семязачатков. В результате исключается возможность образования не только выполненных, но и пустых семян в шишках, достигших зрелости. Следствием этого является увеличение количества недоразвитых семян.

Для семязачатков, опыленных некротированной пылью, характерны все стадии деградации, наблюдавшиеся в неопыленных семязачатках. Однако дегенерация тканей семязачатков протекает медленнее, наблюдаются также тератологические изменения гаметофитов. У небольшого числа семязачатков в сохранившихся к концу вегетации стробилах наблюдались нормально функционирующие ядерные гаметофиты. Однако на следующий год митотические деления свободных ядер в них с наступлением тепла не возобновлялись, вскоре

дегенерировал сам ядерный гаметофит, а затем и весь семязачаток. Иногда наблюдались начальные стадии формирования клеточного гаметофита, однако архегониев при этом не образовывалось. Митозы в клетках гаметофита также вскоре прекращались, они утрачивали цитоплазму и дегенерировали. При опылении стробиллов некротированной пылью отпад их начинается позже, длится значительно дольше и менее выражен по сравнению с неопыленными стробилами.

При гейтоногамии число семязачатков, погибших на ранних этапах развития, значительно превышало аналогичные показатели при ксеногамии, что выражалось и в большем отпаде стробиллов. В дальнейшем все структуры семязачатков развивались нормально до момента оплодотворения. Если оплодотворение произошло, развитие эмбриона могло прекратиться на стадии проэмбриогенеза. Проталкиваемые суспензорами в коррозионную полость эндосперма булавовидные зародыши обычно достигали зрелости и давали всхожие семена. При гейтоногамном типе опыления у сосны снижалась средняя масса зрелых шишек, среднее количество и общая масса семян в одной шишке, а также жизнеспособность семян, их техническая всхожесть и энергия прорастания, возрастало количество недоразвитых семян. Размеры шишек, масса выполненных семян, абсолютная всхожесть семян, средний семенной покой и длина гипокотили практически не изменялись по сравнению с ксеногамным типом опыления.

Заключение

Отсутствие опыления или опыление нежизнеспособной пылью у сосны приводит к дегенерации семязачатков на ранних стадиях их развития. Следствием этого является увеличение череззернистости семян. Не опыленные стробиллы засыхают и опадают уже к середине вегетационного периода. Низкая энергия роста пылевых трубок, стерильность мужского гаметофита, а также гибель эмбрионов в раннем эмбриогенезе приводят к некрозу семязачатков на более поздних стадиях их развития, следствием чего является образование пустых семян.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белостоцкая С.Х. Особенности развития мужского и женского гаметофитов сосны обыкновенной при внутри- и межвидовой гибридизации // Лесоведение. 1979. № 5. С. 61–72.
2. Дженсен У. Ботаническая гистохимия / пер. с англ. М.: Мир, 1965. 380 с.
3. Ковешникова Н.М., Седельникова И.В. Сохранность неопыленных стробиллов сосны обыкновенной и цитозембриологические особенности развития семяпочек в них / ЦНИИ лесной генетики и селекции. Воронеж, 1981. Рукопись деп. в ЦБНТИ-лесхоз 19.05.1981. № 145 лд-Д82.
4. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. М.: Колос, 1970. 255 с.
5. Третьякова И.Н. Эмбриология хвойных: физиологические аспекты. Новосибирск: Наука, 1990. 157 с.

6. Allen G.S., Owens J.N. The life history of Douglas fir. Ottawa, 1972. 140 p.
7. Bingham R.T., Squillace A.E. Self-compatibility and effects of self-sterility in Western white pine // For. Sci. 1955. Vol. 1. P. 8–121.
8. Forshell P.C. The development of cones and seeds in case of self- and cross-pollination in *Pinus silvestris* L. // Meddeland. Stat. Skogsfors. Inst. 1953. Vol. 43, N 11. P. 1–42.
9. Kormuták A. Cytological evidence for incompatibility in the genus *Pinus* // Biológia (Bratislava). 1975. Vol. 30, N 10. S. 765–769.
10. Kormuták A. Some cytological and biochemical aspects of interspecific incompatibility in pines (*Pinus* sp.) // Acta Dendrobiol. 1984. Vol. 7. 93 p.
11. Koski V. Embryonic lethals of *Picea abies* and *Pinus sylvestris* // Comm. Inst. For. Fenn. 1971. Vol. 75, N 3. P. 1–30.
12. Kriebel H.B. Embryo development and hybridity barriers in the white pines (Section *Strobus*) // Silv. Genet. 1972. Vol. 21, N 1-2. P. 39–44.
13. McWilliam J.R. The role of the micropyle in the pollination of *Pinus* // Bot. Gaz. 1958. Vol. 120. P. 109–117.
14. McWilliam J.R. Interspecific incompatibility in *Pinus* // Amer. J. Bot. 1959. Vol. 46, N 6. P. 425–433.
15. Mergen F., Jeffery B., Furnival J.M. Embryo and seedling development in *Picea glauca* (Moench.) Voss. after self-, cross-, and wind-pollination // Silv. Genet. 1965. Vol. 14. P. 188–194.
16. Muntzing A. Hybrid incompatibility and the origin of polyploidy // Hereditas. 1933, N 18. P. 33–55.
17. Orr-Ewig A.L. A cytological study of the effects of self-pollination on *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco // Silv. Genet. 1957. Vol. 6. P. 179–185.
18. Sarvas R. Investigations into the flowering and seed quality of forest trees // Comm. Inst. For. Fennica. 1955. Vol. 45, N 7. P. 1–37.
19. Sarvas R. Investigations on the flowering and seed crop of *Pinus sylvestris* // Commun. Inst. For. Fenn. 1962. Vol. 53, N 4. P. 1–198.
20. Singh H. Embryology of *Gymnosperms*. Berl.-Stuttg.: Gerb. Borntraeg., 1978. 304 p.

Поступила 22.05.14

UDC 581.3:582.47

Microphenology of the Female Reproductive Cycle and Structure of Seed Crops of Scotch Pine in the Northern Taiga

M.V. Surso, Doctor of Biology, Senior Research

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

On the basis of studying of histological preparations the description of a microphenology of a female reproductive cycle of Scots pine in northern taiga is given. Irregularities in histogenesis of the female reproductive structures, leading to destructive type of ovules development and, as consequence, to the general decrease in quality of seeds are revealed. It is

shown that in northern taiga by the time of pollination some tenth shares of percent from total of ovules in fertile zone of pine macrostrobiles are exposed to necroses. Differentiation of the future crop on quality of seeds begins soon after pollination. The principal causes leading to necrosis of ovules is absence of pollination, low viability or sterility male and (or) female gametophytes, and geitonogamy. In case of destruction of ovule soon after pollination, prior to the beginning of nuclear gametophyte formation, on the tip of seed's wing remains only hardly appreciable pycnotic formation. If the ovule necrosis has occurred at stage of nuclear gametophyte formation, or at an initial stage of formation of a cellular gametophyte – develops fine-grained seeds – very small seeds, as a matter of fact, the dried up ovules, with completely necrotic internal contents and an underdeveloped seed's cover. The destruction of ovules at later stages of embryonal developments leads to formation of so-called empty ("deaf") seeds, in the sizes close to normally developed ("full") seeds, but with completely destructivity soft tissues. The parity of these categories of seeds in the general structure of crops in population, in individual tree and in each individual female strobile strongly varies. By the results of experiments on pine artificial pollination the dynamics degradation processes in pine ovules depending on conditions and type of pollination is described. In not pollinated pine strobiles the degeneration of ovules tissues was observed in 5-7 days after the completion of receptation period, and in 2 weeks in not pollinated strobiles there was no normally functioning ovule. In 30 days almost all not pollinated ovules were died. Mass down-fall of not pollinated strobiles, begun in the end of the first decade of July almost simultaneously at all trees, approximately in 70 days after pine "flowering" has come to the end with almost full down-fall of all cones. The degeneration of tissues of the ovules, pollinated with necrotic pollen, proceeded more slowly, than not pollinated, and in some cases by the vegetation end in this variant of experiences normally functioning nuclear gametophytes were observed. At a geitonogamy the amount of the ovules which were lost at early stages of development was much more, than at a xenogamy, that was expressed in more down-fall of strobiles. Further all structures of ovule developed normally till the fertilization. At geitonogamy the average weight of mature cones, average quantity and total mass of seeds in one cone have been decreased, and also viability of seeds, their technical germinability and energy of germination have been decreased, the amount of fine-grained seeds has been increased. Thus the linear sizes of cones, weight of 1000 full seeds, absolute viability of seeds, average seed rest and length of hypocotyl did not change in comparison with xenogamy. Absolutely different ways of mutual interaction were observed at pollination by the weakened pollen. Pollination by such pollen led to various deviations from normal development of ovules. In all variants of experiences close positive correlation between percent of degenerating ovules and percent of the down-fall strobiles was observed only in a year of pollination.

Keywords: Scotch pine, female reproductive structures, histogenesis, rhythmophenology, seeds.

REFERENCES

1. Belostotskaya S.Kh. Osobennosti razvitiya muzhskogo i zhenskogo gametofitov sosny obyknovennoy pri vntri- i mezhvidovoy gibrizatsii [Features of Development of Male and Female Gametophytes in Scotch Pine at Intra- and Interspecific Hybridization]. *Lesovedenie*, 1979, Vol. 5, pp. 61–72.

2. Jensen W. *Botanicheskaya gistokhimiya* [Botanical Histochemistry]. Moscow, 1965. 380 p.
3. Koveshnikova N.M., Sedel'nikova I.V. *Sokhrannost' neopylennykh strobilov sosny obyknovennoy i tsitoembriologicheskie osobennosti razvitiya semyapochek v nikh* [The Safety of Non-Pollinated Strobiles in Scotch Pine and Cytoembryological Features of the Development of Ovules in Them]. Voronezh, 1981. 14 p.
4. Pausheva Z.P. *Praktikum po tsitologii rasteniy* [Practical Handbook on Plants Cytology]. Moscow, 1970. 255 p.
5. Tret'yakova I.N. *Embriologiya khvoynykn: fiziologicheskie aspekty* [Embryology of Coniferous Trees: Physiological Aspects]. Novosibirsk, 1990. 157 p.
6. Allen G.S., Owens J.N. The life history of Douglas fir. Ottawa, 1972. 140 p.
7. Bingham R.T., Squillace A.E. Self-compatibility and effects of self-sterility in Western white pine. *For. Sci.* 1955, Vol. 1, pp. 8–121.
8. Forshell P.C. The development of cones and seeds in case of self- and cross-pollination in *Pinus silvestris* L. Meddeland. Stat. Skogsfors. Inst. 1953, Vol. 43, no. 11, pp. 1–42.
9. Kormuták A. Cytological evidence for incompatibility in the genus *Pinus* – *Biológia* (Bratislava), 1975, Vol. 30, no. 10, pp. 765–769.
10. Kormuták A. Some cytological and biochemical aspects of interspecific incompatibility in pines (*Pinus* sp.) *Acta Dendrobiol.* 1984, Vol. 7. 93 p.
11. Koski V. Embryonic lethals of *Picea abies* and *Pinus sylvestris* – *Comm. Inst. For. Fenn.* 1971, Vol. 75, no. 3, pp. 1–30.
12. Kriebel H.B. Embryo development and hybridity barriers in the white pines (Section *Strobus*) – *Silv. Genet.* 1972, Vol. 21, no. 1-2, pp. 39–44.
13. McWilliam J.R. The role of the micropyle in the pollination of *Pinus* – *Bot. Gaz.* 1958, Vol. 120, pp. 109–117.
14. McWilliam J.R. Interspecific incompatibility in *Pinus* – *Amer. J. Bot.* 1959, Vol. 46, no. 6, pp. 425–433.
15. Mergen F. Jeffery B., Furnival J.M. Embryo and seedling development in *Picea glauca* (Moench.) Voss. after self-, cross-, and wind-pollination – *Silv. Genet.* 1965, Vol. 14, pp. 188–194.
16. Müntzing A. Hybrid incompatibility and the origin of polyploidy – *Heredites.* 1933, no. 18, pp. 33–55.
17. Orr-Ewig A.L. A cytological study of the effects of self-pollination on *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco – *Silv. Genet.* 1957, Vol. 6, pp. 179–185.
18. Sarvas R. Investigations into the flowering and seed quality of forest trees – *Comm. Inst. For. Fennica.* 1955, Vol. 45, no. 7, pp. 1–37.
19. Sarvas R. Investigations on the flowering and seed crop of *Pinus sylvestris* – *Commun. Inst. For. Fenn.* 1962, Vol. 53, no. 4, pp. 1–198.
20. Singh H. *Embryology of Gymnosperms.* – Berl.-Stuttg.: Gerb. Borntraeg., 1978. 304 p.

Received on May, 22, 2014

УДК 630*114.351

ЛЕСНАЯ ПОДСТИЛКА В ПАРЦЕЛЛАХ ЕЛЬНИКОВ СЕВЕРНОЙ ПОДЗОНЫ ТАЙГИ*

© *А.Г. Волков, ассист.*

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, наб. Северной Двины, 17, г. Архангельск, Россия, 163000; e-mail: jonlordeg@rambler.ru

Важным вопросом лесоведческих исследований является изучение особого компонента биогеоценоза – лесной подстилки. Живой напочвенный покров выступает одним из главных факторов ее формирования, в значительной степени обуславливая мощность, плотность сложения и запас лесной подстилки. Исследования проводили в ельниках северной подзоны тайги в пределах Архангельской области. В качестве объектов изучения выбраны три пробные площади с постепенным изменением напочвенного растительного покрова в связи с ярко выраженным градиентом рельефа. Пробные площади разбивали на регулярную сеть с шагом 5 м, в каждом узле которой проводили отбор проб лесной подстилки по подгоризонтам. Парцеллы выделяли с использованием общепринятой методики. Наибольшую мощность имеет чернично-сфагновая парцелла (6,4 см), наименьшую – травяная (5,0 см), что связано с интенсивностью трансформации мягкого опада. Высокие темпы разложения опада травяной парцеллы формируют лесную подстилку с наибольшим общим запасом – 146 т/га. Мертвопокровная парцелла, опад которой представлен хвоей ели, имеет запасы в три раза ниже – 52 т/га. Плотность сложения подгоризонтов обуславливает формирование структуры лесной подстилки, уникальной для каждой парцеллы.

Ключевые слова: еловая формация, лесная подстилка, запас, мощность, плотность сложения.

Лесная подстилка – важнейший компонент лесного биогеоценоза. Вопрос отношения ее к почвенному горизонту или элементу фитоценоза остается открытым и трактуется по-разному [5, 10]. Правильнее признать за подстилкой особую, самостоятельную систему биогеоценоза, одновременно являющуюся подсистемой как почвенного покрова, так и фитоценоза [1, 9].

Необходимость изучения лесной подстилки продиктована ее полифункциональностью. Это источник и хранилище элементов минерального питания, среда обитания живых организмов, базис первичного почвообразования и корнеобитаемый субстрат [4, 8].

Лесные подстилки характеризуется определенной структурой и составом. Классификации, построенные на основе этих характеристик, подробно освещены в литературе [2]. При изучении подстилок информативными показателями являются запас, мощность и плотность сложения [6]. Формирование

* Работа выполнена под научным руководством проф. кафедры лесоводства и почвоведения САФУ, д-ра с.-х. наук Е.Н. Наквасиной.

подстилки главным образом зависит от флористического состава живого напочвенного покрова.

Целью исследования является изучение влияния парцеллярной структуры живого растительного покрова разного ботанического состава на мощность, плотность сложения и запасы лесной подстилки.

Исследования лесной подстилки проводили на трех пробных площадях (ПП), заложенных в ельниках северной подзоны тайги, с постепенным изменением живого напочвенного покрова в связи с рельефом. Еловые древостои 100–140 лет, бонитет IV, в подросте преобладает ель. Почвы представлены вариацией подзолистых суглинистых и подзолов песчаных на моренных суглинистых почвообразующих породах. В пойме ручья выделяются дерново-грунтово-глеевые суглинистые почвы.

Каждая ПП была разбита на регулярную сеть с шагом 5 м. Парцеллы выделяли визуально по четко выраженным структурным элементам – видовому составу растений и их обилию [3]. Выделено четыре парцеллы:

чернично-сфагновая – присутствует в местах сниженного дренажа и избыточного увлажнения и состоит преимущественно из черники (*Vaccinium myrtillus* L.) с добавлением сфагнома магелланского (*Sphagnum magellanicum* Brid.);

мертвопокровная – представлена в основном отмершей хвоей ели;

черничная – фон растительности в ней создает черника;

травяная – имеет в своем составе такие травы, как кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella* L.), борец северный (*Aconitum septetragonale* Koelle.), косяника каменистая (*Rubus saxatilis* L.), крапива двудомная (*Urtica dioica* L.), седмичник европейский (*Trientalis europaea* L.), золотарник обыкновенный (*Solidago virgaurea* L.), таволга вязолистная (*Filipendula vulgaris* (L.) Maxim.), луговик извилистый (*Deschampsia flexuosa* (L.) Trin.), голокучник обыкновенный (*Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newm), герань лесная (*Geranium sylvaticum* L.), грушанка круглолистная (*Pyrola rotundifolia* L.).

В каждой точке сетки, отнесенной к той или иной парцелле, с помощью рамки 100 см² в 3-кратной повторности вырезали лесную подстилку и разделяли на подгоризонты: L (листовой), F (ферментированный), Н (гумусированный) [7]. У каждого подгоризонта определяли среднюю мощность и массу в свежем состоянии. В камеральных условиях образцы подгоризонтов высушивали при температуре 100...105 °С и определяли сухую массу. Рассчитывали запасы лесной подстилки (по подгоризонтам и в целом) на единицу площади и плотность сложения. Достоверность различий оценивали с помощью дисперсионного анализа с указанием уровня значимости (*p*).

Одним из основных показателей лесной подстилки является ее мощность, послойный анализ которой позволяет оценивать скорость накопления или разложения растительного опада.

Общая мощность лесной подстилки во всех парцеллах невысокая и достоверно (*p* < 0,03) отличается в большую сторону лишь под чернично-

сфагновой растительностью, достигая 6,4 см (см. таблицу). В анаэробных условиях временного избыточного переувлажнения, индикатором которого являются сфагновые мхи, разложение опада замедленно, вследствие чего он накапливается на поверхности почвы. Это подтверждается изменением мощности верхнего подгоризонта L. В чернично-сфагновой парцелле его мощность также максимальна и составляет 2,4 см ($p < 0,04$). Значительно меньшими показателями мощности характеризуются черничная и травяная парцеллы. Достоверных отличий между ними по этим показателям не выявлено. Мертвопокровная парцелла занимает промежуточное положение, листовый слой в ней, при отсутствии живого напочвенного покрова, представлен слаборазложившейся хвоей. Ее разложение происходит благодаря кислой реакции среды и наличию специфической грибной микрофлоры, однако замедляется в связи с низкой зольностью и присутствием высокомолекулярных органических веществ, присутствующих в хвойном опаде.

Такой баланс мощности подгоризонтов L и F в мертвопокровной парцелле обуславливает большую мощность ферментативного подгоризонта F по сравнению с черничной и травяной ($p < 0,06$), не имеющих достоверных различий между собой.

Слой гумификации H отражает скорость разложения опада, и максимум его мощности приходится на травную парцеллу (2,5 см при $p < 0,01$). Остальные парцеллы имеют меньшую мощность данного подгоризонта и достоверно не отличаются друг от друга по данному показателю.

В зависимости от мощности подгоризонтов разные растительные парцеллы способны аккумулировать неодинаковые запасы лесной подстилки.

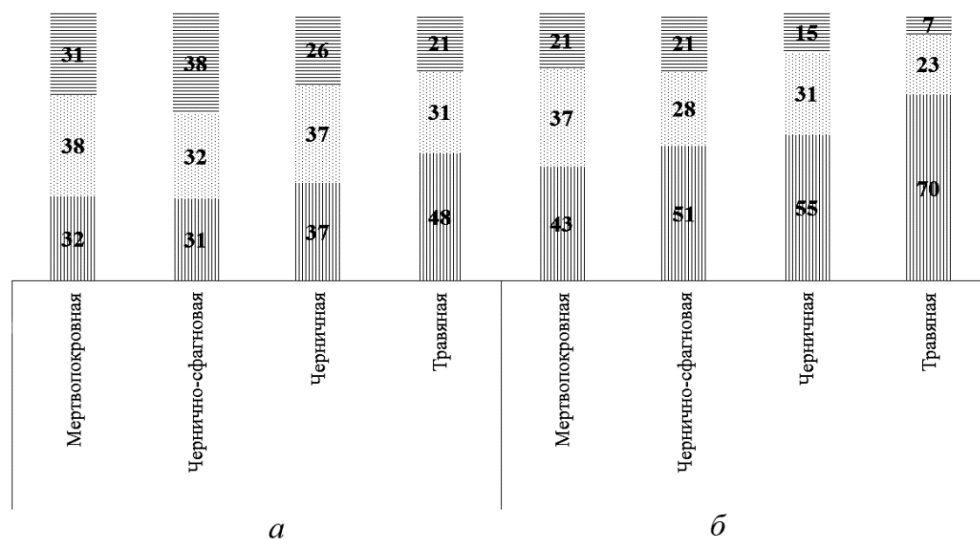
Парцелла	Средние показатели лесной подстилки в парцеллах еловой формации для различных подгоризонтов			
	L	F	H	Общая
Мощность подгоризонтов, см				
Мертвопокровная	1,8±0,24	2,3±0,14	1,9±0,14	5,1±0,51
Чернично-сфагновая	2,4±0,44	2,0±0,25	2,0±0,17	6,4±0,75
Черничная	1,3±0,07	1,8±0,07	1,8±0,06	4,7±0,14
Травяная	1,1±0,06	1,6±0,09	2,5±0,07	5,0±0,19
Запас подгоризонтов, т/га				
Мертвопокровная	12,6±1,07	22,7±1,81	26,2±2,43	51,8±3,82
Чернично-сфагновая	14,6±1,67	19,6±2,83	36,0±2,62	69,6±4,90
Черничная	10,5±0,51	22,0±0,98	39,5±1,99	68,9±2,32
Травяная	10,8±0,51	34,7±1,46	105,5±4,64	146,2±5,78
Плотность сложения подгоризонтов, г/см ³				
Мертвопокровная	0,09±0,007	0,12±0,01	0,17±0,016	0,16±0,009
Чернично-сфагновая	0,06±0,006	0,09±0,01	0,20±0,027	0,11±0,008
Черничная	0,09±0,004	0,13±0,01	0,24±0,012	0,17±0,006
Травяная	0,11±0,005	0,23±0,01	0,41±0,017	0,31±0,014

Накопление общих запасов происходит в ряду от мертвopoкpoвной парцеллы через черничные к травяной, т. е. по мере увеличения доли мягкого опада. Между черничной и чернично-сфагновой парцеллами по этому показателю достоверных отличий нет, что возможно связано с близким составом опада парцелл. Общий запас лесной подстилки травяной парцеллы (146 т/га) превышает запас мертвopoкpoвной парцеллы почти в 3 раза, черничной и чернично-сфагновой в 2 раза и отличается достоверно ($p < 0,01$).

Наибольший запас слоя L (14,6 т/га) аккумулирует чернично-сфагновая парцелла, показатель достоверно отличается от черничной и травяной парцелл ($p < 0,01$). Наоборот, подгоризонт ферментации F в травяной парцелле, обладая наименьшей мощностью, способен накапливать достоверно больший ($p < 0,00$) запас по сравнению с другими парцеллами (34,7 т/га). Различия между запасами подгоризонта F в остальных парцеллах статистически не достоверны.

Запас слоя гумификации H распределяется подобно общему запасу лесной подстилки в парцеллах: максимальный – в травяной, минимальный – в мертвopoкpoвной. Различия между ними достоверны ($p < 0,03$), также как и при сравнении с черничными парцеллами. Между близкими по составу черничной и чернично-сфагновой парцеллами достоверных различий нет.

Мощность и запасы подгоризонтов имеют разную долю в общем строении лесной подстилки, формируя уникальную структуру горизонта для каждой парцеллы (см. рисунок).



Структура лесной подстилки, %: а – по мощности, б – по запасу (■ H; ▨ F; ▨ L)

Подстилка мертвопокровной и чернично-сфагновой парцелл состоит в равной доле из всех подгоризонтов. В черничной парцелле за счет большего опада черники и отсутствия сфагновых мхов снижается доля листового подгоризонта L (26 %). В травяной парцелле лесная подстилка представлена в основном слоем гумификации (48 %). Толщина подгоризонтов L и F снижается пропорционально. При этом вклад запасов подгоризонтов в общий запас лесной подстилки отличается от закономерностей, установленных для их мощности. По нашему мнению, это связано как с вещественным составом подстилок и их подгоризонтов, так и с особенностями опада и его разложения, отражающимися в плотности их сложения. Во всех парцеллах основной вклад в общий запас лесной подстилки вносит слой гумификации H, доля которого увеличивается от 43 % в мертвопокровной до 70 % в травяной парцелле. В черничных парцеллах этот подгоризонт составляет половину всего запаса лесной подстилки.

Плотность сложения подгоризонтов лесной подстилки определяет ее запас и структуру. Она закономерно связана с растительностью парцелл через качество опада и условия его разложения. Увеличение плотности сложения во всех парцеллах происходит с увеличением глубины лесной подстилки: от подгоризонта L с наименьшими значениями ($0,09 \dots 0,11 \text{ г/см}^3$) до подгоризонта H, отличающегося значительной уплотненностью (см. таблицу). Между парцеллами различия наиболее заметно сказываются для слоев F и H, в которых идут процессы трансформации опада. Наибольшая плотность сложения в этих горизонтах диагностируется под травяной растительностью (до $0,41 \text{ г/см}^3$), различия с другими парцеллами доказаны при $p < 0,02$. В чернично-сфагновой парцелле плотность листового и ферментативного горизонтов составляет $0,06$ и $0,09 \text{ г/см}^3$ соответственно. Здесь лесная подстилка по плотности сложения составляющих ее горизонтов ближе к мертвопокровной при некотором увеличении плотности гумусированного подгоризонта H за счет наличия легкоразлагающегося опада листьев черники.

Таким образом, на примере еловой формации в подзоне северной тайги показано влияние живого напочвенного растительного покрова на мощность, запасы и сложение лесной подстилки. Наибольшую мощность имеет чернично-сфагновая парцелла (6,4 см), наименьшую – травяная (5,0 см), что связано с интенсивностью трансформации мягкого опада. При высоких темпах разложения травяного опада травяная парцелла формирует лесную подстилку с наибольшим общим запасом 146 т/га . В мертвопокровной парцелле, где опад представлен хвоей ели, темпы разложения замедлены.

Распределение запасов слагающих подстилку подгоризонтов в разных парцеллах отличается от строения лесной подстилки по их мощности. Это связано с влиянием плотности сложения подгоризонтов, обуславливающей формирование структуры лесной подстилки, уникальной для каждой парцеллы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богатырев Л.Г., Телесина В.М. Словарь терминов и показателей, используемых при изучении биологического круговорота / Под ред. А.С. Владыченского. М.: МАКС Пресс, 2010. 184 с.

2. *Герасимова М.И.* Лесные почвы в почвенных классификациях // Разнообразие лесных почв и биоразнообразие лесов: материалы 5-й Всерос. науч. конф. по лесному почвоведению с международным участием. Пушино, 2013. С. 3–5.
3. *Грязькин А.В.* Структурная организация фитоценозов южной тайги (на примере ельников зеленомошной группы типов леса). СПб.: Изд-во СПбГЛТА, 1999. 136 с.
4. *Ильина Т.М., Сапожников А.П.* Лесные подстилки как компонент лесного биогеоценоза // Вестн. КрасГАУ. 2007. № 5. С. 45–48.
5. *Карпачевский Л.О.* Пестрота почвенного покрова в лесном биогеоценозе. М.: Наука, 1977. 312 с.
6. Методические рекомендации по определению запасов лесной подстилки и ее зольности при лесоводственных исследованиях. М.: ВНИИЛХ, 1979. 38 с.
7. *Решетникова Т.В.* Лесные подстилки как депо биогенных элементов // Вестн. КрасГАУ. 2011. № 12. С. 74–81.
8. *Соловьев С.В.* Лесные подстилки как показатель лесовозобновительного потенциала лесов // Состояние лесов Дальнего Востока и актуальные проблемы лесопользования: материалы Всероссийской конференции с международным участием. Хабаровск: ДальНИИЛХ, 2009. С. 260–262.
9. *Цветков В.Ф.* Лесной биогеоценоз: учеб. пособие. Архангельск: ПрессА, 1999. 75 с.
10. *Fortescue J.A.* C. Environmental geochemistry: a holistic approach. New York: Springer-Verlag, 1980. 331 p.

Поступила 01.04.14

UDC 630*114.351

The Forest Litter in Spruce Formation in the Northern Subzone of Taiga

A.G. Volkov, Assistant

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, 163002 Arkhangelsk, Russia; e-mail: jonlordeg@rambler.ru

Analysis of forest litter, as specific horizon in biogeocenosis, is important issue in forest science. One of the main factor of its formation is ground cover that largely determines thickness, stock and density of forest litter. The studying areas are located in spruce formations at northern subzone of taiga in the Arkhangelsk region. Three sampling area with strongly marked ground cover gradient were selected as research objects. It was broken into the regular grid with 5 meters lag, in each centre of which sample splitting of ground litter was realized. Parcels were allocated using standard methods. The maximum thickness of forest litter was noted in blueberry-sphagnous (6.4 cm), the minimum – in grass parcel (5 cm). It is related with high intensity transformation of «soft» litterfall. High rates of decomposition of litterfall determines the maximum of stock in grass parcel – 146 t/ha. The parcel with lifeless cover, with litterfall of spruce needles, accumulate the stock of forest litter 3 times as lower as grass parcel– 52 t/ha. Density of horizons affect to formation unique forest litter's structure for all parcels.

Keyword: forest litter, spruce formation, stock, thickness, composition density.

REFERENCES

1. Bogatyrev L.G., Telesina V.M. *Slovar' terminov i pokazateley, ispol'zuemykh pri izuchenii biologicheskogo krugovorota* [Glossary of Terms and Indicators, Used in Study of the Biological Cycle]. Moscow, 2010. 184 p.
2. Gerasimova M.I. Lesnye pochvy v pochvennykh klassifikatsiyakh [Forest Litter in Soil Classification]. 5 Vserossiyskaya nauchnaya konferentsiya po lesnomu pochvovedeniyu s mezhdunarodnym uchastiem "Raznoobrazie lesnykh pochv i bioraznoobrazie lesov" [5 Russ.Sci.Conf. on Forest Soil Science with International Participation "Variety of Forest Soils and Forest Biodiversity"]. Pushchino, 2013, pp. 3–5.
3. Gryaz'kin A.V. *Strukturnaya organizatsiya fitotsenozov yuzhnoy taygi (na primere el'nikov zelenomoshnoy gruppy tipov lesa)* [The Structural Organization of Plant Communities of the Southern Taiga (Exemplified by Moss Spruce Stands)]. St. Petersburg, 1999. 136 p.
4. Il'ina T.M., Sapozhnikov A.P. Lesnye podstilki kak komponent lesnogo biogeotsenoz [Forest Litter as a Component of Forest Biogeocenosis]. *Vestnik KrasGAU*, 2007, no. 5, pp. 45–48.
5. Karpacheskiy L.O. *Pestrotta pochvennogo pokrova v lesnom biogeotsenozе* [Variability of Soil Cover in Forest Biogeocenosis]. Moscow, 1977. 312 p.
6. *Metodicheskie rekomendatsii po opredeleniyu zapasov lesnoy podstilki i ee zol'nosti pri lesovodstvennykh issledovaniyakh* [Methodological Recommendation for Evaluating of Forest Litter Stock and its Ash Content in Forest Researches]. Moscow, 1979, 38 p.
7. Reshetnikova T.V. Lesnye podstilki kak depo biogennykh elementov [Forest Litter as a Container for Biogenesis Elements]. *Vestnik KrasGAU*, 2011, no. 12, pp. 74–81.
8. Solov'ev S.V. Lesnye podstilki kak pokazatel' lesovozobnovitel'nogo potentsiala lesov [Forest Litter as an Indicator of Forest Potential]. *Materialy Vserossiyskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem "Sostojanie lesov Dal'nego Vostoka i aktual'nye problemy lesoupravleniya"* [State Forests of the Far East and Urgent Problems of Forest Management: Proc. of the Russ. Conf.]. Khabarovsk, 2009, pp. 260–262.
9. Tsvetkov V.F. *Lesnoy biogeotsenoz* [Forest Biogeocenosis]. Arkhangelsk, 1999. 75 p.
10. Fortescue J.A.C. *Environmental geochemistry: a holistic approach*. New York. Springer-Verlag, 1980. 331 p.

Received on April, 01, 2014

УДК 630*232.411.11

**АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И РОСТА КУЛЬТУР СОСНЫ
И ЕЛИ В СЕВЕРО-ТАЕЖНОМ РАЙОНЕ**© *Н.Р. Сунгурова¹, канд. с-х наук, доц.**Р.В. Сунгуров², канд. с-х наук, доц., ст. науч. сотр.*¹Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, наб. Сев. Двины, 17, г. Архангельск, Россия, 163002; e-mail: nsungurova@yandex.ru²Северный НИИ лесного хозяйства, ул. Никитова, 13, г. Архангельск, Россия, 163062; e-mail: sungurov51@yandex.ru

Эффективность искусственного восстановления леса во многом обусловлена комплексом применяемых лесокультурных приемов. Изучены 23-летние опытные лесные культуры сосны и ели, заложенные на свежей луговиковой вырубке в Холмогорском лесничестве Архангельской области. В результате исследований установлено, что имеющиеся различия в приживаемости лесных культур, обусловленные качеством посадочного материала, отражаются на их росте. По основным таксационным (биометрическим) показателям они отмечаются как в конце первого года роста культур сосны и ели, так и в 23-летнем возрасте. Причем установившееся ранговое распределение, обусловленное качеством посадочного материала, отмечено при всех способах обработки почвы во все периоды наблюдений. В ходе наблюдений установлено, что способ обработки почвы также оказывает влияние на рост лесных культур. Как по приживаемости, так и по росту лучшими показателями обладают культуры, созданные по микроповышениям из перемешанных верхних органогенных и минеральных горизонтов почвы. Формирование микроповышений позволяет растениям противостоять неблагоприятным факторам внешнего воздействия. Полученные результаты позволяют заключить, что для формирования высокопродуктивных древостоев необходимого породного состава в целях сокращения оборота рубки, увеличения выхода деловой древесины в условиях северо-таежного района европейской части России целесообразно создавать лесные культуры. Достичь высоких результатов можно посредством применения основных лесокультурных приемов (обработка почвы и посадка качественного посадочного материала). К 23 годам культуры сосны растут по II классу бонитета и имеют запас около 150 м³/га, культуры ели – по III классу бонитета с запасом около 25 м³/га. Последующие работы по формированию древостоев лесоводственными приемами позволят повысить качество выращиваемых насаждений искусственного происхождения.

Ключевые слова: лесные культуры, сосна, ель, луговиковая рубка, продуктивность.

Введение

Эффективность искусственного восстановления леса во многом обусловлена комплексом применяемых лесокультурных приемов. В основном это подготовка вырубок посредством расчистки полос от пней и порубочных остатков, обработка почвы, использование качественного посевного и посадочного материала, своевременное проведение агротехнических и лесоводственных уходов. Однако на практике часто используют простейшие мероприятия по закладке лесных культур в целях минимизации финансовых расходов. В результате последующее выращивание искусственных насаждений

не всегда обеспечивает выход лесного фонда на планируемые параметры, что приводит к смене пород, ухудшению возрастной и бонитетной структуры. Разработка комплексного подхода к созданию и выращиванию искусственных насаждений целевого назначения является актуальной задачей в условиях рыночной экономики. В первую очередь это относится к древостоям ели, так как молодые посадки ели в условиях северо-таежного района европейской части России побиваются ранневесенними и позднелетними заморозками. Средняя периодичность возникновения заморозков составляет один раз в 2-3 года, их влияние заканчивается, когда лиственный полог будет оказывать предохраняющее воздействие, чаще в возрасте 20–30 лет, в зависимости от лесорастительных условий и используемых лесокультурных приемов. Выбор правильного способа и определение своевременных сроков проведения лесоводственных уходов за лесными культурами позволит снизить до минимума риск отрицательного воздействия низких температур и сформировать древостой требуемого состава и качества.

Методы исследования

Изучены 23-летние опытные лесные культуры сосны и ели, заложенные на свежей луговиковой вырубке в Холмогорском лесничестве Архангельской области (северо-таежный район европейской части России). Проанализированы два варианта обработки почвы под лесные культуры. Первый – минерализация почвы, когда на вырубке проводилась расчистка полос от пней, порубочных остатков и валежа толкателем клиновидным ТК-1,2 в агрегате с трактором ЛХТ-55. Во втором варианте, кроме расчистки полос теми же орудиями, почву обрабатывали плугом ПШ-1, формируя неглубокие дренирующие борозды и микроповышения из перемешанных верхних горизонтов почвы.

В эксперименте испытывали 2-летние тепличные сеянцы сосны и ели, рассортированные по методу комплексной оценки качества посадочного материала, разработанному учеными лаборатории лесных культур АИЛиЛХ (ныне ФБУ СевНИИЛХ) [3]. В методических указаниях по описанию метода предложены критерии сортировки посадочного материала на три группы по относительной массе, т. е. отношению индивидуальной массы растения к средней массе всей испытываемой партии. При сортировке сеянцев перед посадкой в первую группу выделяли растения с относительной массой менее 0,4 от средней, которые в последующем предлагалось браковать, во вторую – с относительной массой 0,4...1,2, используемые при создании культур как обычный стандартный посадочный материал, в третью – с относительной массой более 1,2. Это отборные, высокопродуктивные растения, применяемые как крупномерный посадочный материал. В качестве контроля использовали несортированные сеянцы. Посадку сеянцев проводили вручную, под лопату, весной 1986 г. Каждому растению присваивали номер.

Рельеф участка – повышенное плато с небольшим уклоном на север. Мезорельеф хорошо выражен вследствие карстовых явлений. Почва – подзол маломощный супесчаный гумусово-железистый на карбонатной глине, подстилаемой карбонатным песком.

Результаты исследования и их обсуждение

На луговиковых вырубках из-под черничных типов леса подзолистые супесчаные гумусово-иллювиальные и подзолистые легкосуглинистые почвы формируются обычно на двучленных наносах, верхняя (кроющая) часть которых имеет более легкий, нижняя – более тяжелый механический состав. В опытах для верхних горизонтов характерны меньшая объемная масса, большая пористость, лучшие водопроницаемость и аэрируемость в сравнении с нижними (табл. 1). Это в значительной степени определяет водно-воздушный режим почв и, в частности, объясняет возникновение верховодок в кроющей части двучлена. В подстилке сосредоточено наибольшее количество органического вещества, валовых и доступных форм азота, фосфора и калия (табл. 2). В подзолистом и иллювиальном горизонтах содержание гумуса практически не превышает 1,5...2,0 %, реакция почвы верхних горизонтов сильноокислая, насыщенность щелочно-земельными основаниями менее 30 %, доступных форм питательных элементов мало. На глубине реакция среды почвы доходит до слабокислой.

Таблица 1

Показатели водно-физических свойств почвы на участке опытных культур

Горизонт	Глубина, см	Плотность, г/см ³		Общая пористость	Полная влагоемкость
		сложения	твердой фазы		
A ₀	0...7	–	–	–	–
A ₂	7...17	1,21	2,59	53	44
B ₁	17...23	0,82	2,60	68	84
B ₂	23...34	1,26	2,64	52	42
B ₃	34...52	1,51	2,71	44	29
B ₄	52...73	1,48	2,70	45	30
BC	73...97	1,61	2,65	39	24
C	97...150	1,70	2,70	37	22

Таблица 2

Показатели химических свойств почвы на участке опытных культур

Горизонт	Глубина, см	Гумус	Общий азот	рН солевой суспензии	Подвижные формы, мг/100 г почвы	
		%			P ₂ O ₅	K ₂ O
A ₀	0...7	–	1,16	3,0	24,0	86,0
A ₂	7...17	1,22	0,01	3,2	1,6	3,3
B ₁	17...23	2,44	0,08	4,2	5,4	4,0
B ₂	23...34	0,94	0,05	4,4	16,5	3,2
B ₃	34...52	0,47	0,02	4,3	26,0	5,5
B ₄	52...73	0,62	0,03	3,8	26,0	10,7
BC	73...97	0,53	0,03	6,3	14,0	12,0
C	97...150	0,30	0,05	6,9	0,1	5,0

Механическая обработка существенно изменяет водный, пищевой, температурный и др. режимы почвы. Известно, что удаление напочвенного покрова и подстилки, имеющих низкую теплопроводность, а также обнажение минеральных горизонтов и перемешивание их с органогенными способствует лучшему прогреванию почвы [1]. Это особенно важно для условий Севера. Различия в интенсивности прогревания обработанной и целинной почвы обусловлены, прежде всего, мощностью, физико-механическими и тепловыми свойствами лесных подстилок и торфянистых горизонтов. Наибольший эффект в тепловой мелиорации достигается при интенсивной механической обработке почв, обладающих мощным рыхлым органогенным горизонтом. Наблюдения за температурным режимом и влажностью почвы в анализируемых вариантах опыта на протяжении трех лет после посадки показывают, что наиболее благоприятные условия складываются при обработке почвы плугом ПШ-1. Так, прогревание микроповышений на глубину до 30 см по сравнению с минерализованными полосами на 12...20 % выше в течение всего периода вегетации. Влажность почвы в 10-сантиметровом слое микроповышений в среднем ниже влажности почвы корчеванных полос на 51 %, в 20-сантиметровом – на 32 % [4].

Посадки семян, высаженных в почву без обработки (корчеванные полосы), в первые годы жизни хуже приживаются и растут (табл. 3). Приживаемость культур сосны в 23-летнем возрасте не определяли, так как в 15-летнем возрасте были проведены рубки ухода. Количество учтенных 23-летних растений сосны в анализируемых вариантах опыта варьируется от 1980 до 2456 шт./га в зависимости от вида посадочного материала и способа обработки почвы.

Таблица 3

Динамика приживаемости культур сосны

Способ обработки почвы	Группа семян по относительной массе	Приживаемость, %, при разных способах обработки почвы в возрасте, лет			
		1	3	11	15
Микроповышения	I	90,2	81,7	78,3	77,3
	II	96,0	91,2	84,7	84,3
	III	97,8	90,5	81,3	79,7
	Несортированные	97,0	88,3	82,3	80,7
Корчеванные полосы	I	85,3	78,1	65,4	62,2
	II	83,3	76,5	63,1	61,4
	III	96,4	89,8	77,1	76,1
	Несортированные	85,1	77,6	65,0	62,2

Приживаемость культур ели в 23-летнем возрасте на микроповышениях выше и колеблется в пределах 48,5...70,6 % (табл. 4), на корчеванных полосах этот показатель ниже. Следует отметить, что древостой вступил в фазу формирования и в последние 4–6 лет огромное влияние на приживаемость оказывают фитоценоотические факторы.

Таблица 4

Динамика приживаемости культур ели

Способ обработки почвы	Группа сеянцев по относительной массе	Приживаемость, %, при разных способах обработки почвы в возрасте, лет			
		4	6	16	23
Микроповышения	I	77,0	73,1	53,6	48,5
	II	80,0	77,7	70,8	55,5
	III	78,5	75,6	71,1	70,6
	Несортированные	78,4	75,7	65,9	62,0
Корчеванные полосы	I	45,3	39,7	36,6	34,7
	II	54,5	48,8	45,3	43,8
	III	65,6	58,7	52,6	51,8
	Несортированные	56,5	56,2	48,9	48,3

Имеющиеся различия в приживаемости лесных культур сосны, обусловленные качеством посадочного материала, наблюдаются в их росте. По основным таксационным (биометрическим) показателям их отмечают как в конце первого года роста культур, так и в 23-летнем возрасте (табл. 5, 6). Причем установившееся ранговое распределение, полученное за счет качества посадочного материала, наблюдается для всех способов обработки почвы и во все сроки наблюдений.

Способ обработки почвы также оказывает влияние на рост лесных культур ели. Как по приживаемости, так и по росту лучшие показатели имеют культуры, созданные по микроповышениям из перемешанных верхних органических и минеральных горизонтов почвы. Формирование микроповышений позволяет растениям противостоять неблагоприятным факторам внешнего воздействия.

Таблица 5

Динамика роста культур сосны

Способ обработки почвы	Группа сеянцев по относительной массе	Показатели* роста культур в возрасте, лет							
		4		11		15		23	
		H, см	D, см	H, м	D, см	H, м	D, см	H, м	D, см
Микроповышения	I	41,70	1,30	4,20	3,27	6,52	5,28	10,00	11,06
	II	58,70	1,70	4,72	3,54	6,65	5,35	10,21	11,52
	III	72,00	2,10	5,07	3,80	6,95	5,50	10,50	12,06
	**	58,60	1,70	4,67	3,52	6,76	5,43	9,95	10,96
Корчеванные полосы	I	39,90	1,00	3,40	2,79	5,94	4,65	9,82	10,66
	II	51,10	1,20	3,86	3,04	6,32	4,75	9,85	10,76
	III	66,80	1,60	4,60	3,45	6,82	5,10	10,03	10,89
	**	49,50	1,20	3,84	2,99	6,28	4,70	9,83	10,82

*Здесь и далее, в табл. 6, H – высота растения, D – его диаметр на высоте 1,3 м, а в 4–6 лет – у шейки корня.

**Здесь и далее, в табл. 6, несортированные сеянцы.

Таблица 6

Динамика роста культур ели

Способ обработки почвы	Группа сеянцев по относительной массе	Показатели роста культур в возрасте, лет							
		4		6		16		23	
		H, м	D, см	H, м	D, см	H, м	D, см	H, м	D, см
Микроповышения	I	21,7	0,5	42,4	1,0	1,0	–	2,2	1,79
	II	27,9	0,6	52,8	1,2	1,4	0,8	3,3	3,14
	III	33,3	0,7	57,7	1,3	2,1	1,8	4,4	4,43
	**	31,1	0,7	55,5	1,3	1,5	0,9	3,4	3,27
Корчеванные полосы	I	19,2	0,4	34,3	0,8	1,0	–	2,1	1,70
	II	25,8	0,5	49,8	1,2	1,2	–	2,5	2,19
	III	34,1	0,7	55,9	1,2	1,2	–	2,3	2,01
	**	28,4	0,6	49,5	1,1	1,0	–	1,8	1,35

Ель в условиях северо-таежного района европейской части России периодически побивается поздневесенними и раннелетними заморозками, что сказывается на ее качественных показателях. С.Н. Тарханов [6] отмечает, что развивающиеся побеги ели имеют слабую устойчивость к морозу от времени распускания почек до завершения роста побегов и формирования новых почек. Особенно опасны весенние заморозки в период распускания почек и в начале формирования молодых побегов, так как почки выходят из состояния покоя и утрачивают свою нечувствительность к низким температурам. Снижает негативное воздействие заморозков на рост культур наличие лиственного полога.

Культуры, заложенные по микроповышениям плуга ПШ-1, имеют лучшие показатели. Поэтому данную технологию создания культур сосны и ели следует рассматривать, как наиболее приемлемую для возможности унификации технологических решений при обработке почвы под лесные культуры в различных лесорастительных условиях. В этой связи считаем, что на луговиковых вырубках северо-таежного района европейской части России использование почвообрабатывающих орудий плужных конструкций не только допустимо, но и предпочтительно. Дальнейший поиск путей и средств повышения продуктивности искусственных насаждений целесообразно проводить в направлении оптимизации первоначальной густоты лесных культур, т. е. определении шага посадки и расстояния между рядами, мелиорирующих приемов, сроков и интенсивности лесоводственных уходов за лесными культурами.

На участке лесных культур изучался ход естественного лесовозобновления в 23-летнем возрасте. Лиственный ярус представлен в основном березой в количестве 3602 шт./га, которая имеет средние значения по высоте 5,6 м, диаметру 4,6 см, запасу стволовой древесины 37,1 м³/га.

Рассматривая результаты формирования сосново-березового древостоя на луговиковой вырубке, следует отметить, что к 23 годам сосна опережает в росте появившуюся в последующие годы березу на 44...62 % и растет по II классу бонитета, имея запас стволовой древесины 147,0 м³/га [5]. Следует отметить, что древостои естественного происхождения в данных лесорастительных условиях формируются по III классу бонитета. Общий состав древостоя 8С2Б. Количество сосны, составляющее 2028...2456 шт./га, позволит обеспечить к возрасту главной рубки формирование хвойного по составу древостоя.

Анализ результатов формирования березово-елового древостоя на луговиковой вырубке показал, что к 23 годам ель на 32...61 % уступает в росте березе, появившейся в последующие годы, и растет по III классу бонитета, имея запас стволовой древесины 24,9 м³/га [5]. Общий состав древостоя 5Е5Б. Количество ели, составляющее 2220...3224 шт./га, позволит обеспечить к возрасту главной рубки формирование хвойного по составу древостоя.

Лесоводственные уходы в культурах сосны проводились, когда молодняки достигали 15-летнего возраста. Главная цель рубок ухода в сосновых молодняках, произрастающих в наиболее производительном черничном типе леса, – не допустить формирования березово-сосновых насаждений [7]. Авторы рекомендуют проводить разреживание таких молодняков и отмечают, что для формирования целевого состава насаждений искусственного происхождения к 25–30 годам деревьев сосны должно оставаться 1,0...1,1 тыс. шт./га, березы – 0,2 тыс. шт./га.

Лесоводственные уходы в культурах ели не проводились. Вместе с тем, исследования в этом направлении показывают, что главная цель рубок ухода в еловых молодняках, произрастающих в наиболее производительном черничном типе леса, – выращивание крупномерной пиловочной древесины, второстепенная – создание условий для выращивания крупномерной высококачественной березы [7]. Авторы рекомендуют первый прием рубок уход непосредственно за елью не проводить, оставлять исходное число стволов для ускорения естественной дифференциации и отбора наиболее жизнеспособных экземпляров. В таких насаждениях, по-нашему мнению, необходимо начинать лесоводственные уходы за рядами культур в возрасте 12–15 лет. При этом необходимо удалять мягколиственные породы таким образом, чтобы избежать охлестывания центрального побега ели и побивания его морозом.

Создание оптимальных условий по площади питания – задача последующих приемов рубок ухода и при формировании целевого состава насаждений искусственного происхождения, к 30–40 годам должно оставаться 1,0...1,2 тыс. шт./га деревьев ели.

Более того, Н.С. Минин [2] отмечает, что удаление лиственных и некоторой части хвойных пород при проведении рубок скажется на накоплении надземных элементов фитомассой оставшейся части насаждения. Стволовая

масса культур на участках, пройденных рубками ухода, накапливается быстрее, чем на непройденных. В дальнейшем это приведет к выходу более крупных сортиментов.

Таким образом, для формирования высокопродуктивных древостоев необходимого породного состава в целях сокращения оборота рубки, увеличения выхода деловой древесины в условиях северо-таежного района европейской части России целесообразно создавать лесные культуры. Достичь высоких результатов можно за счет применения основных лесокультурных приемов (обработка почвы и посадка качественного посадочного материала). В результате к 23 годам культуры сосны растут по II классу бонитета и имеют запас около 150 м³/га, культуры ели – по III классу бонитета с запасом около 25 м³/га. Последующие работы по формированию древостоев лесоводственными приемами позволят повысить качество выращиваемых насаждений искусственного происхождения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Варфоломеев Л.А., Пигарев Ф.Т., Сенчуков Б.А. Изменение температурного режима почв заболоченных вырубок под воздействием обработки их под лесные культуры //Тез. Всесоюзн. совещ. по вопросам питания древесных растений и повышения продуктивности насаждений, 23–27 сент. 1969 г. Петрозаводск: Кар. филиал АН СССР, 1969. С. 76–77.
2. Минин Н.С. Особенности накопления органического вещества в надземной части культур сосны под влиянием рубок ухода // Проблемы экологии на Европейском Севере: сб. науч. тр. Архангельск: Изд-во АГТУ, 1992. С. 35–38.
3. Пигарев Ф.Т., Беляев В.В., Сунгуров Р.В. Комплексная оценка качества посадочного материала и его применение на Европейском Севере: метод. указ. Архангельск: Изд-во «Правда Севера», 1987. 16 с.
4. Сунгурова Н.Р., Сунгуров Р.В. Выращивание культур сосны на луговиковой вырубке северной подзоны тайги // Лесн. журн. 2012. №4. С. 56–63. (Изв. высш. учеб. заведений).
5. Таблицы хода роста березово-еловых насаждений в северной подзоне тайги // Лесотаксационный справочник по северо-востоку европейской части РФ: нормативные материалы для Ненецкого автономного округ, Архангельской, Вологодской областей и Республики Коми)/Федер. агентство лесного хозяйства, ФБУ СевНИИЛХ; [сост. Войнов Г.С. и др.]. Архангельск: ОАО ИПП «Правда Севера», 2012. 672 с.
6. Тарханов С.Н. Изменчивость ели в географических культурах Республики Коми. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 196 с.
7. Чибисов Г.А., Вялых Н.И., Минин Н.С. Рубки ухода за лесом на Европейском Севере: практ. пособие. Архангельск: ГУП «Соломбальская типография», 2004. 128 с.

Поступила 14.04.14

UDC 630*232.411.11

**The Analysis of the Condition and Growth of Pine and Spruce Crops
in the North-Taiga District**

N.R. Sungurova¹, *Candidate of Agriculture, Associate Professor*

R.V. Sungurov², *Candidate of Agriculture, Associate Professor, Senior Researcher*

¹Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russia; e-mail: nsungurova@yandex.ru.

²Northern Research Institute of Forestry, Nikitova, 13, Arkhangelsk, 163062, Russia; e-mail: sungurov51@yandex.ru.

The effectiveness of artificial forest recovery is largely due to the complex applied silvicultural techniques. 23-year old forest crops of pine and spruce, laid on the fresh meadow felling area in the Arkhangelsk region have been studied. As a result of studies it has been established that the differences in survival rate of forest cultures, due to the quality of planting material, are observed in their growth. On the basic valuation or biometric indicators, they are recorded as at the end of the first year of pine and spruce crop growth, and at the age of 23. Moreover, the steady rank distribution, due to the quality of planting material, is observed on all methods of tillage at all times of observations. Observations have shown that the method of tillage also influence on the growth of forest cultures. As for establishment and growth the best indicators have culture, created by microincrease of intermixed upper organic and mineral soil horizons. The formation of microincrease allows plants to withstand adverse factors of external influence. Conducted researches allow to conclude, that for formation of high-productive forest stands desired species composition, purposely of reducing cutting interval, increase the output of timber in the North-taiga region of the European part of Russia it is appropriated to establish forest crops. It is possible to achieve high results through the application of the basic silvicultural techniques - tillage and planting using quality planting material. As a result, 23 years pine crops grow in II growth class and have a reserve of about 150 m³/ha and spruce crops - III growth class with a reserve of about 25 m³/ha. Subsequent work on formation of the forest stands by forest management techniques will improve the quality of cultivated plants of artificial origin.

Keywords: forest cultures, pine, spruce, meadow felling area, productivity.

REFERENCES

1. Varfolomeev L.A., Pigarev F.T., Senchukov B.A. *Izmenenie temperaturnogo rezhima pochv zabolochennykh vyрубok pod vozdeystviem obrabotki ikh pod lesnye kul'tury* [Change of the Temperature Regime of Soils of Waterlogged Felling Under the Influence of Processing Them for Plantations]. *Tez. Vsesoyuzn. soveshch. po voprosam pitaniya drevesnykh rasteniy i povysheniya produktivnosti nasazhdeniy 23-27 sentyabrya* [Abstracts of the all-Union Meeting on Nutrition of Tree Plants and Increase of the Plantations Productivity, 23-27 September]. Petrozavodsk, 1969, pp. 76–77.
2. Minin N.S. *Osobennosti nakopleniya organicheskogo veshchestva v nadzemnoy chasti kul'tur sosny pod vliyaniem rubok ukhoda* [Peculiarities of Accumulation of Organic

Matter in the overground Part of the Pine Crops Under the Influence of Thinning]. *Problemy ekologii na evropeyskom Severe* [Problems of ecology in the European North: Collected Papers]. Arkhangelsk, 1992, pp. 35–38.

3. Pigarev F.T., Belyaev V.V., Sungurov R.V. *Kompleksnaya otsenka kachestva posadochnogo materiala i ego primeneniye na Evropeyskom Severe* [The Complex Estimation of the Planting Material Quality and its Application in the European North]. Arkhangelsk, 1987. 16 p.

4. Sungurova N.R., Sungurov R.V. Vyrashchivaniye kul'tur sosny na lugovikovoy vyrubke severnoy podzony taygi [Results of Pine Growing in Meadow Felling Areas of the Northern Subzone of Taiga]. *Lesnoy Zhurnal*, 2012, no. 4, pp. 56–63.

5. *Forest Inventory Guide for the North-East of the European Part of the USSR (Standards for the Arkhangelsk and Vologda Regions, and the Komi ASSR)*. Arkhangelsk, 2012. 672 p. (in Russian)

6. Tarkhanov S.N. *Izmenchivost' eli v geograficheskikh kul'turakh Respubliki Komi* [Variability of Spruce in the crops of the Komi Republic]. Ekaterinburg, 1998. 196 p.

7. Chibisov G.A., Vyalykh N.I., Minin N.S. *Rubki ukhoda za lesom na Evropeyskom Severe* [Thinning for Forests in the European North]. Arkhangelsk, 2004. 128 p.

Received on April, 14, 2014

УДК 630*232

ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ЛЕСОСИБИРСКА

© *Е.В. Горяева, канд. с.-х. наук, доц.*

А.П. Мохирев, канд. техн. наук, доц.

Лесосибирский филиал Сибирского государственного технологического университета, ул. Победы, 29, г. Лесосибирск, Красноярский край, Россия, 662543; e-mail: gor-elka@yandex.ru; ale-mokhirev@yandex.ru

Современные информационные технологии значительно расширяют возможности использования информационных ресурсов в различных отраслях промышленности, в том числе и в лесном хозяйстве. Развитие информационных технологий направлено на различные виды деятельности: автоматизацию документооборота, учета и планированию; коммуникацию; управление технологией производства и др. Одними из перспективных, востребованных и интенсивно развивающихся являются географические информационные системы, применяемые в лесном хозяйстве и лесоустройстве. Особенно удачно они могут использоваться для автоматизации внесения изменений в материалы лесоустройства и оптимизации управления лесным фондом в целом. В Лесосибирском филиале Сибирского государственного технологического университета по результатам проведенных научных исследований разработана методика инвентаризации и составления электронного дендроплана насаждений на основе географических информационных систем. Методика апробирована на зеленых насаждениях г. Лесосибирска Красноярского края и может быть использована на других территориях. В процессе обследования зеленых насаждений определяли породу древесного растения, состояние, степень опасности для жителей, измеряли высоту и диаметр. Таксацию насаждений производили методом сплошного перечета деревьев. Часть этих операций проводили с помощью электронного дендрометра. Каждому дереву (группе деревьев) присваивался инвентарный номер, под которым древесное растение числилось в ведомости и на дендроплане. Одновременно с таксацией деревьев составляли полевые абрисы обследуемых участков с нанесением на них расположения осммотренных деревьев, определяли их компенсационную стоимость. Компенсационная стоимость, зависящая от породы, размеров дерева, его социально-экологической значимости, местоположения и состояния, исчисляется путем умножения количества деревьев каждой породы на компенсационную стоимость одного дерева этой породы. Результаты вносятся в электронную инвентаризационную ведомость. В процессе апробации методики сформирована инвентаризационная ведомость древесной и кустарниковой растительности и электронный дендроплан. Для каждого дерева в этих документах отражены следующие данные: инвентарный номер, высота, диаметр, состояние и отметка или рекомендация о необходимости проведения ухода или других мероприятий, компенсационная стоимость. Электронный дендроплан обеспечивает простоту и эффективность работы. На основании полученных результатов определен породный состав насаждений города, выявлены опасные, больные, старые и другие деревья, потерявшие свою экологическую и са-нитарно-гигиеническую эффективность. Даны рекомендации по совершенствованию зеленых зон г. Лесосибирска. Методика может использоваться

для учета, инвентаризации и управления городскими зелеными насаждениями на других городских территориях.

Ключевые слова: городские леса, ГИС-технологии, дендроплан, инвентаризация лесов.

Введение

Ведение лесного хозяйства связано с решением разнообразных задач: рациональное использование лесов, удовлетворение потребностей общества в древесине и других недревесных продуктах леса, усиление защитных свойств лесов, повышение их продуктивности, охрану их от пожаров, защиту от болезней и насекомых-вредителей, воспроизводство и умножение лесных богатств [2].

Планирование, проектирование и реализация лесохозяйственных мероприятий, а также контроль за качеством их исполнения немислимы без использования картографического материала различной тематики, точности и масштаба. Лесные и тематические карты, схемы, абрисы, планшеты являются основным продуктом лесоустройства при государственной инвентаризации лесов, в рабочей документации лесничеств, входят в состав проектов освоения лесных участков и используются отраслевой службой авиалесоохраны.

Современное лесное хозяйство широко применяет инновационные разработки, электронные ресурсы, географические информационные системы (ГИС-технологии) в области создания и редактирования картографического материала. Цифровая карта приходит на смену бумажным носителям. При использовании цифровой карты в качестве рабочего материала в нее можно вносить текущие изменения в лесном фонде.

В настоящее время в лесном хозяйстве и лесной промышленности используется множество программ от разных производителей: MapInfo, TopoL, ГеоГраф/GeoDraw, ЛабМастер, WinGIS/WinMap, ArcInfo, ArcView, MapEDIT, Easy Trace, ForsGIS, AviaFireProc, ERDAS, ГИС «Лесные пожары», ГИС «Лесные ресурсы» и др. Как показывают исследования [3], проблемы внедрения информационных систем, в том числе и географических, в лесное хозяйство существуют.

В настоящее время ГИС, применяемые в лесном хозяйстве и лесоустройстве, востребованы и интенсивно развиваются. Особенно удачно они могут использоваться для автоматизации внесения изменений в материалы лесоустройства и оптимизации управления лесным фондом в целом. С точки зрения разработчиков основным направлением развития ГИС в ближайшее время будет улучшение интерфейса пользователя программ, повышение их надежности и увеличение степени автоматизации [1].

В Лесосибирском филиале Сибирского государственного технологического университета (ЛфСиБГТУ) ГИС-технологии используются для создания управления лесопользованием [4, 5], а также для проведения инвентаризации зеленых насаждений г. Лесосибирска.

Лесосибирск – город краевого подчинения, приравненный к районам Крайнего Севера, образован в 1975 г. Город расположен на заболоченной местности, в 275 км севернее г. Красноярска и в 30 км от устья р. Ангары, на берегу р. Енисей. Площадь города 277 км², население – около 60 тыс. чел. Центр лесопиления и лесохимии.

Городские леса относятся к категории защитных лесов и режим пользования этими лесами должен быть строго регламентирован, за этой категорией лесов необходим постоянный уход и контроль. В г. Лесосибирске уход за городскими лесами, который заключается в основном в вырубке опасных деревьев, проводится жилищно-коммунальными службами. Не определена четкая ведомственная принадлежность городских лесов, отсутствует система инвентаризации зеленых насаждений и контроля за их состоянием и сохранностью (незаконные рубки, нанесение вреда, повреждения, таксационное описание древесной и кустарниковой растительности).

В связи с этим при поддержке отдела архитектуры и градостроительства администрации г. Лесосибирска в ЛфСиБГТУ создана и апробирована методика инвентаризации городских зеленых зон, создан электронный дендроплан древесно-кустарниковой растительности г. Лесосибирска с использованием ГИС-технологий.

Материалы и методы исследований

При обследовании определяли породу (вид) древесного растения, состояние, степень опасности для здоровья и жизни жителей, измеряли высоту и диаметр деревьев. Таксацию насаждений проводили методом сплошного пересчета деревьев. Часть этих операций выполнена электронным дендрометром.

Определение вида деревьев и кустарников не предполагало уточнение их рода, так как для выполнения поставленных в работе задач (например, определение компенсационной стоимости) этого не требуется.

Каждому дереву (группе деревьев) присваивался инвентарный номер, под которым древесное растение числилось в ведомости и на дендроплане.

Результаты вносили в электронную инвентаризационную ведомость, созданную на базе программы «Microsoft Excel».

Одновременно с таксацией деревьев составляли полевые абрисы обследуемых участков с нанесением на них расположения осмотренных деревьев. Впоследствии эти данные переносили на дендроплан.

Компенсационную стоимость древесной и кустарниковой растительности определяли в зависимости от породы, размеров дерева, его социально-экологической значимости, местоположения и состояния [6, 7]. Компенсационную стоимость насаждений вычисляли, как для отдельно растущей древесной растительности, путем умножения количества деревьев каждой породы на компенсационную стоимость одного дерева этой породы.

Экспериментальная часть

Результатами проделанной работы являются инвентаризационная ведомость древесной и кустарниковой растительности, электронный дендроплан, таксационные характеристики городских лесов и анализ их состояния.

Инвентаризационная ведомость составлена в среде Excel (рис. 1). Для каждого дерева в ней отражены следующие данные: инвентарный номер, порода (вид), высота, диаметр, состояние и отметка или рекомендация о необходимости проведения ухода или др. мероприятий. Желтой заливкой отмечены кустарники, красной – деревья, требующие срочной рубки по состоянию, синей – опасные деревья, расположенные близко к домам или линиям электропередач.

Инвентарный номер	Наименование породы	Кол-во в шт.	Диаметр, см	Возраст	Высота, м	Характеристика состояния зеленых насаждений	Заключение	Компенсационная стоимость	Расположение на карте
1	Береза	1	16,5		11			12453,50	
2	Береза	2	22,22		13,5	На проводах	Обрезать	27228,00	
3	Тополь	5	20		13			24840,00	
4	Береза	1	20		12			13614,00	
5	Береза	1	22		12			13614,00	
6	Тополь	2	42,5; 40		17; 18	Большое		24459,00	
7	Тополь	1	26		12			6168,00	
8	Тополь	2	22; 20		8; 8			4968,00	
9	Береза	1	20		12	Рядом с проводами	Выпилить	13614,00	
10	Береза	3	24,5; 23;		13; 12; 12			44334,00	
11	Черемуха	4							
12	Береза	1	23		11			14778,00	
13	Береза	1	31		13			17823,00	
14	Береза	1	22		12			13614,00	
15	Береза	1	22		12	Слабоустойчив	Выпилить	13614,00	
16	Тополь	1	22		14	Вблизи проводов	Обрезать	4968,00	
17	Тополь	2	39,43,5		17; 18	Вблизи проводов	Обрезать	24459,00	

Рис. 1. Инвентаризационная ведомость

Электронный дендроплан (рис. 2) составлялся в среде «ГИС Карта 2011» КБ «Панорама» и накладывается отдельным слоем на растровую карту города. Каждому дереву или группе деревьев присваиваются характеристики, полученные в результате проведенных полевых исследований, которые заносятся в информационный блок данных. Базой данных при этом является инвентаризационная ведомость.

Электронный дендроплан прост, удобен и эффективен в работе, так как при наведении на точку (дерево) или насаждение в появляющемся окне отражается вся информация, имеющаяся в инвентарной ведомости.

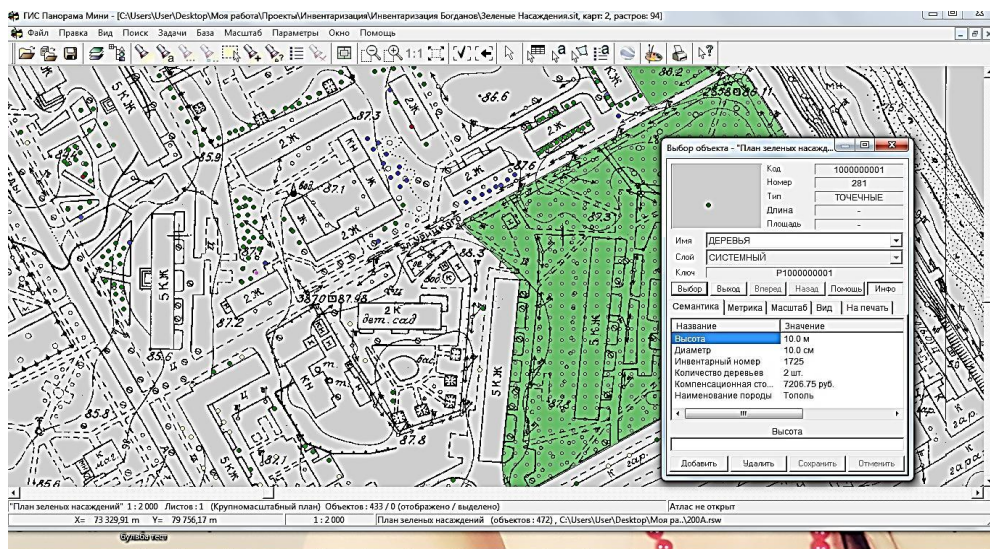


Рис. 2. Электронный дендроплан

Результаты и их обсуждение

Система зеленых насаждений города – это взаимосвязанное равномерное размещение городских насаждений, определяемое сложившейся системой развития, предусматривающее связь с загородными насаждениями. Зеленые массивы того или иного функционального назначения являются органической частью города как в границах застройки, так и за ее пределами.

Зеленые насаждения в городе улучшают микроклимат городской территории, создают хорошие условия для отдыха на открытом воздухе, предохраняют от чрезмерного перегрева почву, стены зданий и тротуары. Город Лесосибирск является промышленным экологически не безопасным городом, поэтому система логически правильно расположенных зеленых насаждений в городе необходима.

Породный состав обследованных насаждений древесной и кустарниковой растительности представлен на рис. 3, 4.

Диаграмма (рис. 3) показывает, что большую часть зеленой зоны занимают лиственные породы: березы пушистая (*Bétula pubéscens*) и лая (*Bétula péndula*) – 53 %; тополь бальзамический (*Populus balsamifera*) – 31 %. Из хвойных пород преобладают: сосна обыкновенная (*Pínus sylvéstris*) – 2 %, ель сибирская (*Píceа obováta*), пихта сибирская (*Ábies sibírica*), лиственница сибирская (*Lárix sibírica*) и сосна кедровая (*Pínus sibírica*) составляют по 1 % от общего состава зеленой зоны.

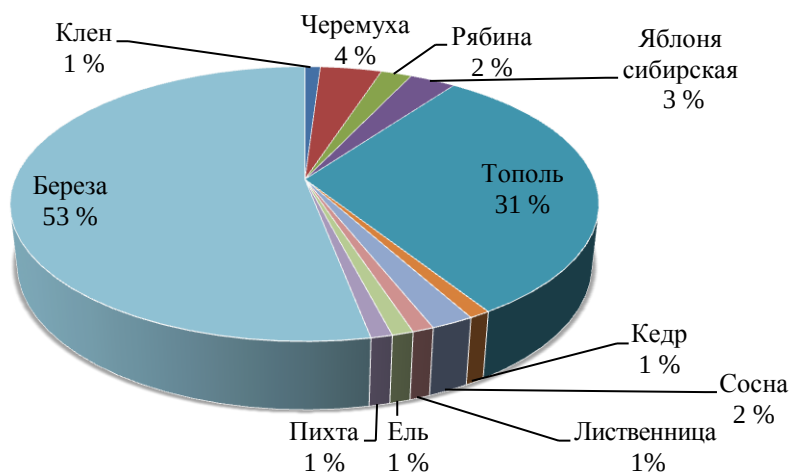


Рис. 3. Породный состав древесной растительности южной части города

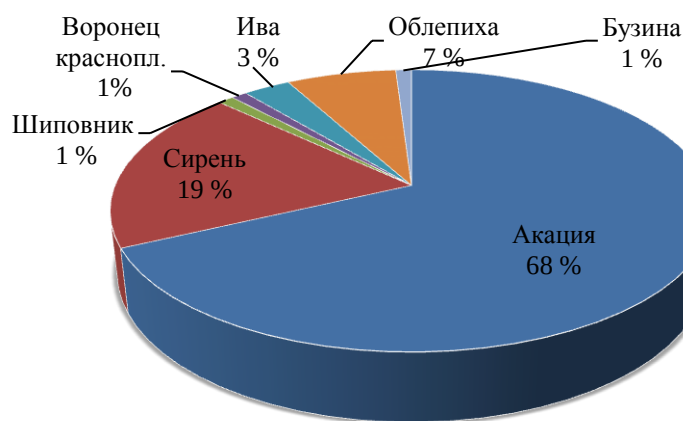


Рис. 4. Видовой состав кустарниковой растительности южной части города

Анализ породного состава кустарниковой растительности (рис. 4) показал, что из кустарников преобладают акация желтая (*Caragana arborescens* Lam.) – 68 %, сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris*) составляет 19 %, облепиха (*Hippophaë* L.) – 7 %. Расположение кустарниковой растительности не равномерное: акация произрастает группами, сирень высажена единично и полосами.

При озеленении города не использовали планомерное проектирование. Большая часть древесной и кустарниковой растительности возникла естественным путем. Интродуцентами являются тополь, клен, акация, сирень и облепиха.

Деревья, растущие вблизи жилых домов и линий электропередач, могут представлять опасность для жителей города и требуют рубки или обрезки. Нами был произведен анализ состояния деревьев зеленой зоны.

К категории «деревья, требующие срочной рубки» отнесены 2 % больных, усыхающих, угнетенных, сухостойных и старых деревьев.

К категории «опасные деревья» отнесены 3 % древесных растений, представляющих угрозу жизни и здоровью местного населения или угрозу повреждения линий электропередач, городских строений и сооружений. Тополя, подвергнутые неоднократной обрезке, отличаются деградацией и кризисной ствола.

При обследовании деревьев зеленой зоны измеряли их высоту (H) и диаметр (D). Средние размеры деревьев по породам: береза – $H = 20,1$ м, $D = 20$ см; тополь – $H = 17,0$ м и 33 см; черемуха – 12,0 м и 7 см; сосна – 15,0 м и 9 см; рябина – 8,0 м и 8 см; лиственница – 20,0 м и 15 см; ель – 12,0 м и 6 см.

Исходя из размеров деревьев по таблицам хода роста нами выявлено, что деревья березы, тополя, черемухи и рябины находятся в возрасте естественной спелости и в ближайшие 10–20 лет их необходимо удалить и заменить новыми древесными растениями.

Заключение

В г. Лесосибирске отсутствует система планового проектирования озеленения, которая должна проводиться по специальным нормам и правилам с тщательным подбором состава древесно-кустарниковой растительности и способа озеленения. Большая часть древесно-кустарниковой растительности, находящейся в возрасте естественной спелости, требует замены на более молодые, продуктивные насаждения. Состав кустарниковой растительности разнообразен, но в количественном отношении преобладает акация. Кустарники произрастают естественным образом, но их эстетический вид и санитарно-гигиеническое состояние в большинстве случаев неудовлетворительное.

В городе необходимо создание системы мониторинга за состоянием зеленой зоны. Для этого следует использовать электронные карты, географические информационные системы.

Необходимо проводить ландшафтные рубки и регулярный уход за древесной и кустарниковой растительностью в целях удаления опасных, больных, старых деревьев; осуществлять мероприятия по целевому проектированию озеленения города; использовать закономерности построения ландшафтно-архитектурных композиций (перспектива, ритм, масштабность и др.) и применять их на стадии проектирования элементов озеленения, чтобы зеленые насаждения органично сочетались с архитектурой и эстетикой города, создавали его неповторимый облик.

Рекомендуется введение новых интродуцированных видов и декоративных форм и сортов древесных растений в озеленение общественно-значимых мест города.

При проектировании озеленения санитарно-защитных зон промышленных предприятий следует отдавать предпочтение созданию смешанных древесно-кустарниковых насаждений, обладающих большой биологической устойчивостью и более высокими декоративными свойствами по сравнению с однопородными посадками. При этом не менее 50 % общего числа высаживаемых деревьев должна занимать главная древесная порода, обладающая наибольшей санитарно-гигиенической эффективностью, жизнеспособностью в данных почвенно-климатических условиях и устойчивостью по отношению к выбросам промпредприятий. К таким породам относятся тополь и сирень, остальные являются дополнительными, способствующими лучшему росту главной породы, например, береза, пихта и сосна. Менее устойчивые породы, но дающие большой эффект в очистке воздуха, размещаются внутри массива под прикрытием опушечных посадок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блохин Д.Ю. Гис-технологии в лесном хозяйстве и лесной промышленности // VII Междунар. науч.-техн. конф. «Лес-2006». Режим доступа: <http://science-bsea.bgita.ru/>.
2. Лесной кодекс РФ. Принят ГД ФС РФ 08.11.2006 г. М.: Проспект, КноРус, 2010. 48 с.
3. Мохирев А.П., Горяева Е.В., Дрягин В.В. Проблемы внедрения информационных систем в управление лесопользованием // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. науч. тр. по итогам междунар. науч.-техн. конф. Вып. 33. Брянск: БГИТА, 2012. С. 22–25.
4. Мохирев А.П., Дрягин В.В. Экономическая оценка лесосеки с помощью ГИС // Экономика и эффективность организации производства: сб. науч. тр. по итогам междунар. науч.-техн. конф. 2011 г. Брянск: БГИТА, 2011. С. 42–45.
5. Мохирев А.П., Егармин П.А. Географическая информационная система планирования оптимального освоения лесного фонда // Системы. Методы. Технологии. 2011. № 12. С. 172–176.
6. Об утверждении порядка сноса зеленых насаждений на территории г. Красноярска (вместе с «Методикой определения восстановительной стоимости зеленых насаждений в случае их вынужденного сноса или повреждения»): постановление администрации г. Красноярска от 21.06.2006 № 535 (ред. от 27.04.2007).
7. Об утверждении методики оценки стоимости зеленых насаждений и исчисления размера ущерба и убытков, вызываемых их повреждением и (или) уничтожением на территории Москвы: постановления правительства Москвы от 08.04.2003 № 228-ПП и от 29.07.2003 № 616-ПП.

Поступила 11.03.14

UDC 630*232

Inventory of Green Planting Using Geographic Information Systems Technology by the Example of Lesosibirsk

E.V. Goryaeva, *Candidate of Agriculture, Associate Professor*

A.P. Mokhirev, *Candidate of Engineering, Associate Professor*

Lesosibirsky Branch of the Siberian State Technological University, Pobedy, 29, Lesosibirsk, Krasnoyarsk territory, 662543, Russia; e-mail: gor-elka@yandex.ru, ale-mokhirev@yandex.ru

Modern information technologies greatly expand the use of information resources in various industries, including forestry. Development of information technologies is directed at a variety of activities workflow, planning and accounting, communication, management and production technology, and others. One of the most promising are geographic information systems. Currently geographic information systems, used in forestry and forest management, are demanded and they develop intensively. Particularly successful they can be used to automate changes in forest inventory materials and optimizing the management of the forest fund as a whole. In Lesosibirsk branch of Siberian State Technological University on the results of research a technique of an electronic inventory and planting crops on the basis of geographic information systems are developed. The method was tested on the green areas of Lesosibirsk in Krasnoyarsk territory and can be used in other areas. During the examination of green planting woody plant species, condition, degree of danger to residents are defined, height and diameter of trees are measured. Valuation of planting is made by continuous tally of trees. Some of these transactions are conducted by electronically dendrometer. Each tree (group of trees) is assigned an identification number under which the woody plant is listed in the statements and dendroplan. Simultaneously with the valuation field contours of inspected areas are composed with drawing on them the location of the examined trees, and their compensatory cost is determined. Compensatory cost depends on the breed, the size of the tree, its socio-ecological significance, location and condition. Compensatory cost of planting is calculated as separately growing woody vegetation, by multiplication the number of trees of each breed on compensatory cost of one tree of this breed. The results are entered into the electronic inventory. In the process of approbation of techniques was formed inventory of wood and shrub vegetation and electronic dendroplan. For each tree they reflect the following: inventory number, height, diameter, condition and mark or recommendation on the need for maintenance or other activities, compensatory cost. Electronic dendroplan provides simplicity and efficiency. Based on the results has been determined the species composition of plants of the city, have been revealed dangerous, sick, old and other trees, losted their ecological and sanitary-hygienic efficiency. Recommendations on the improvement of green areas of Lesosibirsk have been given. Technique can be used for accounting, inventory and management of urban green planting in other urban areas.

Keywords: amenity forests, geographic information systems technology, dendroplan, forest inventory.

REFERENCES

1. Blokhin D. Yu. Gis-tehnologii v lesnom khozyaystve i lesnoy promyshlennosti [Gis-Technologies in Forestry and Forest Industry]. "Les-2006" VII Mezhdunarodnaja nauchno-tehnicheskaja konferenciya ["Forest-2006". Proc. VII Int. Sci.Tech. Conf.]. Available at: <http://science-bsea.bgita.ru/>
2. Forest Code of Russian Federation: Federal Law of 08.11.2006 (in Russian).

3. Mokhirev A.P., Goryaeva E.V., Dryagin V.V. Problemy vnedreniya informatsionnykh sistem v upravlenie lesopol'zovaniem [Problems of Introduction of Information Systems in Forest Management]. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa. Sbornik nauchnykh trudov po itogam mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Topical Problems of Forest Complex. Collected Papers of Proc.of Int. Sci.Tech.Conf.]. Bryansk, 2012, vol. 33, pp. 22–25.

4. Mokhirev A.P., Dryagin V.V. Ekonomicheskaya otsenka leseški s pomoshch'yu GIS [Economic Evaluation of the Logging Area Using GIS]. *Ekonomika i effektivnost' organizatsii proizvodstva. Sbornik nauchnykh trudov* [Economic and Efficiency of Manufacture Organization. Collected Papers]. Bryansk, 2011, pp. 42–45.

5. Mokhirev A.P., Egarmin P.A. Geograficheskaya informatsionnaya sistema planirovaniya optimal'nogo osvoeniya lesnogo fonda [Geographic Information System of Planning Optimal Use of Forest Fund]. *Sistemy. Metody. Tekhnologii*. Bratsk, 2011, no. 12, pp. 172–176.

6. *On Approval of the Demolition Order of Green Plantations on the Territory of Krasnoyarsk: Enactment of Krasnoyarsk Administration of 21.06.2006, no. 535* (In Russian)

7. *On approval of Methodology of Cost Estimation of Green Plantations and Calculation of Damages and Losses Caused Their Damage and / or Destruction on the Territory of Moscow: Enactments of Moscow government of 08.04.2003, no. 228-PP, of 29.07.2003, no. 616-PP* (In Russian)

Received on March, 11, 2014

УДК 630*5

**ТОВАРНАЯ СТРУКТУРА ЛЕСНОГО МАССИВА СЕВЕРОТАЕЖНЫХ
ЕЛЬНИКОВ И ОЦЕНКА КЛАССОВ ТОВАРНОСТИ**© *С.В. Коптев, канд. с.-х. наук, доц.*

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

Товарность крупных лесных выделов ельников северотаежного лесотаксационного района является неоднородной. Это связано с особенностями проведения лесоустроительных и лесоинвентаризационных работ на Европейском Севере. Нормативы таксации товарной структуры насаждений, предназначенные для прогнозных расчетов в крупных лесных массивах и сырьевых базах, построены на основе вероятности распределения числа деревьев той или иной качественной категории по грациям толщины. Для корректного использования нормативов таксации товарной структуры в лесных массивах необходимо знать особенности распределения древостоев по запасам и выходу наиболее ценных сортиментов. Ошибка в отнесении древостоя к тому или иному классу товарности недопустима при таксации. Поэтому важно иметь определенные придержки и рекомендации по определению класса товарности древостоя. Для практической таксации необходимы рекомендации по отнесению деревьев к той или иной категории технической годности в связи с наличием внутренних пороков древесных стволов. Как один из наиболее явных и измеримых признаков рассматривается сбеги ствола в комлевой части.

Ключевые слова: однородность, ряды распределения, товарные таблицы, деловая древесина, категории крупности, классы товарности, фаутность, категории технической годности, сбеги ствола.

В сравнительно многолесном северотаежном районе лесоустройство проводится преимущественно по 2-3 разрядам. При этом мелкие однородные участки леса (выделы) объединяются с соседними участками. Получаемые укрупненные выделы часто имеют неоднородную структуру. Неоднородность лесных участков, выделяемых при лесоинвентаризации, отмечали в своих работах А.Г. Мошкалева [5], И.И. Гусев [3] и другие исследователи. Это приводит к изменению распределения числа деревьев по ступеням толщины и товарной структуры по сравнению с однородными выделами.

В целях выявления возможности корректного использования товарных таблиц для прогноза и оценки товарной структуры крупных выделов в ельниках Европейского Севера нами были проведены исследования их однородности. Для этого в крупных выделах (протяженностью 700 и 1600 м), имеющих модальные характеристики района исследований, закладывали ленточные пробы, состоящие из примыкающих площадок (табл. 1) размером 10×20 (проба № 1) и 20×20 метров (проба № 2), на которых проводили измерения по методике закладки лесоустроительных пробных площадей [7]. Для каждой площадки определяли общий запас древостоя, запас деловой и дровяной древесины, а также выход деловой древесины по категориям крупности на основании сортиментных таблиц [3].

Таблица 1

Характеристика пробных площадей

Статистические характеристики	Проба № 1	Проба № 2
	<i>Общий запас</i>	
$M \pm m$	91,5±6,0	99,8±4,8
σ	49,5	39,8
C	54,0	40,0
P	6,5	4,8
α	0,03	0,20
	<i>Деловая древесина</i>	
$M \pm m$	71,5±5,0	77,8±3,8
σ	43,0	31,5
C	60,0	40,5
P	7,0	4,9
α	0,21	0,10
	<i>Дровяная древесина</i>	
$M \pm m$	10,5±1,5	15,3±0,7
σ	14,5	5,2
C	138,1	34,4
P	2,31	0,58
α	14,30	4,60

Примечание. $M \pm m$ – среднее значение с основной ошибкой, м³/га; σ – среднее квадратичное отклонение; C – коэффициент изменчивости, %; P – точность опыта, α – мера косости.

На пробе № 1 максимальный запас древостоя составил 4,5 м³ (или 225 м³/га), что в 2,5 раза выше среднего для всех площадок, минимальный запас – 0,25 м³ (12,5 м³/га) или 13,7 % от среднего; на пробе № 2 максимальный запас древостоя составил 8,1 м³ (202 м³/га), что в 2 раза выше среднего, минимальный запас – 1,2 м³ (30 м³/га) или 32,6 % от среднего. Запасы древостоя на соседних площадках различаются в отдельных случаях в 3–4 раза.

Для обоснования возможности применения площадок малых размеров при оценке варьирования запасов древостоев таксационного выдела был проведен расчет средних показателей по укрупненным учетным площадкам (0,2 га). Расчеты показали, что средние значения в расчете на 1 га, полученные на площадках 0,04 га и на пяти объединенных площадках, достоверно не различаются. Наибольшие колебания запасов древостоев отмечены при изменении лесорастительных условий внутри выдела. Например, на пробе № 2 (тип леса по данным материалов лесоустройства – ельник черничный свежий) встречаются ельник черничный свежий, ельник приручейный (площадки 17–22), ельник травяно-сфагновый (площадки 4–10, 45–47), (рис. 1). В пределах одного типа леса на соседних площадках могут наблюдаться значительные колебания запасов древостоя. Причиной является неравномерное групповое размещение деревьев. Отмечается уменьшение коэффициента изменчивости по всем исследуемым показателям с увеличением размера учетных площадок (табл. 1).

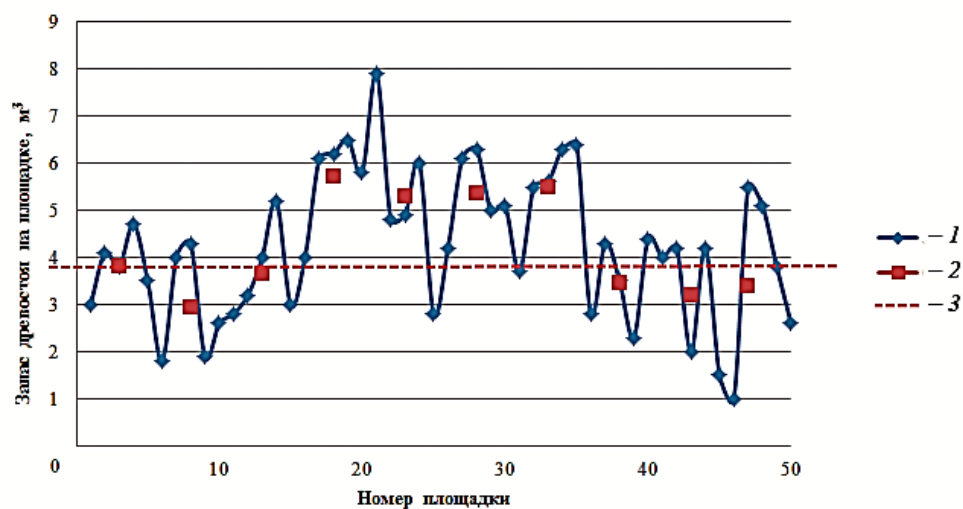


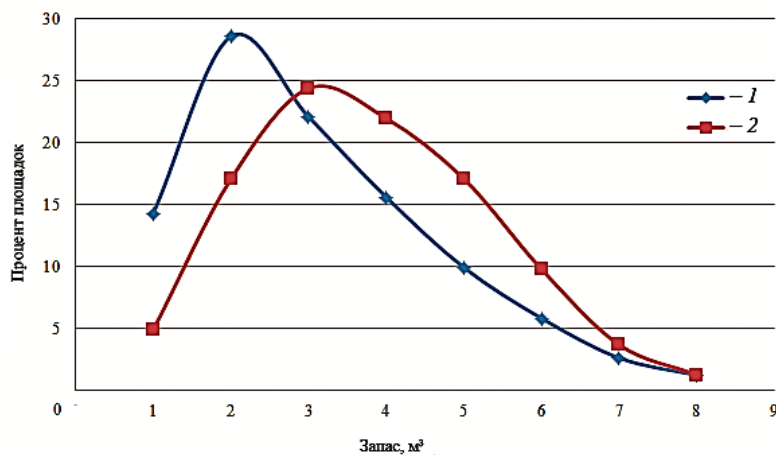
Рис. 1. Изменение общего запаса древесины на учетных площадках ленточной пробы № 2 (фрагмент): 1 – запас древесины на площадке; 2 – среднее по укрупненным площадкам; 3 – среднее по пробной площади

На протяжении одного и того же выдела встречаются древостои всех трех классов товарности. Из них около 30 % приходится на первый, 5 % – на третий, остальное – на второй класс товарности. Это говорит о неоднородности строения таксационного выдела не только по общему запасу, но и по товарной структуре.

Изменчивость выхода деловой древесины несколько выше, чем общего запаса. Это объясняется особенностями распространения фауны северотаежных ельников [4].

Распределение количества площадок по общему запасу древесины и запасу деловой древесины имеет положительную косость (мера кистости соответственно 0,35 и 0,73) и хорошо аппроксимируется функцией Грама-Шарлье [6] (рис. 2).

Рис. 2. Распределение площадок по запасу древесины: 1 – деловая древесина; 2 – общий запас древесины на учетной площадке



Для прогнозных расчетов товарности насаждений укрупненных лесных выделов подобраны регрессионные модели (табл. 2).

Таблица 2

**Модели связи вероятного процента лесных участков (N)
с запасом древесины разных категорий крупности (M , м³/га)**

Запас, м ³ /га	Уравнение	Ошибка уравнения	Коэффициент детерминации	Рабочие пределы независимой переменной, м ³ /га
Общий	$N = (4,419 + 0,012M) / (1 - 0,019M + 0,00012M^2)$	2,80	0,94	20...500
Деловой	$N = (6,097 + 0,065M) / (1 - 0,0263M + 0,00025M^2)$	1,60	0,98	20...500
древесины				
В том числе:				
крупной	$N = 0,00078 \cdot 0,967^M \cdot M^{2,448}$	0,27	0,98	20...200
средней	$N = 0,0161 \cdot 0,959^M \cdot M^{2,291}$	0,64	0,99	20...150
мелкой	$N = 0,0053 \cdot 0,947^M \cdot M^{2,606}$	0,21	0,99	20...100

Средний выход деловой древесины на ленточных пробах равен 78,0 %, что близко к средним данным по северотаежному району применения нормативов таксации сортиментной и товарной структуры [1]. По нашим опытным данным [4], средний процент деловой древесины в северотаежных ельниках (данные по Архангельской области, Республике Коми) составляет 78,5%.

При таксации таких выделов по первому классу товарности получим систематическое завышение выхода деловой древесины на 2...3 %, по второму классу – занижение на 6...8 %. Это еще раз подтверждает необходимость натурного уточнения преобладающего класса товарности. Дистанционное (по космическим снимкам среднего и высокого разрешения) уточнение товарности насаждений невозможно. Возможно камеральное уточнение товарности, основанное на вероятном распределении северотаежных ельников по классам товарности. При этом лесные массивы предпочтительно делить на однородные по товарности страты аналогично стратам государственной инвентаризации лесов.

В связи с использованием материалов глазомерной и глазомерно-измерительной таксации для прогнозов товарности лесосечного фонда приобретают значение не только достоверные нормативы, но и точные лесостроительные материалы.

Распределение числа таксационных участков по выходу деловой древесины закономерно. На основании репрезентативных опытных материалов для ельников, произрастающих в северотаежном районе применения сортиментных и товарных таблиц, рассчитано вероятное распределение числа таксационных участков по проценту деловой древесины (табл. 3). Распределение соответствует закону Грама–Шарлье.

Таблица 3

**Вероятное распределение таксационных участков
северотаежных ельников по проценту деловой древесины**

Деловая древесина, % от общего запаса	Процент таксационных участков
56	0,6
59	1,1
62	2,3
65	3,4
68	4,6
71	6,9
74	11,4
77	17,1
80	19,4
83	17,1
86	10,9
89	4,6
92	0,6

При глазомерно-измерительной таксации лесных выделов класс товарности насаждения оценивается визуально по соотношению числа или запаса деловых и дровяных деревьев. При визуальной оценке качественной категории деревьев часто остаются незамеченными внутренние гнили, особенно в ельниках. Фаутность древостоев тесно связана с их возрастной структурой. Ельники северотаежного региона представлены древостоями со сложной возрастной структурой и имеют повышенную фаутность [2]. Как показали наши исследования, в разновозрастном древостое 35...40 % деревьев в возрасте 180 лет и более поражены корневой губкой (*Heterobasidion annosum*). В развитии гнилей, чаще поздних стадий, участвуют разные виды дереворазрушающих грибов, потери деловой древесины от которых составляют 25...30 %. По мере увеличения толщины и, соответственно, возраста, доля фаутных деревьев возрастает до 90 %. При этом высота распространения гнили от комля увеличивается при возрастании диаметра деревьев. Так, у деревьев толщиной 16...20 см гниль поднимается на высоту до 1,1...1,4 м, при толщине 36...40 см – до 2,0...2,5 м. Деревья с такой протяженностью гнили при оценке качественной категории годности, согласно существующим придержкам, относят к деловым, так как из них можно получить сортимент длиной 6,5 м. Фактически у таких деревьев теряется до 20...30 % ценной комлевой части ствола, товарность древостоев при этом снижается до второго класса. Таким образом, определение класса товарности по количеству деловых деревьев, когда качественная категория годности определена визуально, ненадежно и приводит к грубым ошибкам. При перечислительной таксации детальный осмотр каждого дерева позволяет избегать части ошибок.

В ельниках северотаежного региона 52,6 % насаждений относятся к первому классу товарности, 45,7 % – ко второму, 1,7 % – к третьему. По мере понижения разряда высот наблюдается закономерное уменьшение процента деловых деревьев (табл. 4).

Таблица 4

Процент деловых деревьев в ельниках по типам леса и разрядам высот

Группа типов леса	Деловые деревья, %, по разрядам высот			
	III	IV	V	VI
Зеленомошная	95	84	85	81
Долгомошная	93	81	81	73
Сфагновая	–	79	70	62

Пониженную товарность древостоев можно ожидать в ельниках более низких разрядов высот, менее продуктивных типов леса, более высокого возраста древостоев (табл. 5).

Таблица 5

**Типы леса с вероятной встречаемостью пониженной товарности
(2-3 классы товарности)**

Группа типов леса	Тип леса	Класс бонитета	Разряд высот	Класс возраста
Зеленомошная	Черничный свежий, брусничный, бруснично-черничный	IV	IV	VII и >
Долгомошная	Долгомошный, черничный влажный, чернично-долгомошный, хвоево-долгомошный	Va	V-VII	VII и >
Сфагновая	Ельник сфагновый, е. осоко-сфагновый, е. травяно-сфагновый, е. хвоево-сфагновый, е. пушице-сфагновый	V-Va	V-VII	VII и >

Древостои пониженной товарности имеют более высокий запас сухостойных деревьев. В целом в ельниках северотаежного региона примерно каждый второй выдел относится ко второму классу товарности. Следует отметить, что класс товарности является изменчивым показателем и его связь с таксационными показателями, определяющими товарность насаждений при глазомерной таксации, установить сложно. В условиях северотаежного региона на корневая губка и другие виды дереворазрушающих грибов, вызывающие развитие напенных гнилей ели, как правило, не образуют плодовых тел. Одним из явных внешних признаков напенных гнилей (для поздних стадий развития) является закомелистость древесных стволов.

Связь диаметра дерева у шейки корня, который рассматривается как граничный между здоровым и больным участками дерева, с его таксационным диаметром выражается уравнением

$$D_0 = 2,646D_{1,3}^{0,841},$$

где D_0 – минимальный диаметр дерева у шейки корня, наиболее вероятно пораженного напечной гнилью, см;

$D_{1,3}$ – диаметр дерева на высоте 1,3 м, см.

Основная ошибка уравнения – $m_d = 1,36$, коэффициент детерминации – $r^2 = 0,994$.

Диаметр у шейки корня больных и здоровых деревьев [8] варьирует от 4,0 см в тонкомерных ступенях до 7,0 см в толстомерных, составляя в среднем 5,5 см (рис. 3).

Такая величина сбega возможна для визуального определения при таксационных работах.

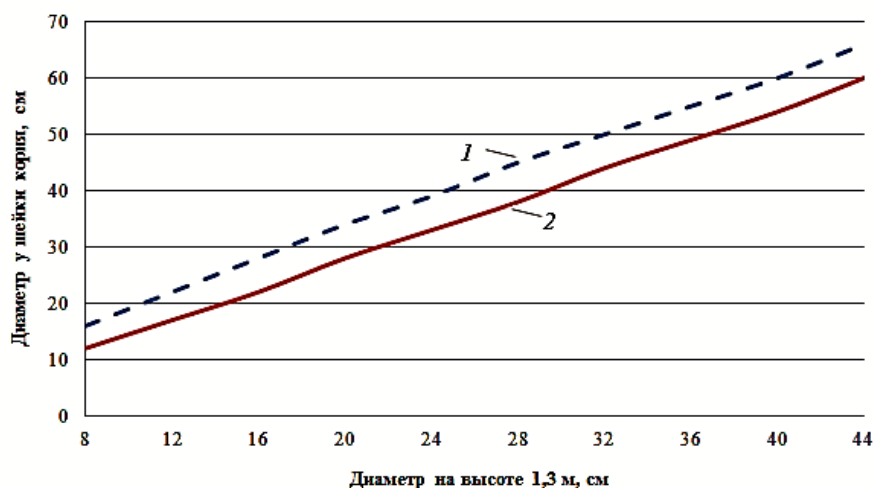


Рис. 3. Различие в диаметре у шейки корня больных (1) и здоровых (2) деревьев

Таким образом, в пределах одного типа леса могут наблюдаться значительные колебания запасов древостоя. Причиной этого является неравномерное групповое размещение деревьев. Распределение количества древостоев по общему запасу и запасу деловой древесины имеет закономерный характер. Полученные результаты могут быть рекомендованы для использования практической таксации еловых насаждений северотаежного лесотаксационного района применения нормативов таксации товарной структуры при выделении качественных категорий годности деревьев и отнесении насаждений к тому или иному классу товарности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антанайтис В.В. Современное направление в лесоустройстве. М.: Лесн. пром-сть, 1977. 280 с.
2. Гусев И.И. Продуктивность ельников Севера. Л.: ЛГУ, 1978. 232 с.
3. Гусев И.И., Коптев С.В. Сортиментная структура северотаежных ельников// Лесн. журн. 1991. № 4. С. 3–11. (Изв. высш. учеб. заведений).
4. Коптев С.В. Фауность северотаежных ельников: материал технической информации//Лесн. журн. 1992. № 6. С. 20–27. (Изв. высш. учеб. заведений).
5. Мошкалев А.Г. Характеристика неоднородности таксационного выдела и ее значение//Лесн. журн. 1964. № 2. С. 30–34. (Изв. высш. учеб. заведений).
6. Никитин К.Е., Швиденко А.З. Методы и техника обработки лесоводственной информации. М.: Лесн. пром-сть. 1978. 270 с.
7. ОСТ 56-69–83. Пробные площади лесоустроительные. Метод закладки. М.: Изд-во стандартов, 1983. 60 с.
8. Полевой справочник таксатора. Архангельск: Северо-Западное кн. изд-во, 1971. 196 с.

Поступила 17.01.14

UDC 630*5

Commodity Structure of Spruce Forests Massifs of the Northern Taiga and Merchantability Classes Evaluation

S.V. Koptev, *Candidate of Agriculture, Associate Professor*

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russia; e-mail: s.koptev@narfu.ru

The marketability of large forest areas of North-taiga spruce forests is heterogeneous. This is due to forest evaluation features in the European North of Russia. Specifications of stands commodity structure valuation, designed for predictive estimation in large forests and big raw materials bases are based on the probability distribution of the number of trees of different quality categories by thickness gradations. For correct use of commodity structure standards for the valuation it is necessary to know the features of the distribution of growing stock of stands and their marketability. Error in forest stand allocating to one or another class of merchantability is forbidden during taxation works. Therefore, it is important to have certain priderite and recommendations on the definition of the stand merchantability class. For the practical assessment is also needed guidance on trees attribution to one or another technical condition category in connection with the presence of internal defects (diseases) of tree trunks. As one of the most obvious and measurable characteristics for this is considered the magnitude of the rise trunk in the butt part.

Keywords: uniformity, distribution series, commodity table, timber, size classes category of merchantability, defectiveness, technical condition category, trunk rise.

REFERENCES

1. Antanaytis V.V. *Sovremennoe napravlenie v lesoustroystve* [The Modern Trend in Forest Management]. Moscow, 1977. 280 p.
2. Gusev I.I., Koptev S.V. Sortimentnaya struktura severotaezhnykh el'nikov [Assortment Structure of a Northern Spruce Stands]. *Lesnoy zhurnal*, 1991, no. 4, pp. 3–11.
3. Gusev I.I. *Produktivnost' el'nikov Severa* [The Productivity of Spruce Forests of the North]. Leningrad, 1978. 232 p.
4. Koptev S.V. Fautnost' severotaezhnykh el'nikov: material tekhnicheskoy informatsii [Defectiveness of Spruce Forests of the Northern Taiga]. *Lesnoy zhurnal*, 1992, no. 6, pp. 20–27.
5. Moshkalev A.G. Kharakteristika neodnorodnosti taksatsionnogo vydela i ee znachenie [The Characteristic of Forest Land Heterogeneity and Its Value]. *Lesnoy zhurnal*, 1964, no. 2, pp. 30–34.
6. Nikitin K.E., Shvidenko A.Z. *Metody i tekhnika obrabotki lesovodstvennoy informatsii* [Methods and Techniques of Silvicultural Information Processing]. Moscow, 1978. 270 p.
7. OST 56-69-83. *Probnye ploshchadi lesoustroitel'nye. Metod zakladki* [Industry Standard 56-69-83. Forest Inventory Plots. Creation Method]. Moscow, 1983. 60 p.
8. *Polevoy spravochnik taksatora* [Field Guide for Forest Evaluators]. Arkhangelsk, 1971. 196 p.

Received on January 17, 2014



ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 634.0.378

ТЕХНОЛОГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ТВЕРДЫХ ПЛАВУЧИХ КОНТЕЙНЕРОВ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

© С.В. Самсонов¹, *ст. преп.*

В.А. Барабанов¹, *канд. техн. наук, доц.*

С.С. Гаврюшин², *д-р техн. наук, проф.*

¹Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, наб. Северной Двины, 17, г. Архангельск, Россия, 163002; e-mail: samson-1980@yandex.ru

²Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, 2-я Бауманская ул., 5, Москва, Россия, 105005; e-mail: gss@bmstu.ru

Транспортирование лесоматериалов (бревен) в твердых плавучих контейнерах имеет ряд преимуществ: отсутствуют потери древесины от утопа и загрязнение воды веществами, экстрагируемыми из древесины; присутствует элемент единого транспортного пакета; увеличивается провозная способность при применении составного судна. В верховьях реки создается запас контейнеров, загруженных древесиной. Разборное судно, состоящее из цепочки контейнеров, носовой и кормовой частей, идет вверх по реке с народнохозяйственными грузами. В перегрузочном пункте производится их разгрузка и замена на контейнеры с древесиной. Разборное судно идет обратно с новыми контейнерами, совершая челночные рейсы. В статье предложены схема погрузки–разгрузки разборного судна и технология транспортировки контейнеров по льду или зимникам в холодное время года. Караван из контейнеров буксируется трактором. Такая технология позволяет производить разгрузку судов в Арктике с использованием ледового припая. Трактор можно заменить лебедкой с достаточными длиной каната и усилием. Плавучие контейнеры можно формировать в плот с пучками древесины. При этом контейнеры ставятся по краям плота (по бортам, в голове и хвосте). Формирование плота производят с помощью трактора, передвижной выюхи и вспомогательного каната. Лежень прокладывают на бортовых контейнерах, в голове плота и хвосте и крепят к ним с помощью захватов. Голову и хвост плота оснащают угловыми растяжками с устройствами для крепления буксирных канатов. Все лежни и растяжки прокладывают трактором, снабженным стрелой с блоком, используя выюхи. Последовательное соединение лежней, сматываемых с выюхи, обеспечивает их прокладку вдоль всего плота. Предложенные технологии могут варьироваться исходя из местных условий и категорий транспортных путей (рек). Основной транспортной единицей является жесткий плавучий контейнер или группа контейнеров в виде линеек и плотов.

Ключевые слова: контейнер, технология, плот, транспортировка, лесоматериалы.

Транспортирование лесоматериалов (бревен) в твердых плавучих контейнерах [1], по сравнению с их перевозками в плотках, имеет ряд преимуществ: отсутствуют утоп древесины, засорение берегов рек обсохшей древесиной,

десорбция веществ из древесины в воду, аварии; нет необходимости формировать плоты.

Загрузку контейнеров можно производить с помощью грузоподъемных кранов.

Главные преимущества применения твердых плавучих контейнеров – увеличение провозной способности и повышение продолжительности использования многоцелевого судна.

Технология применения плавучих контейнеров в составе разборного судна (рис. 1) позволяет повысить пропускную способность малых рек и увеличить время использования судна при сокращении продолжительности его загрузки. Запас контейнеров в отправном пункте дает возможность загружать их заранее и производить замену в сжатые сроки, не увеличивая при этом время простоя судна, что важно в ранневесенний период, когда высокие горизонты воды стоят непродолжительное время.

Вверх по малой реке идут народнохозяйственные грузы, вниз – древесина.

На крупной реке устраивают перегрузочный пункт, где контейнеры (или их содержимое) перегружают на крупный теплоход, который доставит груз к месту назначения.

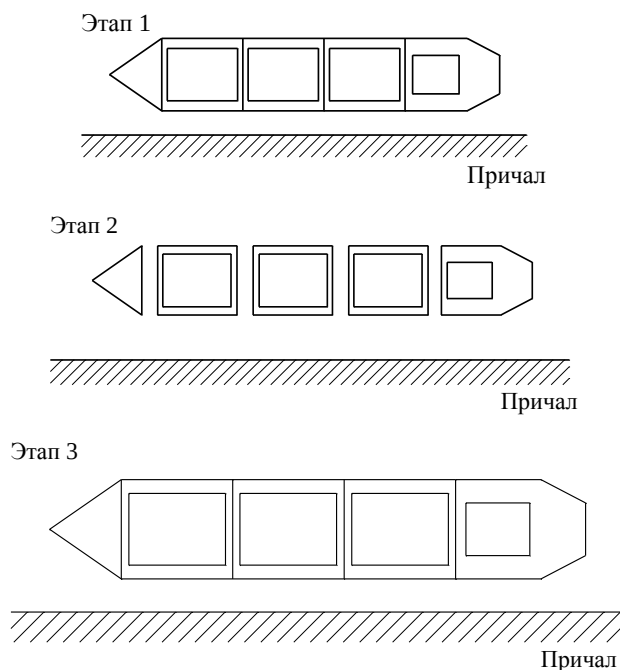


Рис. 1. Схема погрузки и разгрузки плавучего судна: этап 1 – прибытие судна к причалу; этап 2 – разъединение судна на составные части, подъем пустых контейнеров или контейнеров с народнохозяйственными грузами, установка на их место плавучих контейнеров с заранее загруженными в них лесоматериалами; этап 3 – сборка плавучего судна на рейде и его отправка к месту назначения

Технология применения плавучих контейнеров для буксировки по льду (рис. 2). Кафедрой водного транспорта леса и гидравлики Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова предложено использовать плавучие контейнеры в составе буксируемых составов для доставки грузов по зимникам или руслу замерзших рек.

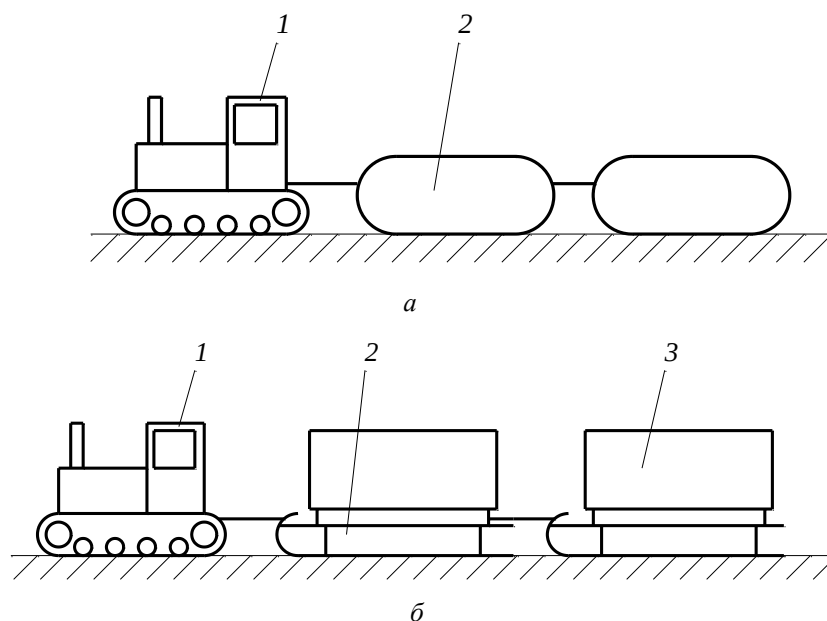


Рис. 2. Схема буксировки состава контейнеров: а – буксировка волоком; б – на полозьях; 1 – буксирующее устройство; 2 – контейнер; 3 – полозья

В пункте лесозаготовки контейнеры загружают лесоматериалами. При помощи трактора контейнеры буксируют к месту назначения (рис. 2, а) либо (как вариант) к месту их перегрузки на воду в целях дальнейшего их включения в состав плавучего судна.

Возможен вариант установки контейнеров на полозья (рис. 2, б). Крепить контейнеры к полозьям можно при помощи болтов или др. способом. При таком варианте буксировки существенно снижается расход топлива, а значит, и затраты на буксировку.

Технология формирования сортиментных плотов с применением плавучих контейнеров (рис. 3). Установка лежней при помощи трактора, передвижной выюхи и вспомогательного каната диаметром 11...13 мм с мягкими петлями производится следующим образом [2, 3]. У наружных торцов контейнеров концевой ряда секции устанавливают передвижную выюху, на которую трактором выгружают две-три бухты лежней. Рабочий прокладывает вспомогательный канат по верху бортовой линейки, соединяя один конец с коушем

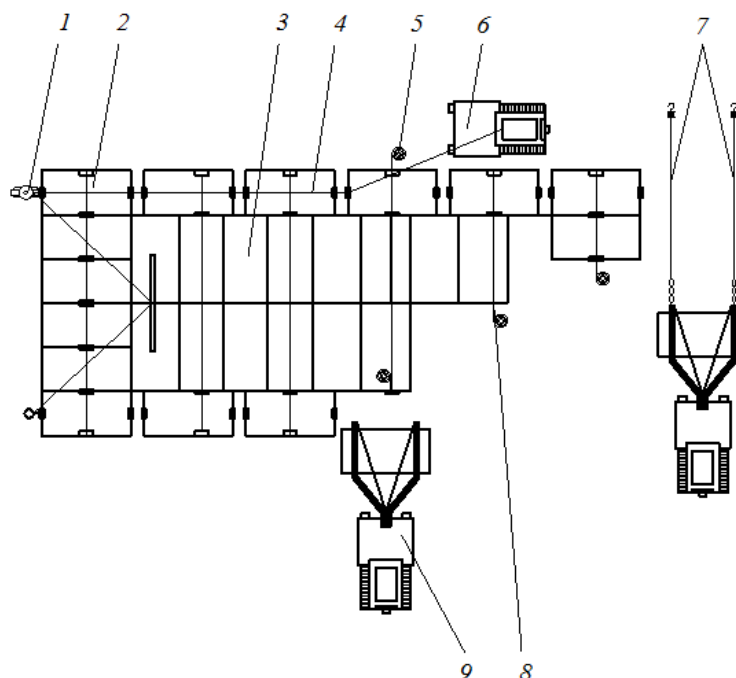


Рис. 3. Технологическая схема формирования плота на плотбище:
1 – вьюха; 2 – плавучий контейнер; 3 – пучок; 4 – лежень; 5 – счал «поверху»; 6 – счал «восьмерка»; 7 – трактор на прокладке бортового лежня; 8 – бортовые комплекты; 9 – сплотно-тракторный агрегат

на вьюхе, а второй с трактором. Перемещаясь вдоль секции, трактор разматывает бухту лежня, прокладывая его по борту секции. Последовательное соединение лежней, сматываемых с вьюхи, обеспечивает их прокладку на всю длину плота. Конструкция плота без оплотника позволяет значительно упростить технологию изготовления плотов на плотбищах, отказаться от сверления, соединения и перемещения оплотника к месту формирования секции, устранить наиболее трудоемкую операцию по подвешиванию продольного оплотника, избежать дополнительной утяжки формировочного такелажа при всплытии плота.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 119332 РФ, МПК В 65 D 88/12. Контейнер / Суков В.Я., Барабанов В.А., Самсонов С.В.; заявитель и патентообладатель САФУ. № 2012114041/12; заявл. 10.04.2012; опубл. 20.08.2012, Бюл. № 23. 3 с.
2. Суков Г.Я., Посыпанов С.В., Зунин Л.Н. Плотовый лесосплав: учеб. пособие для вузов. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2009. 159 с.
3. Фоминцев М.Н., Львов И.П., Соколов К.Б. Плоты (конструкция, эксплуатация, технология). М.: Лесн. пром-ть, 1978. 216 с.

Поступила 23.01.14

UDC 634.0.378

Application Technology of Rigid Floating Container for Timber Transportation

C.V. Samsonov¹, *Postgraduate Student*

V.A. Barabanov¹, *Candidate of Engineering, Associate professor*

S.S. Gavrushin², *Doctor of Engineering, Professor*

¹Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, 163002 Arkhangelsk, Russia; e-mail: samson-1980@yandex.ru

²Bauman Moscow State Technical University, Baumanskaya 2-ya, 5, Moscow, 105005, Russia; e-mail: gss@bmstu.ru

Timber (logs) transportation in rigid floating containers has a number of advantages: no loss of wood from sinkage, water pollution substances extracted from the wood, single transport packet and increases carrying capacity. Collapsible ship consists of a chain of containers, fore and aft. In the upper reaches of the river created a reserve of containers loaded with wood. The ship goes up the river with the national economic bulks. In reloading starting station replacing of containers is derived. The ship rides on the feeder to the great river, where produces an reload on the diesel-propelled ship, and the collapsible ship back up with new containers, making shuttle trips. The article presents the loading and unloading of collapsible ship. The technology of containers transportation on ice or snow roads in the cold season is proposed. Convoy from the containers is tug by a tractor. This technology allows to execute the unloading of ships in the Arctic using the glacial fast ice. Tractor can be replaced by winch with a sufficient length of rope and gain. Floating containers may be formed in the raft with bundles of wood, where the containers are placed at the edges of the raft (the sides, head and end). Raft formation is carried out with a tractor, mobile winch and wire line. Groundsill is laid on board containers and attached to them by spans. Groundsill is laid on the head and end of raft, attached by spans. The head and end of raft are equipped with ropes, corner ridge-pole with devices for towropes attaching. All groundsills, ridge-poles are laid by tractor equipped with a boom with pulley and using winch. Succession connection of groundsills, unwound from winch, provide their laying along the raft. The proposed technologies may vary according to local conditions and categories of transport routes (rivers). The main transport unit will be rigid floating container or group of containers in the form of raft section lines and rafts.

Keywords: container, technology, raft, transportation, timber.

REFERENCES

1. Surov V.Ya., Barabanov V.A., Samsonov S.V. *Konteyner* [Container]. Patent RF 119332, MPK B65D 88/12.
2. Surov G.Ya., Posypanov S.V., Zunin L.N. *Plotovoy lesosplav* [Wood Rafting]. Arkhangelsk, 2009. 159 p.
3. Fomintsev M.N., L'vov I.P., Sokolov K.B. *Ploty (konstruktsiya, ekspluatatsiya, tekhnologiya)* [Rafts (Construction, Use, Technology)]. *Lesnaya promyshlennost'*, Moscow, 1978, 216 p.

Received on January 23, 2014



МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.08

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ДРЕВЕСНЫХ ГРАНУЛ

© *О.Д. Мюллер, канд. техн. наук, доц.*

В.И. Мелехов, д-р техн. наук, проф.

В.К. Любов, д-р техн. наук, проф.

Т.В. Тюрикова, асп.

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

Производство биотоплива из отходов переработки древесины за последние годы приобретает все больший размах. Несмотря на расширение производства древесных гранул, остаются нерешенными вопросы о влиянии отдельных параметров процесса прессования древесных гранул на их качество. Одним из основных параметров, определяющих качество древесных гранул, является давление прессования. Имеющиеся теоретические модели процессов гранулирования показывают, что развиваемое давление прессования является экспоненциальной зависимостью от относительной длины фильеры в матрице. Однако проведенные экспериментальные исследования показали, что эта зависимость носит не экспоненциальную, а линейную зависимость от относительной длины фильеры. Целью настоящей работы была разработка такой математической модели прессования древесной гранулы в цилиндрических фильерах матрицы, которая бы соответствовала экспериментальным исследованиям. Были проанализированы все этапы физического процесса прессования. На основании этого анализа было выявлено, что в процессе прессования древесная шихта претерпевает упругие и пластические деформации. Исходя из этого при разработке новой математической модели процесса прессования древесных гранул за основу была принята теория упруго-пластического деформирования сплошных тел. На базе этой теории рассмотрены два этапа прессования древесной гранулы – выдавливание гранулы через коническое отверстие в цилиндрический канал матрицы и ее движение по цилиндрическому каналу матрицы. Выполненные математические исследования позволили получить зависимость перепада давления по длине гранулы в коническом и цилиндрическом каналах фильеры матрицы и на протяжении всей фильеры в целом. Полученная новая математическая модель процесса прессования древесных гранул показала, что перепад давления в каналах матрицы прямо пропорционален их относительной длине, что полностью соответствует экспериментальным данным.

Ключевые слова: древесные отходы, опилки, древесная шихта, пресс-гранулятор, матрица, фильера, древесные топливные гранулы, пеллеты, биотопливо, давление.

Производство биотоплива из отходов переработки древесины в последние годы приобретает все больший размах. В настоящее время в России уже действуют более 100 заводов по производству древесных топливных гранул, выпускающих около 900 тыс. т древесных топливных гранул (пеллет) в год. При этом около 260 тыс. т произведенных гранул потребляется на внутреннем рынке, остальное количество экспортируется в страны Западной Европы.

Несмотря на все расширяющееся производство древесных гранул, остается нерешенным вопрос о влиянии отдельных параметров процесса прессования древесных гранул на их качество. Информация о теоретических исследованиях процесса прессования древесной шихты весьма ограничена, а разработанные при этом математические модели прессования не всегда соответствуют экспериментальным данным. Например, в работе [1] получена зависимость распределения давления по длине фильеры матрицы, которая имеет экспоненциальный характер от относительной длины цилиндрического канала матрицы:

$$p_3 = p_0 \exp \left(2 f \xi \operatorname{ctg} \alpha \ln \left(1 - 2 \sin \alpha \frac{\ell_2}{\ell_1} \right) - 4 f \xi \left(\frac{\ell_1}{d_1} + \frac{\ell_3}{d_2} \right) \right), \quad (1)$$

где p_0 – относительное противодавление;

f – коэффициент трения древесной гранулы о стенки канала матрицы;

ξ – коэффициент бокового давления;

α – угол раскрытия конического участка фильеры матрицы;

ℓ_1 и ℓ_3 – длина цилиндрического участка фильеры матрицы до и после конического участка;

ℓ_2 – длина конического участка фильеры матрицы;

d_1 и d_3 – диаметры цилиндрических участков фильеры матрицы.

В основу данной математической модели были положены условия равновесия выделенного элемента древесной гранулы в канале матрицы под действием сил трения и давления.

Проведенные в Северном (Арктическом) федеральном университете экспериментальные исследования по определению давления выталкивания спрессованной гранулы из цилиндрического канала матрицы показали [2], что распределение носит не экспоненциальный, а линейный характер (рис. 1).

Целью настоящего исследования является разработка математической модели процесса формирования древесных гранул, учитывающей результаты экспериментальных исследований.

Для этого проведены измерения изготовленных древесных гранул [2], анализ результатов которых показал, что наружный диаметр готовых гранул всегда больше диаметра внутреннего канала матрицы.

На основании полученных результатов можно утверждать, что исходная древесная шихта при прессовании древесной гранулы претерпевает упруго-пластические деформации, следовательно, в основу математической модели

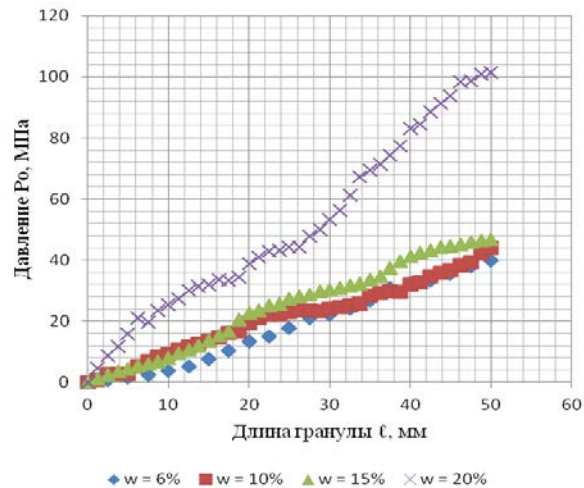
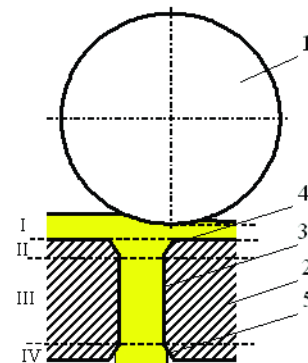


Рис. 1. Зависимость давления выталкивания p_0 гранулы из сосновой шихты (исходная фракция размером $\delta \leq 1$ мм) различной влажности w

процесса прессования древесных гранул должна быть положена теория упругопластического деформирования.

Для разработки математической модели поделим технологический процесс формирования гранулы на четыре зоны (рис. 2).

Рис. 2. Процесс формирования древесной гранулы (I-IV – зоны): 1 – прессовочный ролик; 2 – матрица; 3 – цилиндрический канал фильеры матрицы; 4 – входной конический канал фильеры матрицы; 5 – выходной конический канал фильеры матрицы



В зоне I происходит уплотнение поступившей древесной шихты. На поверхности матрицы образуется слой спрессованной шихты в виде тонкостенного цилиндра (для прессов с цилиндрической матрицей) или плоского диска (для прессов с плоской матрицей). Часть этого слоя при прохождении ролика над входным отверстием фильеры матрицы выдавливается через входной конический канал в калибровочный цилиндрический канал фильеры матрицы. Удаленное количество спрессованной древесной шихты восполняется за счет

прессования поступившей свежей порции древесной шихты. В этой зоне давление прессовочного ролика достигает значения, достаточного для проталкивания спрессованной древесной массы через коническую фаску и калибровочный цилиндрический канал матрицы. Древесная шихта пластически деформируется до максимальной для этого давления плотности. После прохождения ролика оставшаяся часть спрессованной шихты упруго расширяется.

В зоне II (в конической фаске цилиндрического отверстия матрицы) формируется цилиндрическая гранула и происходит истечение спрессованной древесной шихты в цилиндрический канал матрицы. Давление в этой области меньше давления прессования под роликом, вследствие чего находящийся здесь объем спрессованной древесной шихты подвергается упругопластическим деформациям без изменения ее плотности. В этой зоне за счет пластических деформаций спрессованная древесная шихта переходит от формы усеченного конуса к форме цилиндра.

Зона III представляет собой цилиндрический канал матрицы, в котором стабилизируется и закрепляется цилиндрическая форма древесной гранулы, а спрессованная древесная шихта испытывает только упругие деформации. Протяженность цилиндрического канала матрицы во многом определяет давление прессования (давление выталкивания) p_0 и, следовательно, плотность спрессованной древесной гранулы.

Зона IV – это зона выхода спрессованной гранулы из цилиндрического канала матрицы. Так как спрессованная древесная цилиндрическая гранула находится под действием давления упругих деформаций, то в момент выхода древесной гранулы из цилиндрического канала матрицы боковое давление со стороны матрицы на нее снижается до атмосферного, происходит увеличение наружного диаметра древесной гранулы на величину упругих деформаций. Резкое увеличение наружного диаметра гранулы может привести не только к образованию трещин, но и даже к разрушению гранулы. Во избежание этого на выходе из цилиндрического канала матрицы выполнен выходной конический канал (5), обеспечивающий плавное снижение упругих деформаций по мере продвижения гранулы.

Из сказанного выше следует, что давления прессование p_0 определяется перепадом давлений на входном коническом и цилиндрическом участках фильеры матрицы. Так как основными процессами формирования древесной гранулы являются упругопластические деформации, то для определения перепада давлений на указанных участках воспользуемся основными положениями теории упругих и пластических деформаций [3].

Определение перепада давления в коническом канале матрицы

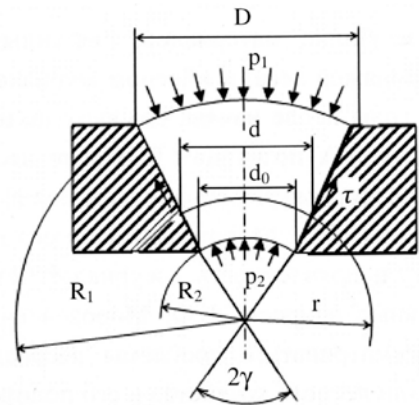
На рис. 3 представлена расчетная схема для определения усилий при проталкивании древесной шихты через конический канал в цилиндрический канал матрицы. Процесс выдавливания древесной шихты происходит в обла-

сти пластических деформаций, при этом соблюдаются условия постоянства объема.

Учитывая тот факт, что канал представляет собой усеченный конус, за расчетную принята сферическая система координат r, θ, φ .

За верхнюю границу объемно-пластической области примем часть поверхности сферы радиусом R_1 с углом при вершине конуса 2γ , опирающуюся на входное отверстие конической фаски диаметром D , за нижнюю – часть поверхности сферы радиусом R_2 с углом при вершине конуса 2γ , опирающуюся на выходное отверстие конического канала диаметром d_0 . Боковая поверхность объемно-пластической области образуется конической поверхностью канала.

Рис. 3. Расчетная схема для конического канала матрицы: D – диаметр сечения конического канала на входе; d_0 – диаметр сечения конического канала на выходе; d – диаметр текущего сечения конического канала на радиусе r ; R_1 – радиус телесного угла, опирающегося на дугу диаметром D ; R_2 – радиус телесного угла, опирающегося на дугу диаметром d_0 ; 2γ – угол при вершине конического канала; p_1 – давление на входе в конический канал; p_2 – давление на выходе из конического канала



Давление выталкивания p_1 во входном сечении выделенного элемента определим на основании энергетического баланса сил, действующих на данный элемент.

Выберем промежуток времени Δt , за который давление p_1 совершит работу выталкивания $A_{\text{выт}}$. Эта работа будет затрачена на совершение работы сил давления на выходе из конического канала $A_{\text{вых}}$, работу сил трения о боковую поверхность $A_{\text{тр}}$ и работу пластической деформации древесной шихты в коническом канале $A_{\text{пл}}$. Запишем уравнение энергетического баланса для выделенного элемента:

$$A_{\text{пл}} + A_{\text{вых}} + A_{\text{тр}} = 0. \quad (2)$$

Разделив правую и левую части уравнения (2) на время Δt , получим уравнение баланса мощностей для выделенного элемента, которое и будет основным при определении давления на входе в конический участок p_1 :

$$N_{\text{выт}} + N_{\text{пл}} + N_{\text{вых}} + N_{\text{тр}} = 0. \quad (3)$$

Определение мощности для пластического деформирования выделенного элемента

Уравнения равновесия элементарного объема в сферических координатах:

$$\begin{cases} \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + \frac{1}{r \sin \varphi} \frac{\partial \tau_{r\theta}}{\partial \theta} + \frac{1}{r} \frac{\partial \tau_{r\varphi}}{\partial \varphi} + \frac{1}{r} [2\sigma_r - (\sigma_\theta + \sigma_\varphi) + \tau_{r\varphi} \operatorname{ctg} \varphi] = 0; \\ \frac{\partial \tau_{\theta r}}{\partial r} + \frac{1}{r \sin \varphi} \frac{\partial \sigma_\theta}{\partial \theta} + \frac{1}{r} \frac{\partial \tau_{\theta\varphi}}{\partial \varphi} + \frac{1}{r} [3\tau_{\theta r} + 2\tau_{\theta\varphi} \operatorname{ctg} \varphi] = 0; \\ \frac{\partial \tau_{\varphi r}}{\partial r} + \frac{1}{r \sin \varphi} \frac{\partial \tau_{\varphi\theta}}{\partial \theta} + \frac{1}{r} \frac{\partial \sigma_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{1}{r} [3\tau_{\varphi r} - (\sigma_\theta - \sigma_\varphi) \operatorname{ctg} \varphi] = 0. \end{cases} \quad (4)$$

Здесь σ_r , σ_θ и σ_φ – главные напряжения, действующие в направлении осей r , θ и φ ; $\tau_{r\theta}$, $\tau_{r\varphi}$ и $\tau_{\theta\varphi}$ – касательные напряжения в плоскостях, нормальных к осям r , θ и φ .

Уравнения связи между скоростями течения и скоростями деформаций в сферических координатах:

$$\begin{cases} \xi_r = \frac{\partial v_r}{\partial r}; \\ \xi_\theta = \frac{1}{r \sin \varphi} \frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} + \frac{v_\varphi \operatorname{ctg} \varphi}{r} + \frac{v_r}{r}; \\ \xi_\varphi = \frac{1}{r} \frac{\partial v_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{v_r}{r}; \\ \eta_{r\theta} = \frac{1}{r \sin \varphi} \frac{\partial v_r}{\partial \theta} + \frac{\partial v_\theta}{\partial r} - \frac{v_\theta}{r}; \\ \eta_{\theta\varphi} = \frac{1}{r} \frac{\partial v_{\theta r}}{\partial \varphi} - \frac{v_\theta \operatorname{ctg} \varphi}{r} + \frac{1}{r \sin \varphi} \frac{\partial v_\varphi}{\partial \theta}; \\ \eta_{\varphi r} = \frac{\partial v_\varphi}{\partial r} - \frac{v_\varphi}{r} + \frac{1}{r} \frac{\partial v_r}{\partial \varphi}. \end{cases} \quad (5)$$

Здесь ξ_r , ξ_θ и ξ_φ – скорости относительных деформаций, действующие в направлении осей r , θ и φ ; $\eta_{r\theta}$, $\eta_{r\varphi}$ и $\eta_{\theta\varphi}$ – скорости относительных угловых деформаций в плоскостях, нормальных к осям r , θ и φ ; v_φ , v_θ и v_r – скорости течения элементарного объема в направлении осей r , θ , φ .

Запишем условие постоянства объема (условие несжимаемости):

$$\xi_r + \xi_\theta + \xi_\varphi = 0. \quad (6)$$

Полагая, что движение древесной шихты через конический канал осесимметричное, в силу симметрии потока получим

$$\frac{\partial}{\partial \theta} = 0; \quad \frac{\partial}{\partial \varphi} = 0; \quad v_\theta = 0; \quad v_\varphi = 0. \quad (7)$$

С учетом (7) системы уравнений (4) и (5) принимают следующий вид:

$$\begin{cases} \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + \frac{1}{r} [2\sigma_r - (\sigma_\theta + \sigma_\varphi) + \tau_{r\varphi} \operatorname{ctg} \varphi] = 0; \\ \frac{\partial \tau_{\theta r}}{\partial r} + \frac{1}{r} [3\tau_{\theta r} + 2\tau_{\theta\varphi} \operatorname{ctg} \varphi] = 0; \\ \frac{\partial \tau_{\varphi r}}{\partial r} + \frac{1}{r} [3\tau_{\varphi r} - (\sigma_\theta - \sigma_\varphi) \operatorname{ctg} \varphi] = 0; \end{cases} \quad (8)$$

$$\begin{cases} \xi_r = \frac{\partial v_r}{\partial r}; \\ \xi_\theta = \xi_\varphi = \frac{v_r}{r}; \\ \eta_{r\theta} = \eta_{\theta\varphi} = \eta_{\varphi r} = 0. \end{cases} \quad (9)$$

Определим выражение для скорости движения древесной шихты в коническом канале в радиальном направлении. По условию постоянства объема секундный расход является величиной постоянной в любом радиальном сечении конического отверстия.

Пусть радиальная скорость движения шихты на выходе в цилиндрический канал ($r = R_1$) равна v_1 . Площадь поверхности шарового сегмента с углом при вершине 2γ и радиусом R [4]:

$$S = \pi R^2 (2 + \sin^2 \gamma - 2 \cos \gamma). \quad (10)$$

Тогда уравнение постоянства расхода

$$q = v_1 S_1 = v_1 \pi R_1^2 (2 + \sin^2 \gamma - 2 \cos \gamma) = \text{const}. \quad (11)$$

Для произвольного сечения на радиусе r уравнение (11) примет следующий вид:

$$q = v_1 \pi R_1^2 (2 + \sin^2 \gamma - 2 \cos \gamma) = v_r \pi r^2 (2 + \sin^2 \gamma - 2 \cos \gamma). \quad (12)$$

Отсюда определим радиальную скорость (знак «минус» учитывает встречное движение по оси r):

$$v_r = -v_1 \frac{R_1^2}{r^2}. \quad (13)$$

После подстановки (13) в (9) и преобразований получим

$$\begin{cases} \xi_r = 2v_1 \frac{R_1^2}{r^3} \\ \xi_\theta = -v_1 \frac{R_1^2}{r^3}; \\ \xi_\varphi = -v_1 \frac{R_1^2}{r^3}. \end{cases} \quad (14)$$

Следовательно, условие несжимаемости (6) выполняется.

Дальнейший расчет пластической деформации ведем методом энергетического баланса. С одной стороны, приложенные к выделенному объему внешние силы совершают работу $A_{\text{выт}}$ по выталкиванию его через коническую фаску в цилиндрический канал, с другой – работу его пластического деформирования $A_{\text{пл}}$ от формы усеченного конуса до формы цилиндра.

Для определения работы пластического деформирования на радиусе r выделим элементарный элемент сферической формы с углом при вершине 2γ и толщиной dr . Элементарный объем выделенного элемента с точностью до бесконечно малых величин

$$dV = \pi r^2 (2 + \sin^2 \gamma - 2 \cos \gamma) dr. \quad (15)$$

Элементарная мощность пластической деформации на выделенном элементе определяется как

$$N_{\text{пл}} = \sigma_\tau \xi_i dV, \quad (16)$$

где σ_τ – среднее по объему значение напряжения течения спрессованной древесной шихты;

ξ_i – интенсивность скоростей деформации,

$$\xi_i = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{(\xi_r - \xi_\theta)^2 + (\xi_\theta - \xi_\varphi)^2 + (\xi_\varphi - \xi_r)^2 + \frac{3}{2}(\eta_{r\theta}^2 + \eta_{\theta\varphi}^2 + \eta_{\varphi r}^2)}. \quad (17)$$

После подстановки (9) и (14) в (17) получим

$$\xi_i = 2v_1 \frac{R_1^2}{r^3}. \quad (18)$$

Работа пластической деформации

$$N_{\text{пл}} = \int_V dN_{\text{пл}}. \quad (19)$$

После подстановки (15), (16) и (18) в (19) будем иметь

$$N_{\text{пл}} = \int_V 2\sigma_\tau v_1 \frac{R_1^2}{r^3} dV = \int_{R_2}^{R_1} 2\sigma_\tau v_1 \frac{R_1^2}{r} [2(1 - \cos \gamma) + \sin^2 \gamma] dr$$

или

$$N_{\text{пл}} = -2\pi\sigma_\tau v_1 R_1^2 [2(1 - \cos \gamma) + \sin^2 \gamma] \ln \frac{R_1}{R_2}. \quad (20)$$

Определение мощности сил выталкивания во входном сечении конического канала

Мощность сил выталкивания, действующих на выделенную сферическую поверхность во входном сечении, определим по зависимости

$$N_{\text{выт}} = F_1 v_1 = (-p_1) S_1 (-v_1) = \pi p_1 v_1 R_1^2 [2(1 - \cos \gamma) + \sin^2 \gamma]. \quad (21)$$

Определение мощности сил давления на выходе из конического канала

Мощность сил давления в выходном сечении запишем по аналогии с входным сечением:

$$N_{\text{вых}} = F_2 v_2 = p_2 S_2 (-v_2) = -\pi p_2 v_2 R_2^2 [2(1 - \cos \gamma) + \sin^2 \gamma]. \quad (22)$$

Определение мощности сил трения древесной шихты о боковую поверхность конического канала

Элементарную силу трения на боковой поверхности конического отверстия определим по зависимости

$$dF_{\text{тр}} = -\tau dS = -\tau 2\pi r dr. \quad (23)$$

Приняв $\tau = \beta \sigma_\tau$ (где $\beta = kv$; k – коэффициент трения; v – коэффициент Пуассона), получим

$$dF_{\text{тр}} = -\tau dS = -2\pi \beta \sigma_\tau v_r dr. \quad (24)$$

Мощность сил трения определим путем интегрирования элементарной силы трения $dF_{\text{тр}}$:

$$N_{\text{тр}} = \int_S v_r dF_{\text{тр}} = \int_{R_1}^{R_2} 2\pi \beta \sigma_\tau v_r r dr \quad (25)$$

или с учетом (13):

$$N_{\text{тр}} = \int_{R_2}^{R_1} -2\pi \beta \sigma_\tau v_r r dr = -2\pi \beta \sigma_\tau v_1 R_1^2 \ln \frac{R_1}{R_2}. \quad (26)$$

Определение давления на входе в конический канал

Для определения давления в древесной шихте на входе в конический канал подставим найденные значения мощностей (20) – (22) и (26) в (3):

$$\begin{aligned} \pi p_1 v_1 R_1^2 [2(1 - \cos \gamma) + \sin^2 \gamma] - 2\pi \sigma_\tau v_1 R_1^2 [2(1 - \cos \gamma) + \sin^2 \gamma] \ln \frac{R_1}{R_2} - \\ - \pi p_2 v_2 R_2^2 [2(1 - \cos \gamma) + \sin^2 \gamma] - 2\pi \beta \sigma_\tau v_1 R_1^2 \ln \frac{R_1}{R_2} = 0. \end{aligned} \quad (27)$$

Отсюда

$$p_1 = p_2 \frac{v_2 R_2^2}{v_1 R_1^2} + 2 \left(1 + \frac{\beta}{2(1 - \cos \gamma) + \sin^2 \gamma} \right) \sigma_\tau \ln \frac{R_1}{R_2}. \quad (28)$$

По уравнению неразрывности (11) имеем $v_1 R_1^2 = v_2 R_2^2$, тогда

$$p_1 = p_2 + 2 \left(1 + \frac{\beta}{2(1 - \cos \gamma) + \sin^2 \gamma} \right) \sigma_\tau \ln \frac{R_1}{R_2}. \quad (29)$$

При этом

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{D}{d_0}. \quad (30)$$

После подстановки (30) в (29) и преобразований получим уравнение для расчета перепада давления в коническом канале матрицы:

$$\Delta p_k = p_1 - p_2 = 2 \left(1 + \frac{\beta}{2(1 - \cos \gamma) + \sin^2 \gamma} \right) \sigma_\tau \ln \frac{D}{d_0}. \quad (31)$$

Расчет цилиндрического канала матрицы

При движении по цилиндрическому каналу спрессованная древесная гранула имеет форму цилиндра и практически не изменяется. Таким образом, на этом этапе прессования древесной гранулы отсутствуют пластические деформации. В то же время древесная гранула после выхода из конического канала и входа в цилиндрический канал находится в упругодеформированном состоянии (в состоянии «натяга»). Диаметр упругодеформированной гранулы равен диаметру цилиндрического канала d_0 (рис. 4). После выхода из цилиндрического канала за счет упругого расширения диаметр гранулы увеличивается до $D_{гр}$.

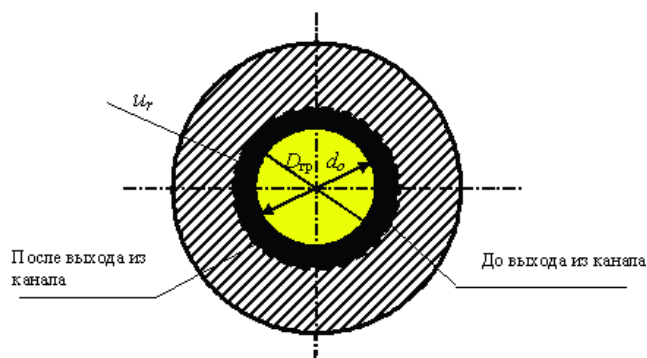
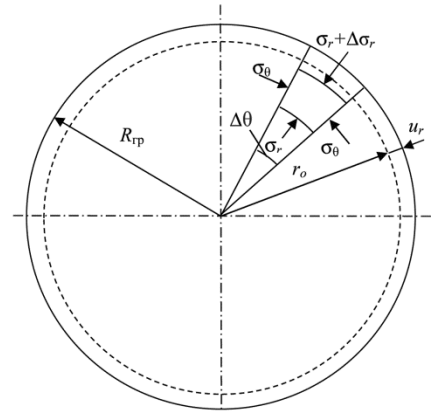


Рис. 4. Схема упругодеформированного состояния гранулы в матрице (d_0 – диаметр древесной гранулы в цилиндрической фильере матрицы; $D_{гр}$ – диаметр древесной гранулы после выхода из цилиндрической фильеры матрицы; u_r – смещение конца радиуса цилиндрической поверхности древесной гранулы после выхода из канала фильеры матрицы ($u_r = 0,5(D_{гр} - d_0)$))

Расчетная схема для определения упругодеформированного состояния гранулы представлена на рис. 5. Выберем цилиндрическую систему координат r, θ и z .

Рис. 5. Расчетная схема упругодеформированного состояния гранулы в цилиндрическом канале (σ_r – нормальное напряжение вдоль оси r ; σ_θ – нормальное напряжение вдоль оси θ ; $\Delta\theta$ – центральный угол выделенного элемента; r_0 – радиус древесной гранулы в фильере; $R_{тр}$ – радиус древесной гранулы после выхода из фильеры; u_r – смещение конца радиуса наружной поверхности древесной гранулы после выхода из канала фильеры матрицы)



Выделим элементарный объем гранулы и для этого объема запишем основные уравнения теории упругости [5]. Так как древесная гранула имеет форму цилиндра, то в качестве расчетной выберем цилиндрическую систему координат r, θ и z . Исходные уравнения теории упругости в цилиндрической системе координат имеют следующий вид:
вектор перемещений

$$\vec{u} = (u_r, u_\theta, u_z); \quad (32)$$

уравнения равновесия

$$\begin{cases} \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + \frac{\sigma_r - \sigma_\theta}{r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \tau_{r\theta}}{\partial \theta} + \frac{\partial \tau_{rz}}{\partial z} + \Phi_r = 0; \\ \frac{\partial \tau_{r\theta}}{\partial r} + \frac{2\tau_{r\theta}}{r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \sigma_\theta}{\partial \theta} + \frac{\partial \tau_{\theta z}}{\partial z} + \Phi_\theta = 0; \\ \frac{\partial \tau_{rz}}{\partial r} + \frac{\tau_{rz}}{r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \tau_{\theta z}}{\partial \theta} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + \Phi_z = 0; \end{cases} \quad (33)$$

закон Гука

$$\begin{cases} \sigma_r = \lambda \varepsilon + 2\mu \varepsilon_r; \\ \sigma_\theta = \lambda \varepsilon + 2\mu \varepsilon_\theta; \\ \sigma_z = \lambda \varepsilon + 2\mu \varepsilon_z; \\ \tau_{r\theta} = 2\mu \varepsilon_{r\theta}; \\ \tau_{rz} = 2\mu \varepsilon_{rz}; \\ \tau_{\theta z} = 2\mu \varepsilon_{\theta z}, \end{cases} \quad (34)$$

где λ и μ – параметры Ламе, $\lambda = \frac{\nu E}{(1+\nu)(1-2\nu)}$; $\mu = \frac{E}{2(1+\nu)}$;
 ν – коэффициент Пуассона;
 E – модуль упругости;

уравнение деформаций

$$\varepsilon = \varepsilon_r + \varepsilon_\theta + \varepsilon_z. \quad (35)$$

Выразим деформации через смещения:

$$\begin{cases} \varepsilon_r = \frac{\partial u_r}{\partial r}; \\ \varepsilon_\theta = \frac{1}{r} \frac{\partial u_\theta}{\partial r} + \frac{u_r}{r}; \\ \varepsilon_z = \frac{\partial u_z}{\partial z}; \\ \varepsilon_{r\theta} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial u_r}{\partial \theta} + \frac{\partial u_\theta}{\partial r} - \frac{u_\theta}{r} \right); \\ \varepsilon_{rz} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_r}{\partial z} + \frac{\partial u_z}{\partial r} \right); \\ \varepsilon_{\theta z} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_\theta}{\partial z} + \frac{1}{r} \frac{\partial u_z}{\partial \theta} \right). \end{cases} \quad (36)$$

Для условий нашей задачи, когда цилиндрическую гранулу можно считать бесконечно длинной, частная производная $\frac{\partial}{\partial z} = 0$. Смещения вдоль оси z равны 0, $u_z = 0$, тогда поставленная задача сводится к решению плоской задачи.

Так как гранула в поперечном сечении имеет форму круга, то в силу осевой симметрии выполняются следующие условия:

смещения не зависят от полярного угла θ , т. е. $\frac{\partial}{\partial \theta} = 0$;

тангенциальное смещение $u_\theta = 0$.

Из массовых сил на гранулу действуют только силы тяжести, которыми ввиду их малости можно пренебречь, тогда компоненты массовых сил равны 0, т. е. Φ_r, Φ_θ и Φ_z . Системы уравнений (33)–(36) принимают следующий вид: уравнения равновесия

$$\begin{cases} \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + \frac{\sigma_r - \sigma_\theta}{r} = 0; \\ \frac{\partial \tau_{r\theta}}{\partial r} + \frac{2\tau_{r\theta}}{r} = 0; \\ \frac{\partial \tau_{rz}}{\partial r} + \frac{\tau_{rz}}{r} = 0; \end{cases} \quad (37)$$

закон Гука

$$\begin{cases} \sigma_r = \lambda \varepsilon + 2\mu \varepsilon_r; \\ \sigma_\theta = \lambda \varepsilon + 2\mu \varepsilon_\theta; \\ \sigma_z = \lambda \varepsilon; \\ \tau_{r\theta} = 0; \\ \tau_{rz} = 0; \\ \tau_{\theta z} = 0; \end{cases} \quad (38)$$

уравнение деформаций

$$\varepsilon = \varepsilon_r + \varepsilon_\theta. \quad (39)$$

Выразим деформации через смещения:

$$\begin{cases} \varepsilon_r = \frac{\partial u_r}{\partial r}; \\ \varepsilon_\theta = \frac{u_r}{r}. \end{cases} \quad (40)$$

После подстановки (40) в (38) и (39) и преобразований получим

$$\sigma_r = (\lambda + 2\mu) \frac{\partial u_r}{\partial r} + \frac{\lambda u_r}{r}; \quad (41)$$

$$\sigma_\theta = \lambda \frac{\partial u_r}{\partial r} + (\lambda + 2\mu) \frac{u_r}{r}; \quad (42)$$

$$\varepsilon = \frac{\partial u_r}{\partial r} + \frac{\lambda u_r}{r}. \quad (43)$$

Подставив (41) и (42) в (37), получим дифференциальное уравнение равновесия выделенного элемента гранулы:

$$\frac{\partial^2 u_r}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u_r}{\partial r} - \frac{u_r}{r^2} = 0. \quad (44)$$

Для нахождения решения дифференциального уравнения (44) необходимо определиться с начальными и граничными условиями. Так как прессование древесной гранулы идет с некоторыми допущениями фактически непрерывно, то процесс можно считать стационарным. В этом случае для решения поставленной задачи необходимо задаться только граничными условиями. Здесь их два: одно на поверхности цилиндрической оболочки недеформированной гранулы при $r = R_{\text{гр}}$, другое – на поверхности цилиндрической оболочки гранулы после ее упругой деформации до диаметра цилиндрического канала матрицы при $r = r_0$.

Граничные условия:

$$\text{при } r = r_0 = \frac{d_0}{2} \text{ имеем } \sigma_r = -p, \quad (45)$$

$$\text{при } r = R_{\text{гр}} = \frac{D_{\text{гр}}}{2} \text{ имеем } \sigma_r = 0. \quad (46)$$

Найдем решение дифференциального уравнения (44) в виде

$$u_r = r^n. \quad (47)$$

Дважды продифференцируем:

$$\frac{\partial u_r}{\partial r} = nr^{(n-1)}; \quad (48)$$

$$\frac{\partial^2 u_r}{\partial r^2} = (n^2 - n)r^{(n-2)}. \quad (49)$$

После подстановки (48) и (49) в (44) получим

$$(n^2 - n)r^{(n-2)} + \frac{1}{r}nr^{(n-1)} - \frac{r^n}{r^2} = 0 \quad (50)$$

или

$$(n^2 - 1)r^{(n-2)} = 0. \quad (51)$$

Отсюда

$$n^2 - 1 = 0. \quad (52)$$

Решением данного уравнения являются корни $n_1 = +1$ и $n_2 = -1$, а решением дифференциального уравнения (44)

$$u_r = C_1 r + C_2 r^{-1}, \quad (53)$$

где C_1 и C_2 – константы интегрирования, которые определяются из граничных условий.

Для нахождения констант интегрирования продифференцируем уравнение (53):

$$\frac{\partial u_r}{\partial r} = C_1 - \frac{C_2}{r^2}. \quad (54)$$

Подставляя (53) и (54) в (41) и (42), получим после преобразований:

$$\sigma_r = (2\lambda + 2\mu)C_1 - 2\mu \frac{C_2}{r^2}; \quad (55)$$

$$\sigma_\theta = (2\lambda + 2\mu)C_1 + 2\mu \frac{C_2}{r^2}. \quad (56)$$

Для нахождения констант интегрирования воспользуемся граничными условиями:

из условия (46)

$$(2\lambda + 2\mu)C_1 - 2\mu \frac{C_2}{R_{\text{тр}}^2} = 0, \quad (57)$$

откуда

$$C_1 = \frac{\mu}{(\lambda + \mu)} \frac{C_2}{R_{\text{тр}}^2}; \quad (58)$$

из граничного условия (45) имеем

$$(2\lambda + 2\mu)C_1 - 2\mu \frac{C_2}{r_0^2} = -p, \quad (59)$$

откуда с учетом (58) после преобразований

$$C_2 = \frac{r_0^2 R_{\text{тр}}^2}{(R_{\text{тр}}^2 - r_0^2)} \frac{p}{2\mu}. \quad (60)$$

После подстановки (60) в (58):

$$C_1 = \frac{r_0^2}{(R_{\text{тр}}^2 - r_0^2)} \frac{p}{2(\lambda + \mu)}. \quad (61)$$

Подставив найденные значения констант интегрирования C_1 и C_2 в уравнения (55) и (56), получим выражения для определения радиальных и тангенциальных напряжений при упругой деформации круглого длинного стержня:

$$\sigma_r = -p \frac{r_0^2}{(R_{\text{тп}}^2 - r_0^2)} \left(\frac{R_{\text{тп}}^2}{r^2} - 1 \right); \quad (62)$$

$$\sigma_\theta = -p \frac{r_0^2}{(R_{\text{тп}}^2 - r_0^2)} \left(\frac{R_{\text{тп}}^2}{r^2} + 1 \right). \quad (63)$$

Перемещение u_r после подстановки (60) и (61) в уравнение (53) может быть определено по следующей зависимости:

$$u_r = p \frac{r r_0^2}{2(R_{\text{тп}}^2 - r_0^2)} \left(\frac{1}{\lambda + \mu} + \frac{1}{\mu} \frac{R_{\text{тп}}^2}{r^2} \right). \quad (64)$$

Выразив коэффициенты Ламе через модуль упругости E и коэффициент Пуансона ν и подставив в (64), получим

$$u_r = p \frac{(1 + \nu)}{E} \frac{r r_0^2}{(R_{\text{тп}}^2 - r_0^2)} \left(1 - 2\nu + \frac{R_{\text{тп}}^2}{r^2} \right). \quad (65)$$

Уравнение (65) является основным для экспериментального определения давления p со стороны древесной гранулы на боковую стенку в цилиндрическом канале матрицы. Положив $r = r_0$, преобразуем уравнение (65):

$$u_r = p \frac{(1 + \nu)}{E} \frac{r_0}{\left(\frac{R_{\text{тп}}^2}{r_0^2} - 1 \right)} \left(1 - 2\nu + \frac{R_{\text{тп}}^2}{r_0^2} \right). \quad (66)$$

Радиальное смещение для гранулы при запрессовке ее в фильеру

$$u_r = R_{\text{тп}} - r_0. \quad (67)$$

После подстановки (67) в (66) получим выражение для определения бокового давления спрессованной гранулы на боковую цилиндрическую стенку фильеры:

$$p_6 = \frac{E}{1 + \nu} \frac{(R_{\text{тп}} - r_0) \left(\frac{R_{\text{тп}}^2}{r_0^2} - 1 \right)}{r_0 \left(1 - 2\nu + \frac{R_{\text{тп}}^2}{r_0^2} \right)} \quad (68)$$

или через диаметры

$$p_6 = \frac{E}{1 + \nu} \frac{(D_{\text{гр}} - d_0) \left(\frac{D_{\text{гр}}^2}{d_0^2} - 1 \right)}{d_0 \left(1 - 2\nu + \frac{D_{\text{гр}}^2}{d_0^2} \right)}. \quad (69)$$

Сила трения спрессованной древесной гранулы о цилиндрическую стенку канала матрицы может быть определена как

$$F_{\text{тр}} = \pi d_0 \ell k p_6. \quad (70)$$

Сила выталкивания гранулы из цилиндрического канала матрицы

$$F_{\text{выт}} = \frac{\pi d_0^2}{4} \Delta p_{\text{ц}}, \quad (71)$$

где $\Delta p_{\text{ц}}$ – перепад давления между входным и выходным сечениями цилиндрической части древесной гранулы.

Приравняв силы трения (70) и выталкивания (71), определим перепад давления на цилиндрической грануле:

$$\Delta p_{\text{ц}} = 4 \frac{k \ell}{d_0} p_6. \quad (72)$$

После подстановки (69) в (72) получим

$$\Delta p_{\text{ц}} = 4 \frac{k \ell}{d_0} \frac{E}{(1 + \nu)} \frac{(D_{\text{гр}} - d_0) \left(\frac{D_{\text{гр}}^2}{d_0^2} - 1 \right)}{d_0 \left(1 - 2\nu + \frac{D_{\text{гр}}^2}{d_0^2} \right)}. \quad (73)$$

Определение давления прессования

На выходе из цилиндрического канала матрицы спрессованная древесная гранула находится под атмосферным давлением, которое можно принять за ноль. В этом случае давление прессования, развиваемое прессовочным роликом,

$$p_{\text{рол}} = \Delta p_{\text{к}} + \Delta p_{\text{ц}}. \quad (74)$$

После подстановки в (74) выражений для $\Delta p_{\text{ц}}$ из (73) и $\Delta p_{\text{к}}$ из (31) и преобразований получим

$$p_{\text{рол}} = 2 \left(1 + \frac{\beta}{2(1 - \cos \gamma) + \sin^2 \gamma} \right) \sigma_{\text{т}} \ln \frac{D}{d_0} + 4 \frac{k \ell}{d_0} \frac{E}{(1 + \nu)} \frac{(D_{\text{гр}} - d_0) \left(\frac{D_{\text{гр}}^2}{d_0^2} - 1 \right)}{d_0 \left(1 - 2\nu + \frac{D_{\text{гр}}^2}{d_0^2} \right)} \quad (75)$$

или с учетом, что $\beta = k\nu$:

$$p_{\text{пол}} = 2 \left(1 + \frac{kv}{2(1 - \cos \gamma) + \sin^2 \gamma} \right) \sigma_{\tau} \ln \frac{D}{d_0} + 4 \frac{k\ell}{d_0} \frac{E}{(1 + \nu)} \frac{(D_{\text{гр}} - d_0) \left(\frac{D_{\text{гр}}^2}{d_0^2} - 1 \right)}{d_0 \left(1 - 2\nu + \frac{D_{\text{гр}}^2}{d_0^2} \right)}. \quad (76)$$

Из полученной зависимости следует, что давление, развиваемое роликом для проталкивания спрессованной древесной гранулы, имеет линейный характер. В то же время на давление оказывают влияние такие параметры спрессованной древесной шихты, как модуль Юнга, коэффициент Пуассона и коэффициент трения древесной гранулы о цилиндрические стенки матрицы.

Выводы

1. Полученная на основании теории упруго-пластического деформирования математическая модель прессования древесных гранул адекватна результатам экспериментальных исследований.

2. Для практического использования полученной математической модели при расчете технологических процессов и проектировании оборудования для производства древесных гранул необходимы масштабные экспериментальные исследования, чтобы создать базу данных для спрессованной древесной шихты по модулю Юнга, коэффициенту Пуассона и коэффициенту трения древесной гранулы о металл матрицы, а также по влиянию на них фракционного состава древесной шихты и породы древесины, влажности шихты, плотности спрессованных гранул и температуры процесса гранулирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булатов А.С. Разработка процесса прессового гранулирования мелкодисперсных сред на примере минеральных порошков и древесных отходов: автореф. ...канд. техн. наук. М., 2012. 25 с.
2. Исследование и разработка методов совершенствования технологического процесса получения гранулированного топлива из древесного сырья как возобновляемого источника энергии: отчет о науч.-исслед. работе по гос. контракту № 14.740.11.0097 от 08 сент. 2010 г. (промежуточный, этап № 4) / САФУ; рук. В.К. Любов. Архангельск, 2012. 150 с.
3. Овчинников А.Г. Основы теории штамповки выдавливанием на прессах. М.: Машиностроение, 1983. 200 с.
4. Бронштейн И.Н., Семедяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. М.: Наука, 1981. 723 с.
5. Самуль В.И. Основы теории упругости и пластичности. М.: Высш. шк., 1982. 264 с.

Поступила 23.01.14

UDS 674.08

Mathematical Model of Wood Granules Formation

O.D. Myuller, *Candidate of Engineering, Associate Professor*

V.I. Melekhov, *Doctor of Engineering, Professor*

V.K. Lyubov, *Doctor of Engineering, Professor*

T.V. Tyurikova, *Postgraduate Student*

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russia; e-mail: ockar@mail.ru

Production of biofuel from waste of processing of wood in recent years gains the increasing scope. Despite all extending production of wood granules, there are unresolved questions of influence of separate parameters of process of wood granules pressing on their quality. One of the key parameters, defining the quality of wood granules pressing pressure is. Available theoretical models of processes of a granulation show that the developed pressure of pressing is exponential dependence on relative length of die hole in a matrix. The conducted pilot researches have shown that this dependence carries not exponential dependence on relative length of die hole, but linear. Development of such mathematical model of a wood granule pressing in cylindrical die holes of a matrix which would correspond to pilot studies, was the purpose of the real work. All stages of physical process of pressing were analyzed. On the basis of this analysis it was revealed that in the course of pressing wood furnace charge undergoes elastic and plastic deformations. Proceeding from it when developing new mathematical model of process of wood granules pressing the theory of elasto-plastic deformation of continuous solid was assumed as a basis. On the basis of this theory two stages of a wood granule pressing – process of expression of a wood granule through a conic opening to the cylindrical canal of a matrix and process of movement of a granule on the cylindrical canal of a matrix are considered. The executed mathematical researches allowed to receive dependence of pressure difference on granule length in conic and cylindrical canals of a die hole in matrix and on all die hole as a whole. The received new mathematical model of process of wood granules pressing has shown that pressure difference in channels of a matrix is directly proportional to their relative length, that completely corresponds to experimental data.

Keywords: wood wastes, sawdust, a wood charge, a press-granulator, a matrix, a die hole, wood combustive granules, pellets, biofuel, pressure.

REFERENCES

1. Bulatov A.S. *Razrabotka protsessa pressovogo granulirovaniya melkodispersnykh sred na primere mineral'nykh poroshkov i drevesnykh otkhodov*: Avtoref.kand. diss. [The Development of the Press-Granulation Process of the Fine-Dispersed Fluid by the Example of the Mineral Powders and the Wood Waste: Cand. Diss. Abs]. 2012. 25 p.
2. Lyubov V.K. *Issledovanie i razrabotka metodov sovershenstvovaniya tekhnologicheskogo protsessa polucheniya granulirovannogo topliva iz drevesnogo syr'ya, kak vozobnovlyаемого источника энергии* [The Research and the Development of Methods of Improving the Process of Granular Fuel from the Wood as the Renewable Energy Source]. Arkhangelsk, 2012. 150 p.

3. Ovchinnikov A.G. *Osnovy teorii shtampovki vydavlivaniem na pressakh* [The Fundamentals of the Theory of the Extruding Presses]. Moscow, 1983. 200 p.

4. Bronshteyn I.N., Semedyaev K.A. *Spravochnik po matematike dlya inzhenerov i uchashchikhsya vtuzov* [The Guide of Mathematics for Engineers and Students of Technical Institutes]. Moscow, 1981. 721 p.

5. Samul' V.I. *Osnovy teorii uprugosti i plastichnosti* [The Fundamentals of the Elasticity and Plasticity Theory]. Moscow, 1982. 264 p.

Received on January, 23, 2014

УДК 674.093:658.567

РАСЧЕТ ОБЪЕМА ОПИЛОК ПРИ РАСКРОЕ БРЕВНА

© *И.В. Архипов, магистр*

В.А. Кузнецов, д-р техн. наук, проф.

Петрозаводский государственный университет, пр. Ленина, 33, г. Петрозаводск,
Республика Карелия, Россия, 185910; e-mail: alien_aria@mail.ru;
e-mail: kuznetcv@mail.ru

Рациональное использование природных ресурсов – важный фактор экономического успеха современных предприятий. В значительной мере это относится и к лесопильным предприятиям лесопромышленного комплекса России. Цель процесса лесопиления состоит в получении пиломатериалов различного назначения и технологической щепы из круглых лесоматериалов. При оптимизации распила древесины необходимо учитывать все продукты лесопиления, в том числе щепу и опилки. В работе были поставлены задачи расчета объема опилок при распиле бревна, которое моделируется в виде цилиндра, усеченного конуса и параболоида вращения. Для решения этих задач использованы методы математического анализа и аналитической геометрии, которые были реализованы в виде специального программного модуля. В моделях учтены развальный и брусово-развальный способы распила, которые востребованы на всех современных линиях лесопиления. Учтена также различная толщина пропила при первом и втором проходах. Несмотря на то, что модель бревна в виде параболоида вращения сложнее и точнее, чем в виде усеченного конуса, на ее основе получены более простые формулы для расчета объема пропила, что важно, поскольку расчет объема опилок выполняется для каждого постава в генераторе поставов. Предложенные для расчета объемов опилок формулы используются в системе планирования лесопильного производства, в качестве базовой выбрана модель в виде параболоида вращения. Формулы дают более точные результаты по сравнению с используемыми на предприятии, погрешность вычисления которых составляет более 1...2 %.

Ключевые слова: распил бревен, объем опилок, оптимизация, параболоид вращения, расчет интегралов.

Введение

Задача расчета объема опилок возникла при разработке системы планирования лесопильного производства [1–3, 9]. Хотя опилки считаются одним из наименее востребованных продуктов, полученных в процессе лесопиления. Знать их объем для различных поставов необходимо при расчете ожидаемого объема технологической щепы.

По желанию заказчика, при реализации системы оптимального планирования производства [6, 7] ограничение на объем опилок может быть включено в ограничения задачи, что отсутствует в других системах оптимального раскроя пиломатериалов.

Поскольку постав включает в себя несколько пропилов, суммарный объем опилок складывается из объема опилок для каждого пропила. Это используется в расчетах, которые будут варьироваться в зависимости от модели бревна. Рассмотрим модели бревна в виде цилиндра, усеченного конуса и параболоида вращения.

Введем общие обозначения: r – радиус вершинного торца бревна, R – радиус комлевого торца бревна, L – длина бревна.

Пусть пропил расположен на расстоянии от x_1 до x_2 от осевой линии центральной симметрии бревна (рис. 1). Тогда, полагая площадь сечения бревна в т. x как $S(x)$, объем пропила

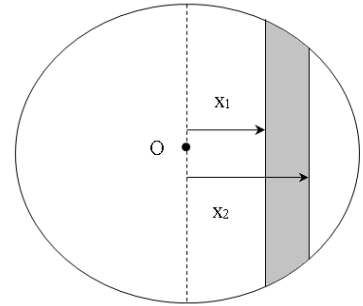


Рис. 1. Графическое представление пропила в цилиндре

$$V = \int_{x_1}^{x_2} S(x) dx.$$

Модель объекта раскря в виде цилиндра

В этом случае $r = R$, тогда сечение будет представлять собой прямоугольник со сторонами $2\sqrt{R^2 - x^2}$ и L . Таким образом, объем пропила

$$V = 2L \int_{x_1}^{x_2} \sqrt{R^2 - x^2} dx.$$

Найдем

$$\int \sqrt{R^2 - x^2} dx = \begin{cases} x = R \sin t, \\ dx = R \cos t \end{cases} = \int \sqrt{R^2 - R^2 \sin^2 t} R \cos t dt = \frac{R^2}{2} (t + \sin t \cos t).$$

Подставляя $t = \arcsin \frac{x}{R}$ и учитывая, что $\cos(\arcsin t) = \sqrt{1 - t^2}$, получаем

$$\int \sqrt{R^2 - x^2} dx = \frac{R^2}{2} \left(\arcsin \frac{x}{R} + \frac{x}{R} \sqrt{1 - \frac{x^2}{R^2}} \right) = \frac{1}{2} \left(R^2 \arcsin \frac{x}{R} + x \sqrt{R^2 - x^2} \right). \quad (1)$$

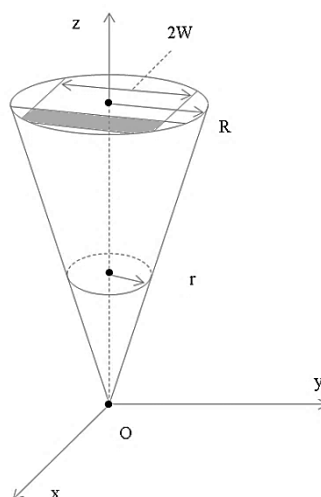
Таким образом,

$$V = L \left(R^2 \left(\arcsin \frac{x_2}{R} - \arcsin \frac{x_1}{R} \right) + x_2 \sqrt{R^2 - x_2^2} - x_1 \sqrt{R^2 - x_1^2} \right).$$

Модель объекта раскроя в виде усеченного конуса

Для расчета объема опилок, полученного при использовании технологии распила брусковой, рассмотрим дополнительное условие: необходимо найти объем фигуры, ограниченной усеченным конусом, плоскостями пропила, а также плоскостями пропила двухкантного бруса шириной $2W$ (рис. 2).

Рис. 2. Графическое представление пропила в усеченном конусе (серым цветом выделено начало пропила)



Сечение представляет собой фигуру, которая сверху и снизу ограничена отрезками, по бокам – гиперболами, а в случае, когда пропил двухкантного бруса пересекается с искомым пропилом, – еще и отрезками по бокам.

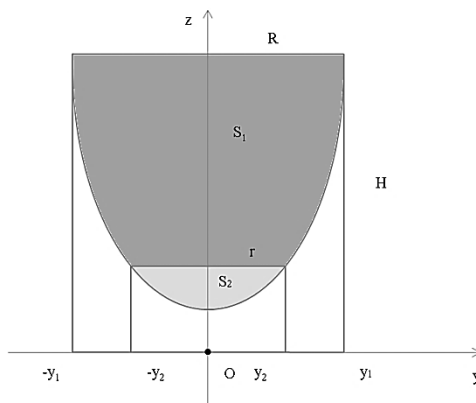
Для расчета площади сечения воспользуемся следующей формулой:

$$S = S_1 - S_2,$$

где S_1 – площадь сечения до верхнего основания конуса;

S_2 – площадь сечения от нижнего основания конуса (рис. 3).

Рис. 3. Площадь сечения усеченного конуса (двухкантный брус для простоты не изображен)



Воспользуемся следующей формулой для расчета поверхности конуса [5]:

$$x^2 + y^2 = a^2 z^2.$$

Найдем параметр a – угол наклона образующей конуса к его оси.

Обозначим z_1 – аппликата точки пересечения нижнего основания усеченного конуса с осью Oz . Подставим в уравнение поверхности конуса точки $(r, 0, z_1)$ и $(R, 0, z_1 + L)$:

$$r^2 = a^2 z_1^2; R^2 = a^2(z_1 + L)^2.$$

Из первого уравнения следует, что $z_1 = \frac{r}{a}$. Подставим данное выражение во второе уравнение:

$$a = \frac{R - r}{L}.$$

Отсюда высота полного конуса H , эквивалентная $z_1 + L$:

$$H = z_1 + L = \frac{r}{a} + L = \frac{rL}{R - r} + L = \frac{RL}{R - r}.$$

Зафиксируем $x = b$ и найдем площадь сечения в данной точке. Заметим, что при $x = b$ значения y будут меняться в диапазоне $[-y_1, y_1]$, где $y_1 = \max\{\sqrt{R^2 - b^2}, W\}$.

Из формулы площади поверхности следует, что

$$z = \frac{\sqrt{y^2 + b^2}}{a}.$$

Тогда искомая площадь (рис. 4)

$$S = 2Hy_1 - \frac{2}{a} \int_0^{y_1} \sqrt{y^2 + b^2} dy,$$

поскольку $2Hy_1$ – площадь прямоугольника, а интеграл – это площадь под линией, являющейся пересечением конуса и плоскости $x = b$. В связи с тем, что конус является симметричной фигурой, интеграл можно рассматривать не на всем промежутке $[-y_1, y_1]$, а на его положительной части $[0, y_1]$.

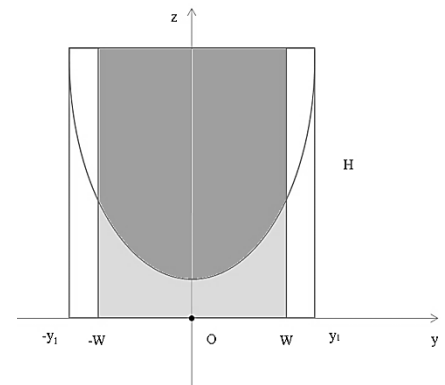


Рис. 4. Площадь сечения конуса (изображено с учетом двухкантного бруса)

Выполнив подстановку и воспользовавшись формулой интегрирования по частям, после некоторых преобразований получим [4, 8]:

$$\int \sqrt{y^2 + b^2} dy = \frac{1}{2} \left(y \sqrt{y^2 + b^2} + b^2 \log \left(y + \sqrt{y^2 + b^2} \right) \right).$$

Таким образом, площадь сечения

$$S = 2Hy_1 - \frac{L}{R-r} \left(y_1 \sqrt{y_1^2 + b^2} + b^2 \log \left(y_1 + \sqrt{y_1^2 + b^2} \right) - b^2 \log b \right).$$

Найдем объем искомого пропила, когда известна функция площади сечения $S(x)$ (вернемся к $b = x$).

Рассмотрим два случая, когда $\sqrt{R^2 - x^2} \geq W$: при $x \leq \sqrt{R^2 - W^2}$ и при $x > \sqrt{R^2 - W^2}$. В первом случае $y_1 = W$, во втором $y_1 = \sqrt{R^2 - x^2}$. Если пропил попадает в оба случая, т. е. когда $\sqrt{R^2 - W^2}$ попадает в интервал $[x_1, x_2]$, разбиваем пропил на две части и считаем каждую отдельно.

1. Первый случай ($x \leq \sqrt{R^2 - W^2}$):

$$S = 2HW - \frac{L}{R-r} \left(W \sqrt{W^2 + x^2} + x^2 \log \left(W + \sqrt{W^2 + x^2} \right) - x^2 \log x \right);$$

$$V = \int_{x_1}^{x_2} S(x) dx = 2HW (x_2 - x_1) - \frac{L}{R-r} \left(W \int_{x_1}^{x_2} \sqrt{W^2 + x^2} dx + \int_{x_1}^{x_2} x^2 \log \left(W + \sqrt{W^2 + x^2} \right) dx - \int_{x_1}^{x_2} x^2 \log x dx \right).$$

Не будем приводить расчет данных интегралов в связи с громоздкостью вычислений и результата.

2. Второй случай ($x > \sqrt{R^2 - W^2}$):

$$S = 2H \sqrt{R^2 - x^2} - \frac{L}{R-r} \left(x^2 \log \left(R + \sqrt{R^2 - x^2} \right) - x^2 \log x \right);$$

$$V = \int_{x_1}^{x_2} S(x) dx = \int_{x_1}^{x_2} \left(H \sqrt{R^2 - x^2} - \frac{L}{R-r} \left(x^2 \log \left(R + \sqrt{R^2 - x^2} \right) - x^2 \log x \right) \right) dx.$$

Как и в первом случае, не будем приводить расчет данных интегралов в связи с громоздкостью вычислений и результата.

Модель объекта раскроя в виде усеченного эллиптического параболоида вращения

Графические схемы в данном случае будут похожи на схемы усеченного конуса, однако формулы будут отличаться.

Запишем формулу поверхности параболоида вращения [5]:

$$x_2 + y_2 = a_2 z.$$

Найдем параметр a .

Обозначим z_1 – аппликата точки пересечения нижнего основания усеченного параболоида с осью Oz . Подставим в уравнение поверхности параболоида точки $(r, 0, z_1)$ и $(R, 0, z_1 + L)$:

$$r^2 = a^2 z_1, R^2 = a^2 (z_1 + L).$$

Из первого уравнения следует, что $z_1 = \left(\frac{r}{a}\right)^2$. Подставим данное выражение во второе уравнение:

$$R^2 = a^2 \left(\left(\frac{r}{a}\right)^2 + L \right) = r^2 + a^2 L.$$

Получим

$$a^2 = \frac{R^2 - r^2}{L}.$$

Отсюда следует, что высота полного параболоида, эквивалентная $z_1 + L$,

$$H = z_1 + L = \left(\frac{r}{a}\right)^2 + L = \frac{r^2 L}{R^2 - r^2} + L = \frac{R^2 L}{R^2 - r^2}.$$

Зафиксируем $x = b$ и найдем площадь сечения в данной точке. Заметим, что при $x = b$ значения y будут меняться в диапазоне $[-y_1, y_1]$, где $y_1 = \max\{\sqrt{R^2 - b^2}, W\}$.

Из формулы площади поверхности следует, что

$$z = \frac{y^2 + b^2}{a^2}.$$

Тогда искомая площадь

$$S = 2Hy_1 - \frac{2}{a^2} \int_0^{y_1} (y^2 + b^2) dy.$$

Обоснование этой площади аналогично обоснованию формулы усеченного конуса, которое было приведено ранее:

$$\int_0^{y_1} (y^2 + b^2) dy = \frac{y^3}{3} + b^2 y \Big|_0^{y_1} = \frac{y_1^3}{3} + b^2 y_1.$$

Найдем объем искомого пропила, когда известна функция площади сечения $S(x)$ (вернемся к $b = x$).

По аналогии с конусом рассмотрим два случая, когда $\sqrt{R^2 - x^2} \geq W$.

В первом случае, когда $x \leq \sqrt{R^2 - W^2}$, имеем $y_1 = W$, во втором, когда $x > \sqrt{R^2 - W^2}$, имеем $y_1 = \sqrt{R^2 - x^2}$. Если пропил попадает в оба случая, т. е. когда $\sqrt{R^2 - W^2}$ попадает в интервал $[x_1, x_2]$, разбиваем пропил на 2 части и считаем каждую отдельно.

1. Первый случай ($x \leq \sqrt{R^2 - W^2}$):

$$V = \int_{x_1}^{x_2} \left(2HW - \frac{2}{a^2} \left(\frac{W^3}{3} + Wx^2 \right) \right) dx = \frac{2W}{3a^2} (3R^2x - W^2x - x^3) \Big|_{x_1}^{x_2}.$$

2. Второй случай ($x > \sqrt{R^2 - W^2}$):

$$V = \int_{x_1}^{x_2} \left(2H\sqrt{R^2 - x^2} - \frac{2}{a^2} \left(\frac{1}{3}(R^2 - x^2)^{\frac{3}{2}} + x^2\sqrt{R^2 - x^2} \right) \right) dx.$$

Первое слагаемое рассчитываем по формуле (1), для остальных не будем приводить промежуточные расчеты ввиду громоздкости вычислений, а запишем лишь конечный результат [10]:

$$\begin{aligned} \frac{1}{3} \int (R^2 - x^2)^{\frac{3}{2}} dx &= \frac{1}{24} \left(x(5R^2 - 2x^2)\sqrt{R^2 - x^2} + 3R^4 \arcsin \frac{x}{R} \right); \\ \int x^2 \sqrt{R^2 - x^2} dx &= \frac{1}{8} \left(x(-R^2 + 2x^2)\sqrt{R^2 - x^2} + R^4 \arcsin \frac{x}{R} \right). \end{aligned}$$

Группируя слагаемые, получаем

$$\begin{aligned} \frac{R^4}{4} \arcsin \frac{x}{R} + \frac{x}{24} \sqrt{R^2 - x^2} (5R^2 - 2x^2 - 3R^2 + 6x^2) = \\ = \frac{R^4}{4} \arcsin \frac{x}{R} + \frac{x}{12} \sqrt{R^2 - x^2} (R^2 + 2x^2). \end{aligned}$$

Подставим полученное выражение в исходную формулу для объема пропила:

$$\begin{aligned} V &= 2H \frac{1}{2} \left(R^2 \arcsin \frac{x}{R} + x\sqrt{R^2 - x^2} \right) - \\ &- \frac{2}{a^2} \left(\frac{R^4}{4} \arcsin \frac{x}{R} + \frac{x}{12} \sqrt{R^2 - x^2} (R^2 + 2x^2) \right) \Big|_{x_1}^{x_2}. \end{aligned}$$

Группируя слагаемые относительно $\arcsin$ и $x\sqrt{R^2 - x^2}$ и учитывая, что $a^2 = \frac{R^2 - r^2}{L}$, имеем следующее:

$$\begin{aligned} & \arcsin \frac{x}{R} \left(HR^2 - \frac{R^4}{2a^2} \right) + x\sqrt{R^2 - x^2} \left(H - \frac{1}{6a^2} (R^2 + 2x^2) \right) = \\ & = \arcsin \frac{x}{R} \left(HR^2 - \frac{HR^2}{2} \right) + x\sqrt{R^2 - x^2} \left(H - \frac{H}{6} - \frac{x^2}{3a^2} \right) = \\ & = \frac{HR^2}{2} \arcsin \frac{x}{R} + x\sqrt{R^2 - x^2} \left(\frac{5H}{6} - \frac{x^2}{3a^2} \right). \end{aligned}$$

Для получения формулы площади сечения для усеченного параболоида, необходимо вычесть из площади полного параболоида площадь параболоида, ограниченного плоскостью $z = r$.

Выводы

1. В работе представлены формулы для расчета объема опилок для разных моделей бревна. Хотя модель бревна в виде параболоида вращения сложнее и точнее, чем в виде усеченного конуса, получены более простые формулы для расчета объема пропила, что важно, поскольку расчет объема опилок выполняется для каждого постава в генераторе поставок.

2. Расчеты используются в системе планирования лесопильного производства, в качестве модели была выбрана модель в виде параболоида вращения.

3. Формулы дают более точный результат для расчета объема опилок по сравнению с используемыми на предприятии, погрешность вычисления которых составляет более 1...2 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Архипов И.В.* Математические модели раскря лесосырья в задачах планирования и управления лесопильным производством // Учен. зап. Петр. ГУ. 2013. Вып. 8(137). С. 93–97.
2. *Архипов И.В.* Математические модели и опыт реализации системы планирования раскря лесосырья // Вестн. СПбГУ. 2014. Сер. 10, вып. 3. С. 82–92.
3. *Воронин А.В., Кузнецов В.А., Шаббаев А.И., Архипов И.В., Кашевник А.М.* Разработка и реализация системы планирования лесопильным производством // Тр. СПИИРАН. 2012. С. 400–415.
4. *Ильин В.А., Садовничий В.А., Сендов Б.Х.* Математический анализ. 2-е изд., перераб. М: Изд-во МГУ, 1985. Ч.1. 662 с.
5. *Погорелов А.В.* Аналитическая геометрия. 3-е изд. М.: Наука, 1968. 176 с.

6. Урбан А.Р., Кузнецов В.А. Математические модели и методы учета сроков продукции в задаче раскрята тамбуров бумагоделательных машин // Учен. зап. ПетргУ. 2014. Вып. 4 (141). С. 112–115.

7. Урбан А.Р. Решение задачи поиска оптимального столбца в условиях оптимального раскрята бумажного полотна // Вестн. СПбГУ. 2014. Сер. 10, вып. 4. С. 71–81.

8. Фихтенгольц Г.М. Основы математического анализа. 6-е изд. М.: Наука, 1968. Т. 1. 422 с.

9. Шабает А.И., Косицын Д.П., Шабалина И.М., Архипов И.В., Анапасик Ю.А. «Облачные» сервисы оптимального планирования для предприятий ЦБП и ЛПК // Автоматизация в пром-сти. 2013. № 4. С. 19–24.

10. A Wolfram Research Company Wolfram Alpha's knowledge base. A Wolfram Research Company. URL: <http://www.wolframalpha.com>

Поступила 01.07.14

UDC 674.093:658.567

Calculation of Total Sawdust Volume After a Log Sawing

I. V. Arhipov, Master

V.A. Kuznetsov, Doctor of Engineering, Professor

Petrozavodsk State University, Lenina, 33, Petrozavodsk, Republic of Karelia, , 185910, Russia; e-mail: alien_aria@mail.ru; e-mail: kuznetcv@mail.ru

Rational use of nature resources is important factor of economic success of modern enterprises. Substantially it belongs to the sawing enterprises, the most characteristic for timber industry complex of Russia. The aim of the sawing process consists in processing round wood into sawn lumber, as well as technological wood chips. By optimization of wood sawing it is necessary to consider all products of sawmilling, including technological chip and sawdust. In work problems of calculation of sawdust volume during the log sawing were defined, in a case when the log is modeled in the form of the cylinder, the truncated cone and a rotation paraboloid. For their solution it was used methods of the mathematical analysis and analytical geometry which were implemented in the form of the special program module. As a way of a log sawing in models were considered split-method, and also brick and split-method, that meets requirements of all modern lines of sawmilling. Also various thickness is considered during sawing at the first and at the second pass at log sawing. It should be noted that in spite of the fact that the log model in the form of a rotation paraboloid is more difficult and more exact, than in the form of the truncated cone, a formula for calculation of volume of saw dust turned out simpler that is important as calculation of sawdust volume is carried out for everyone a sawing schedule in the sawing schedule generator. The received calculations are used in system of planning of sawing production, as model the model in the form of a rotation paraboloid was chosen. Formulas yield more exact result for calculation of sawdust volume in comparison with used at the enterprise which error of calculation makes more 1-2%.

Keywords: log sawing, amount of dust, optimization, paraboloid of revolution, calculations of integrals.

REFERENCES

1. Arkhipov I. V. *Matematicheskie modeli raskroya lesosyr'ya v zadachakh planirovaniya i upravleniya lesopil'nyim proizvodstvom* [Mathematical Models of Wood Sawing in Tasks of Sawmill Planning and Managing]. 2013, vol. 8(137), pp. 93–97.
2. Arkhipov I.V. *Matematicheskie modeli i opyt realizatsii sistemy planirovaniya raskroya lesosyr'ya* [Mathematical Models and Experience of Implementation of Sawmill Planning System]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta*, 2014, vol. 3, pp. 82–92.
3. Voronin A.V., Kuznetsov V.A., Shabaev A.I., Arkhipov I.V., Kashevnik A.M. *Razrabotka i realizatsiya sistemy planirovaniya lesopil'nyim proizvodstvom* [Development and Implementation of Sawmill Planning System]. St. Petersburg, 2012, pp. 400–415.
4. Il'in V.A., Sadovnichiy V.A., Sendov Bl.Kh. *Matematicheskiy analiz* [Mathematical Analysis]. Moscow, 1985. 662 p.
5. Pogorelov A.V. *Analiticheskaya geometriya* [Analytics Geometry]. Moscow, 1968. 176 p.
6. Urban A.R., Kuznetsov V.A. *Matematicheskie modeli i metody ucheta srokov produktssii v zadache raskroya tamburov bumagodelatel'nykh mashin* [Mathematical Models and Methods of the Accounting of Production Terms in a Sawing Problem of Tambours of Paper Machines]. *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta* [Memoir of Petrozavodsk State University]. 2014, vol. 4 (141), pp. 112–115.
7. Urban A.R. *Reshenie zadachi poiska optimal'nogo stolbtsa v usloviyakh optimal'nogo raskroya bumazhnogo polotna* [Solution of the Problem of Finding the Optimal Column in Conditions of Optimal Cutting the Huckaback]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta*, 2014, vol. 4, pp. 71–81.
8. Fikhtengol'ts G.M. *Osnovy matematicheskogo analiza* [Basics of Mathematical Analyses]. Moscow, 1968, vol. 1, 422 p.
9. Shabaev A.I., Kositsyn D.P., Shabalina I.M., Arkhipov I.V., Apanasik Yu.A. «*Ob-lachnye*» *servisy optimal'nogo planirovaniya dlya predpriyatiy TsBP i LPK* [«Cloud» Services of Optimal Planning for Pulp and Paper Industry and for Wood Processing Industry]. Moscow, 2013, no. 4, pp. 19–24.
10. A Wolfram Research Company *Wolfram Alpha's knowledge base*. Available at: <http://www.wolframalpha.com>

Received on July, 01, 2014



ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.024

СДВИГОВЫЕ ТЕЧЕНИЯ БУМАЖНОЙ МАССЫ ПЕРЕМЕННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ

© Ю.А. Тихонов, д-р техн. наук, проф.

В.С. Куров, д-р техн. наук, проф.

Д.Р. Оруджов, асп.

С.-Петербургский государственный технологический университет растительных полимеров, ул. Ивана Черных, 4, г. С.-Петербург, Россия, 198095;
e-mail: tamara_tpt@mail.ru

Сдвиговые течения бумажной массы имеют место в различных аппаратах бумажной промышленности (между ротором и ситом гидроразбивателей, сортировок, в вихревых потоках центриклинеров, в конфузорных каналах напорных ящиков, на сенсорных элементах измерителей концентрации и др.). При этом в широком технологическом диапазоне концентрации массы 0,5 ... 5,0 % важна степень дисперсности массы (уровень флокуляции), которая должна быть сравнима с отверстиями или щелями сит (0,1 ... 10,0 мм) или требуемым размером флокул на сетке бумагоделательной машины. Реологии и дефлокуляции бумажной массы посвящено большое количество работ, из которых сложно проследить закономерности изменения реологических параметров и степени дисперсности массы в зависимости от ее концентрации. Побочные течения в известных вискозиметрах, использующихся для определения реологических характеристик многокомпонентных неньютоновских сред, какой является бумажная масса, затрудняет выявление этих закономерностей. В данной работе в экспериментальном вискозиметре создавалось однородное сдвиговое течение бумажной массы переменной концентрации в зазоре между вращающимся с регулируемой скоростью и неподвижным, регистрирующим образующийся на нем момент, кольцами, что позволило определить экспериментальные зависимости напряжений от среднего градиента скорости в ламинарном, переходном и турбулентном режимах течения, построить графические зависимости вязкости массы переменной концентрации от градиента скорости и получить их аналитическое описание. На основании описания и двухслойной модели турбулентности получены безразмерное распределение скорости, а также толщина пограничного слоя в различных режимах сдвигового течения, являющегося важной характеристикой потока между ситом и ротором сортирующего оборудования. Приведены зависимости напряжений от концентрации при переменной скорости вращения стенки. Сравнение последних с характеристиками известных измерителей концентрации показало их хорошую качественную сходимость. Представлена схема распада флокулы в сдвиговом течении. Приложение известных формул гидромеханики к этой схеме с учетом представленных экспериментальных характеристик позволило установить аналитические и графические зависимости повышения степени дисперсности массы (уменьшение размера флокул) различной концентрации при увеличении градиента скорости, что согласуется с известными данными.

Ключевые слова: напряжения сдвига, градиент скорости, вязкость, концентрация массы, размер флоккул, толщина пограничного слоя.

Сдвиговые течения в зазоре между подвижной и неподвижной поверхностями имеют место в различных аппаратах, например, между ротором и ситом гидроразбивателя и сортировки, в горле центриклинера, барабане фильтра и формера. Основные закономерности сдвиговых течений используются при расчете систем массоподготовки и напуска. При этом важна степень дисперсности массы (дефlokкуляции), часто являющаяся необходимым условием в различных стадиях технологического процесса.

Реологии и дефlokкуляции массы посвящено большое количество работ, из которых, однако, сложно проследить закономерности изменения реологических параметров и степени дисперсности массы при изменении ее концентрации в основном технологическом диапазоне (0,5 ... 5,0 %) подготовки бумажной массы [4, 6, 7]. Побочные эффекты в ротационных вискозиметрах, использующихся для определения реологических характеристик сложных не-ньютоновских сред, какой является бумажная масса, затрудняют выявление этих закономерностей. Для уменьшения искажающих эффектов в данной работе использовали модифицированный дисковый вискозиметр (рис. 1) [2, 3].

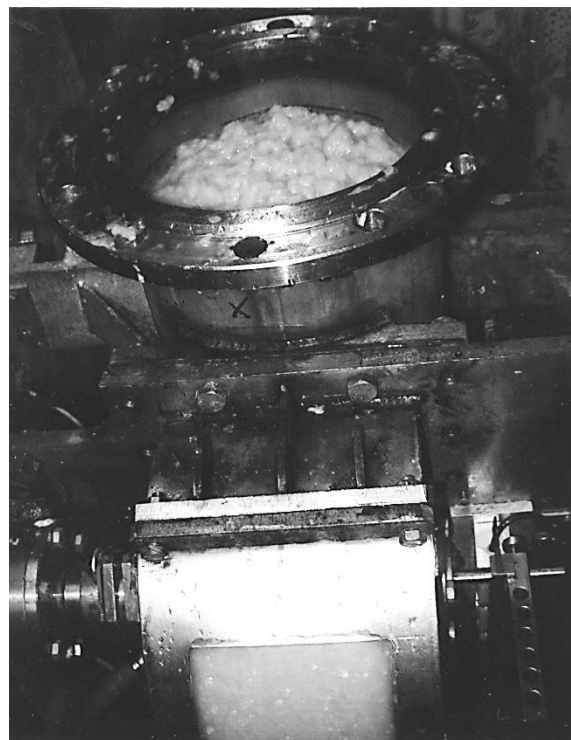


Рис. 1. Модифицированный кольцевой вискозиметр

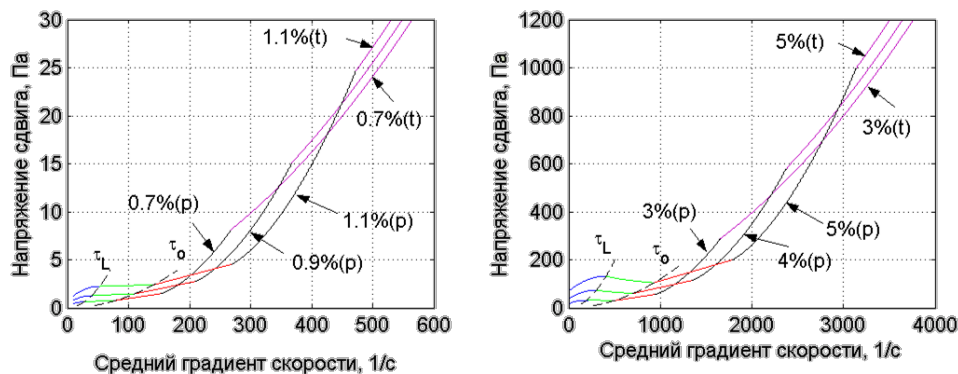


Рис. 2. Зависимость сдвиговых напряжений τ от среднего градиента скорости γ для массы концентрацией $c = 0,7 \dots 5,0$ % в ламинарном (L), переходном (p) и турбулентном (t) режимах течения (τ_0 и τ_L – напряжения, при которых кажущаяся вязкость достигает соответственно наименьших (μ_0) и наибольших (μ_L) значений ньютоновской вязкости)

В вискозиметре создавалось сдвиговое течение между вращающимся с окружной скоростью V и неподвижным кольцами и определялась зависимость сдвиговых напряжений τ в зазоре шириной S от среднего градиента скорости $\gamma = V/S$. Для неразмолотой сульфитной целлюлозы концентрацией $c = 0,7 \dots 5,0$ % связь между сдвиговыми напряжениями и средним градиентом скорости представлена на рис. 2. В экспериментальных исследованиях температуру суспензии поддерживали постоянной (около 22°C).

Штриховые линии τ_L и τ_0 образуют между собой зону, где течение массы происходит в соответствии со сходными зависимостями. Определим из ламинарной области течения на рис. 2 кажущуюся вязкость $\mu = \tau/\gamma$ (рис. 3). Штриховые линии τ_L и τ_0 из рис. 2 перешли в штриховые прямые линии μ_L и μ_0 на рис. 3.

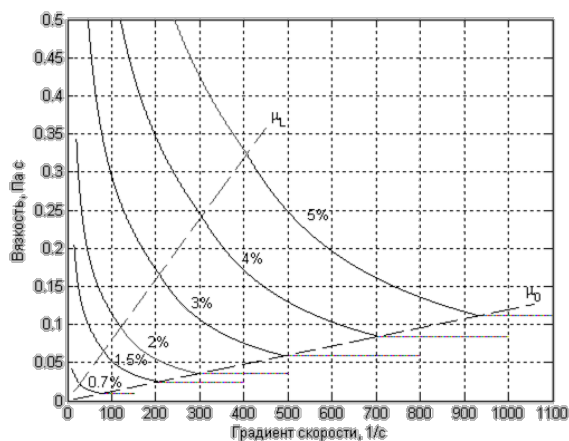


Рис. 3. Зависимость вязкости массы концентрацией $c = 0,7 \dots 5,0$ % от градиента скорости

Согласно гипотезе профессора Э.Л. Акима, для каждой концентрации массы существует область течения, где она движется аналогично ньютоновской жидкости, меняя свою вязкость от наибольшей μ_L до наименьшей μ_0 , в дальнейшем практически постоянной.

Рис. 3 подтверждает гипотезу Э.Л. Акима: в области $\gamma_L \leq \gamma \leq \gamma_0$ вязкость μ для каждой концентрации меняется по закону

$$\mu = \mu_0 (\gamma_0 / \gamma)^\Phi. \quad (1)$$

В области малых градиентов $0 < \gamma \leq \gamma_L$ для определения кажущейся вязкости используем следующую формулу:

$$\mu = \mu_L \left[(1 - K_n) \left(2 - \frac{\gamma}{\gamma_L} \right) + K_n \frac{\gamma_n}{\gamma} \right], \quad (2)$$

где $K_n = \frac{\tau_n}{\tau_L}$;

τ_n – начальное напряжение, при котором масса приобретает текучесть.

С учетом формул (1), (2) и двухслойной модели турбулентности [1, 5] на рис. 4 приведено распределение скоростей для массы различной концентрации во всех режимах течения с указанием в переходном и турбулентном режимах толщины ламинарного слоя δ , которая уменьшается с увеличением скорости V .

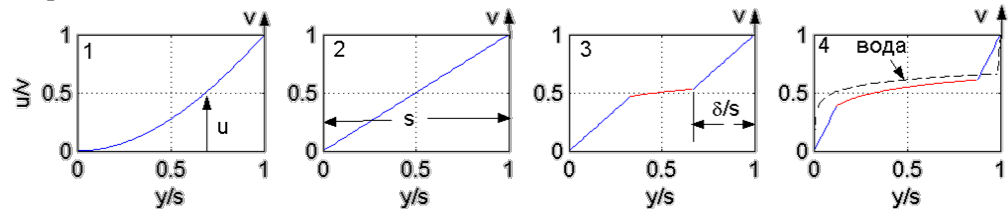


Рис. 4. Распределение скорости массы u по зазору S между неподвижной и движущейся со скоростью V стенками: 1 – до момента достижения наибольшей ньютоновской вязкости μ_L ($c = 0,7\%$, $V = 0,11$ м/с; $c = 3,0\%$, $V = 0,84$ м/с; $c = 5,0\%$, $V = 1,63$ м/с); 2 – в конце ламинарного режима течения ($c = 0,7\%$, $V = 1,91$ м/с; $c = 3\%$, $V = 11,78$ м/с; $c = 5,0\%$, $V = 22,3$ м/с); 3 – в переходном режиме при толщине ламинарного слоя $\delta/S = 0,33$ ($c = 0,7\%$, $V = 2,35$ м/с; $c = 3\%$, $V = 14,5$ м/с; $c = 5\%$, $V = 25$ м/с); 4 – в начале турбулентного режима при толщине ламинарного слоя $\delta/S = 0,12$ ($c = 0,7\%$, $V = 3,36$ м/с; $c = 3,0\%$, $V = 20,7$ м/с; $c = 5,0\%$, $V = 39,2$ м/с; вода: $V = 3,36$ м/с, $\delta/S = 0,012$)

Толщина ламинарного слоя δ в турбулентном режиме является важным параметром, например, для сит напорных сортировок. Согласно рис. 4, каждой концентрации будет соответствовать определенная скорость ротора, при которой толщина пограничного слоя δ на поверхности профильного сита становится равной высоте профиля $\Delta \approx 1$ мм и слой становится турбулентным (рис. 5), в то время как на поверхности гладкого сита он ламинарный (рис. 6).

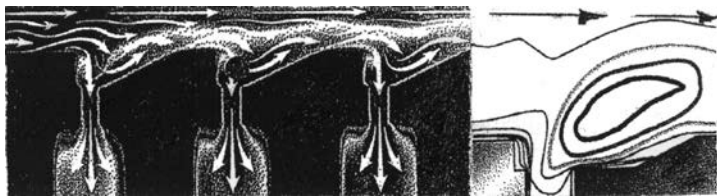


Рис. 5. Турбулентный пограничный слой на профильном сите



Рис. 6. Ламинарный пограничный слой на гладком сите

Соответственно, разделение флоккул на волокна и проход последних через отверстия или щели профильных сит происходит легче, чем для гладких.

Для измерения концентрации представим графики (см. рис. 2) в виде зависимостей напряжений сдвига τ от концентрации c при различных скоростях V и фиксированном зазоре S (рис. 7).

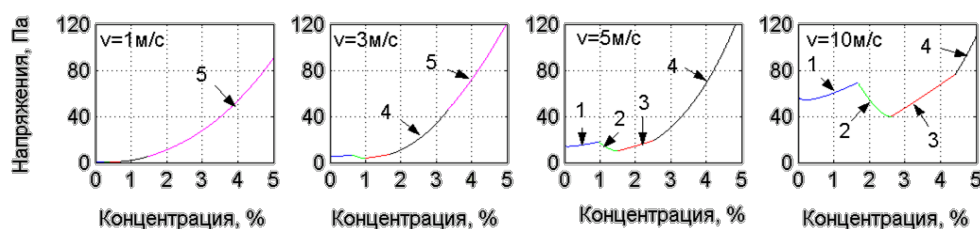


Рис. 7. Зависимость сдвиговых напряжений от концентрации массы в зазоре между неподвижной и подвижной стенками при различной скорости ($V = 1 \dots 10$ м/с): 1 – область турбулентного режима; 2 – переходного режима; 3 – постоянной наименьшей ньютоновской вязкости; 4 – переменной ньютоновской вязкости; 5 – неньютоновского течения

Рис. 7 иллюстрирует смещение зон режимов течения массы от турбулентного до неньютоновского в диапазоне концентрации (0...5,0 %) в зависимости от скорости движения стенки. Сдвиговые напряжения, умноженные на площадь хорошо обтекаемого профиля, дают силу, трансформируемую в выходной сигнал в измерителях концентрации [8].

На рис. 8 показана типичная зависимость выходного сигнала от концентрации массы для ротационных измерителей концентрации массы [9]. Сравнение рис. 7 и рис. 8 показало общность основных закономерностей сдвигового течения.

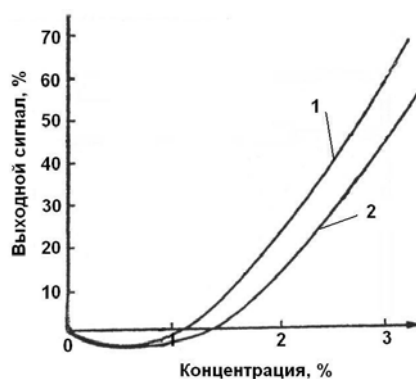


Рис. 8. Зависимость выходного сигнала от концентрации в ротационных измерителях концентрации массы: 1 – измеритель GW; 2 – измеритель KR

Определим структурные изменения (дефлокуляцию) в сдвиговом течении согласно рис. 9.

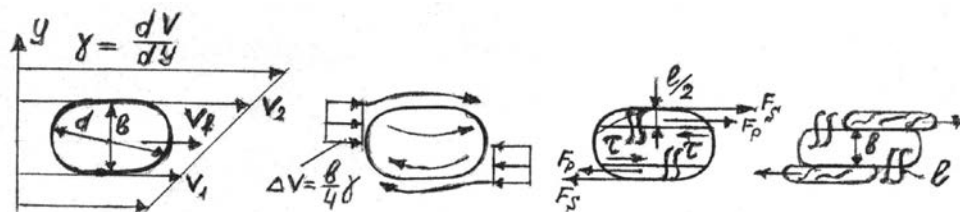


Рис. 9. Схема разрушения флоккулы в сдвиговом течении как зависимость ее толщины b от градиента скорости γ

В сдвиговом течении при $\gamma \geq \gamma_L$ имеет место относительная скорость флоккулы и потока $\Delta V = \frac{b}{4}\gamma$, вследствие чего на сектор флоккулы толщиной, равной половине длины волокна ($l/2$), действуют силы F_p (на гранях флоккул) и F_s (на боковой поверхности), суммарное воздействие которых приводит к возникновению напряжений τ , стремящихся преодолеть напряжения зацепления волокон τ_L (рис. 2). Приложение формул гидромеханики [7] к схеме, изображенной на рис. 9, приводит к следующей зависимости:

$$\tau_L = \frac{0,088\sqrt{\rho\mu}\gamma^3 d \left(\frac{b}{d}\right)^{1,5} \left[1 - \left(\frac{b}{d}\right)^2\right]^{0,75} + 0,25\mu\gamma \left(\frac{b}{d}\right)^2 \left\{3\left(1 - \frac{l}{b}\right)^2 - \left(\frac{b}{d}\right)^2 \left[1 - \left(1 - \frac{l}{b}\right)^4\right]\right\}}{1 - \left(\frac{b}{d}\right)^2 \left(1 - \frac{l}{b}\right)^2},$$

где $\mu = \mu_0 (\gamma_0/\gamma)^q$ при $\gamma_L \leq \gamma \leq \gamma_0$; $\mu = \mu_0 = \text{const}$ при $\gamma \geq \gamma_0$.

Графики этой зависимости до наступления переходного режима γ_p для массы различной концентрации представлены на рис. 10 при $d = 10$ мм, соответствующему начальному диаметру флоккул и длине волокна $l = 2$ мм.

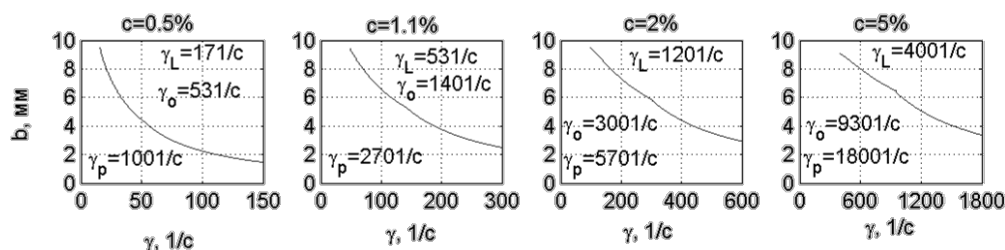


Рис. 10. Зависимость толщины флоккулы b от градиента скорости γ для массы концентрации $c = 0,5...5,0$ % в ламинарном режиме течения (γ_L , γ_0 – градиенты, соответствующие наибольшей (μ_L) и наименьшей (μ_0) ньютоновской вязкости)

Сравнение рис. 3 и рис. 10 показало, что снижение вязкости в сдвиговом течении обусловлено уменьшением толщины флоккул.

Выводы

1. Использование кольцевого (дискового) вискозиметра позволяет уменьшить влияние искажающих эффектов при получении реологических характеристик.

2. На основании теоретических зависимостей пристеночного распределения скорости для бумажной массы переменной концентрации предложена зависимость напряжений сдвига от среднего градиента скорости и концентрации.

3. Получены основные характеристики течения массы переменной концентрации в ламинарном и турбулентном режимах, хорошо согласующиеся с известными экспериментальными данными, с зависимостью коэффициента гидравлического трения, перепада давления и степени дисперсности флокулированного стержня от средней скорости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аббасов А.А. Гидродинамические исследования вопросов движения вязкопластичных жидкостей. Баку: Азербайдж. ССР, Изд-во АН, 1967. 241 с.
2. А.с. 1449868 СССР, МПК G 01 N 11/14. Дисковый вискозиметр / Васильева С.Г., Тихонов Ю.А., Тотухов Ю.А., Терентьев О.А., Синегубов С.С., Каменев А.А. №4229822; заявл. 13.04.87; опубл.07.01.89, Бюл. № 1. 3 с.
3. А.с. 1541493 СССР, МПК G 01 N 11/14. Вискозиметр / Васильева С.Г., Тихонов Ю.А., Тотухов Ю.А., Терентьев О.А., Синегубов С.С. №4414351; заявл. 25.04.88; опубл. 07.02.90, Бюл. № 5. 3 с.
4. Кугушев И.Д., Терентьев О.А. Бумагоделательные и картоно-делательные машины. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. 598 с.
5. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. М.: Наука, 1973. 257 с.
6. Терентьев О.А. Гидродинамика волокнистых суспензий в целлюлозно-бумажном производстве. М.: Лесн. пром-сть, 1980. 248 с.
7. Тихонов Ю.А. Основы теории диспергирования бумажной массы при сортировании и напуске на бумагоделательную машину: дисс....д-ра техн. наук. СПб., 2012. 338 с.
8. Bennigton C., Kerekes R. Power Requirements for Pulp Suspension Fluidization // TAPPI. 1996. Vol.79, N 2. P. 253–258.
9. Olander R., Agneus L. Consistency Measurement: the Foundation for Accurate Dilution Control // TAPPI. 1997. March. P. 97–107.

Поступила 21.07.14

UDC 676.024

Shear Flows of Paper-Pulp of Varying Concentrations

Yu. A. Tikhonov, *Doctor of Engineering, Professor*

V. S. Kurov, *Doctor of Engineering, Professor*

D.R. Orudzhov, *Postgraduate Student*

Saint Petersburg State Technological University of Plant Polymers, Ivana Chernyh street, 4, Saint Petersburg, 198095, Russia; e-mail: tamara_tpt@mail.ru

Shear flows of paper-pulp occur in various devices in paper industry machines, for example, between the rotor and sieve pulpers, grading machines, in eddy flows of centricleaners, in converging ducts of flow boxes, in sensing elements of concentration meter. Thus, in a wider technological mass concentration range of $0.5 \div 5$ %, the degree of mass dispersion (the level of flocculation) is of importance, which should be comparable to the sieve holes of $10 \div 0.1$ mm or to a required size of flocculation of the papermachine.

Rheology and paper - pulp deflocculation is covered in many studies, in which, however, it is difficult to trace the patterns of change of the rheological parameters and degree of mass dispersion depending on its concentration. Adverse flows in the known viscometers used to measure the rheological properties of multicomponent non-Newtonian ambient, such as paper - pulp, makes it difficult to identify these patterns. In this paper, in an experimental viscometer a homogeneous shear flow of paper – pulp of variable consistency was created in the gap between the rings. One ring was rotating at a variable speed, and the other was fixed, which allowed defining the experimental dependence of the stresses of the average velocity gradient in laminar, transient and turbulent flow cycles, to construct a characteristic curve of viscosity of variable mass concentration on the velocity gradient and get their analytical description. On its based and two-layer turbulence model, a dimensionless velocity distribution was defined, as well as the boundary layer thickness in different modes of shear flow, which is an important characteristic of the flow between the rotor and the sieve of the sorting equipment. Representation of characteristic curve of stresses to velocity gradient at a variable concentration as characteristic curves of stresses to concentration at variable rotational speed of the wall is reported. Comparison of the latter with the characteristics of the known concentration meters demonstrates their good quality convergence. A scheme of the floccules collapse in a shear flow is also represented. Application of the known formulas of fluid mechanics to this scheme, taking into consideration the experimental characteristics, shows analytical and graphical dependencies of increase of the degree of mass dispersion (floc size reduction) of various concentrations with increasing velocity gradient that corresponds to the known data.

Keywords: shear, velocity gradient, viscosity, concentration of mass, size of flocculation, the boundary layer thickness.

REFERENCES

1. Abbasov A.A. *Gidrodinamicheskie issledovaniya voprosov dvizheniya vyazkoplastichnykh zhidkostey* [Hydrodynamic Research on the Motion of Viscoplastic Fluids]. Baku, 1967. 241 p.

2. Vasil'eva S.G., Tikhonov Yu.A., Totukhov Yu.A., Terent'ev O.A., Sinegubov S.S., Kamenev A.A. *Diskovyy viskozimetr* [Disc Viscometer]. Inventor's certificate USSR, no. 4229822, 1989.
3. Vasil'eva S.G., Tikhonov Yu.A., Totukhov Yu.A., Terent'ev O.A., Sinegubov S.S. *Viskozimetr* [Viscometer]. Inventor's certificate USSR, no. 4414351, 1990.
4. Kugushev I.D., Terent'ev O.A. *Bumagodelatel'nye i kartonno-delatel'nye mashiny* [Paper and Cardboard-Making Machines]. St. Petersburg, 2011. 598 p.
5. Loytsyansky L.G. Лойцянский Л.Г. *Mekhanika zhidkosti i gaza* [Fluid Mechanics]. Moscow, 1973. 257 p.
6. Terent'ev O.A. *Gidrodinamika voloknistykh suspenziy v tsellyulozno-bumazhnom proizvodstve* [Hydrodynamics of Fiber Suspensions in the Pulp and Paper Industry]. Moscow, 1980. 248 p.
7. Tikhonov Yu.A. *Osnovy teorii dispergirovaniya bumazhnoy massy pri sortirovani i napuske na bumagodelatel'nyu mashinu: dis. ... dok. tehn. nauk* [Fundamentals of the Theory of Dispersion of Pulp for Separation and Puffing on a Paper Machine: Dr. Tech. Sci. Diss]. St. Petersburg, 2012. 338 p.
8. Bennigton C., Kerekes R. Power Requirements for Pulp Suspension Fluidization. *TAPPI*, 1996, vol.79, no. 2, pp. 253–258.
9. Olander R., Agneus L. Consistency Measurement: the Foundation for Accurate Dilution Control. *TAPPI*, 1997, pp. 97–107.

Received on July 21, 2014

УДК 66.095.26+661.632.12

**ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
КОНДЕНСИРОВАННЫХ ЛИГНИНОВ С АЗОТНОЙ КИСЛОТОЙ
В ВОДНО-ОРГАНОСОЛЬВЕНТНОЙ СРЕДЕ**

© Ю.Г. Хабаров, д-р хим. наук, проф.

Д.Е. Лахманов, асп.

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

Цель исследования – изучение деполимеризующего действия азотной кислоты на гидролизный лигнин в водно-органо-сольвентной среде. Было изучено влияние состава растворителя на деполимеризацию конденсированных лигнинов с помощью азотной кислоты. Реакцию гидролизного лигнина с азотной кислотой проводили в установке с обратным холодильником в термостатируемых условиях. Для этого в колбу помещали 1 г лигнина и заданный объем реагента. Реагент готовили путем смешения азотной кислоты концентрацией 65 % с растворителем в соотношении 1:4 по объему. По завершении реакции нерастворившуюся часть отделяли от раствора вакуум-фильтрованием. Осадок промывали водой до нейтральной среды, сушили до постоянной массы в вакуум-эксикаторе. Эффективность деполимеризации оценивали по степени растворения лигнина. Наиболее эффективно деполимеризация проходит в водно-диоксановой среде. Впервые установлено, что полная деполимеризация конденсированных лигнинов проходит за 15...20 мин, если реакцию гидролизного лигнина с азотной кислотой проводить в водном растворе диоксана, содержащем воды не более 25 % (объемных). Начальная скорость растворения технического гидролизного лигнина с ростом температуры реакции изменяется ступенчато. Изучение кинетики реакции показало, что начальная скорость реакции в интервале температур от 50 до 75 °С линейно возрастает с ростом температуры. При более высоких температурах влияние ее на скорость процесса значительнее. После 75 °С температурный коэффициент реакции в несколько раз больше. Электронные спектры щелочных растворов деполимеризованных продуктов значительно отличаются от спектров лигнинов. Для корректного описания спектров требуется 4-5 гауссиан. Средняя погрешность аппроксимации не более 2,5 %.

Ключевые слова: конденсированные лигнины, азотная кислота, деполимеризация, диоксан, этанол.

Гидролизный лигнин (ГЛ), образующийся в ходе кислотного гидролиза древесины в качестве побочного продукта, наиболее изменен по сравнению с природными лигнинами [7]. Его макромолекулы содержат конденсированные нафталиновые, антраценовые, фенантреновые, бензофурановые структуры.

Модификация лигнинов позволяет направленно изменять свойства, расширять области практического использования. С помощью деполимеризации [16] можно получать низкомолекулярные продукты: ароматические альдегиды (ванилин, сиреневый альдегид) [9], карбоновые

кислоты, фенолы [12–15], хинонполикарбоновые кислоты [6, 7], углеводороды различной природы [10].

Важным направлением модификации лигнинов является получение азотсодержащих производных с помощью аммиака, аминов, азотной и азотистой кислот, гидразина и его производных, гидроксилamina, изоцианатов, мочевины. Крупнотоннажными и коммерчески выгодными реагентами являются азотная кислота, аммиак, мочевина [5].

Для деполимеризации лигнина может быть использована азотная кислота, под действием которой образуются производные лигнина с азотсодержащими группами, уменьшается его молекулярная масса и увеличивается растворимость. К настоящему времени известно большое количество методов обработки лигнинов азотной кислотой. Результаты исследований процессов, происходящих при взаимодействии лигнинов с азотной кислотой в различных условиях, обобщены в монографии [8].

В течение некоторого периода проводились исследования по разработке азотнокислой варки целлюлозы, результаты которых были даже опробованы в промышленных условиях. Из-за экологических проблем широкого применения этот способ варки целлюлозы не нашел. Однако интерес к этому виду варочного процесса не потерял и в настоящее время [1]. Кроме того, обработка древесины азотной кислотой может быть использована для получения азотсодержащих препаратов, стимулирующих рост растений [3].

Один из известных способов деполимеризации ГЛ – обработка его водным раствором азотной кислоты [4]. Для этого ГЛ выдерживают в растворе 5...10 %-й азотной кислоты в течение 4 ч при температуре $(83 \pm 2)^\circ\text{C}$. Полученный продукт промывают до нейтральной реакции среды и высушивают. Значительная часть ГЛ остается нерастворенной даже после 4 ч обработки.

Целью исследования было изучить деполимеризующее действие азотной кислоты на ГЛ в водно-органоcольвентной среде.

Методическая часть

При выполнении экспериментов были использованы: азотная кислота (х.ч., 65 %); этанол (ректификат, 96 %); серная кислота (ч., 94 %); диоксан (х.ч.).

В качестве ГЛ был использован технический гидролизный лигнин Кировского биохимического завода, который предварительно был освобожден от водо- и эфирорастворимых веществ и фракционирован. В эксперименте использовали фракцию размером 0,2...1,0 мм. Содержание лигнина Класона в ГЛ составляет 77,8 %. Элементный состав: С (65,9 %), Н (5,9 %), N (0,2 %), О (28,0 %).

Методика определения количественного определения полисахаридов в техническом ГЛ. Определение углеводов (по величине РВ) было проведено в филътратах после обработки технического ГЛ по методу Класона [2].

Методика проведения реакции с азотной кислотой. Реакцию проводили в установке с обратным холодильником на водяной бане в течение заданного времени. В колбу помещали 2,5 г лигнина и заданный объем реагента. Реагент готовили путем смешения азотной кислоты концентрацией 65 % с растворителем в соотношении 1:4 по объему. По завершении реакции нерастворившуюся часть отделяли от раствора вакуум-фильтрованием, осадок промывали водой до нейтральной реакции среды и сушили до постоянной массы в вакуум-эксикаторе. Каждый эксперимент проведен дважды. Отклонение от среднего результата не превышало 3 %.

Методика изучения кинетики реакции гидролизного лигнина с азотной кислотой. Реакцию проводили в установке с обратным холодильником в термостате в течение заданного времени. Для этого в колбу помещали 1 г лигнина и заданный объем реагента. Реагент готовили путем смешения азотной кислоты концентрацией 65 % с растворителем в соотношении 1:4 по объему. По завершении реакции нерастворившуюся часть отделяли от раствора вакуум-фильтрованием, осадок промывали водой до нейтральной среды и сушили до постоянной массы в вакуум-эксикаторе. Эффективность деполимеризации оценивали по степени растворения лигнина, выраженной в процентах.

Обсуждение результатов

Одним из конденсированных лигнинов является лигнин Класона. В предварительных экспериментах с еловым и березовым лигнинами Класона лабораторного приготовления было установлено, что в водно-диоксановой среде оба препарата полностью растворились в течение 10...15 мин [11]. Добиться полной деполимеризации этих лигнинов в водной и водно-спиртовой средах не удалось.

По-видимому, это может быть объяснено сольватационными эффектами, которые, как известно, могут оказывать решающее влияние на протекание химической реакции. При смене растворителя скорость реакции может измениться в 10^9 раз. Сильными сольватирующими свойствами обладает диоксан, который является апротонным органическим растворителем.

По сравнению с лигнинами Класона технические ГЛ имеют более сложное строение и состав. В них всегда присутствуют полисахариды, собственно лигнинные вещества имеют значительно более сложное строение, поэтому в водной и водно-спиртовой средах они полностью не деполимеризуются азотной кислотой даже за длительное время.

Предположение о том, что диоксан положительно влияет на деполимеризацию гидролизного лигнина, подтвердилось. Полная деполимеризация ГЛ азотной кислотой в водно-диоксановой среде происходит буквально за 20...30 мин (табл. 1).

Таблица 1

Влияние условий реакции на растворение ГЛ

Растворитель	Продолжительность реакции, мин	Процент растворившегося лигнина
Этанол	30	21,2
	60	33,8
	120	53,9
Вода	30	28,2
	60	35,7
	120	46,4
Диоксан	30	63,7
	60	67,3
	120	70,5

Из табл. 1 видно, что деполимеризующее действие азотной кислоты в водной и водно-спиртовой средах примерно одинаково. Однако с увеличением продолжительности реакции процент растворившегося в водно-спиртовой среде ГЛ возрастает по сравнению с реакцией в водной среде. Скорость реакции ГЛ с азотной кислотой в водно-спиртовой среде практически не зависит от продолжительности реакции; в водной среде наблюдается тенденция постоянного снижения скорости: даже за 2 ч растворяется только половина ГЛ. Таким образом, полной деполимеризации ГЛ азотной кислотой при проведении реакции в водной или водно-спиртовой средах, к сожалению, достичь не удалось.

Наглядное представление о влиянии диоксана на реакцию ГЛ с азотной кислотой дает рис. 1. На нем в графическом виде представлены результаты опытов, в которых ГЛ обрабатывали азотной кислотой при 80 °С в течение 30 мин. Объем растворителя 20 мл. Растворитель готовили путем смешения заданных объемов воды, этанола и диоксана. Эффективность деполимеризующего действия оценивали по степени растворения ГЛ (по проценту нерастворившегося ГЛ).

Зависимость степени растворения ГЛ от состава растворителя является сложной. Полное растворение лигнинных соединений ГЛ происходит в том случае, если в качестве растворителя используется диоксан

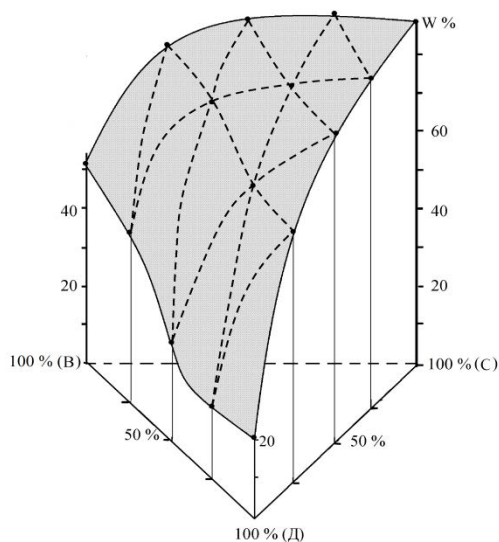
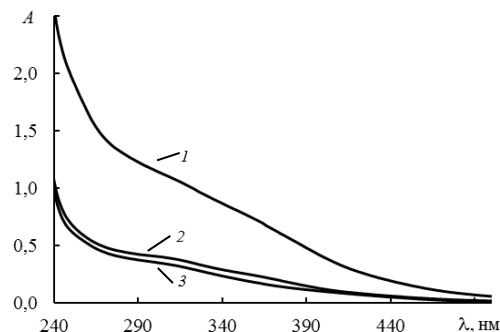


Рис. 1. Зависимость степени растворения гидролизного лигнина от состава растворителя (В – вода, Д – диоксан, С – этанол, W – процент нерастворившегося ГЛ)

Рис. 2. Электронные спектры щелочных растворов продуктов деполимеризации ГЛ после реакции с азотной кислотой в водно-диоксановой (1), водно-спиртовой (2) и водной (3) среде (A – оптическая плотность растворов, λ – длина волны)



или смесь диоксан–вода, содержание воды в которой не превышает 25 % (по объему).

Электронные спектры щелочных растворов деполимеризованных продуктов реакции ГЛ с азотной кислотой в различных растворителях значительно отличаются от электронных спектров других видов лигнинов, что свидетельствует о существенном изменении строения деполимеризованного ГЛ (рис. 2). Кроме того эти спектры были смоделированы кривыми Гаусса, результаты аппроксимации сведены в табл. 2.

Таблица 2

Аппроксимация электронных спектров кривыми Гаусса

Растворитель	Характеристики полосы поглощения	Полоса поглощения					Средняя погрешность аппроксимации, %
		1	2	3	4	5	
Этанол	Положение, см ⁻¹	26000	28000	32500	38500	45000	1,1
	Полуширина, см ⁻¹	5500	4000	6200	5500	5500	
	Интенсивность	0,10	0,05	0,35	0,41	1,60	
Вода	Положение, см ⁻¹	26000	–	32500	39000	43500	2,5
	Полуширина, см ⁻¹	6000	–	6200	5500	3500	
	Интенсивность	0,09	–	0,31	0,46	1,20	
Диоксан	Положение, см ⁻¹	26000	28000	32500	38500	45000	1,9
	Полуширина, см ⁻¹	5500	4000	6200	5800	6100	
	Интенсивность	0,35	0,14	0,96	1,15	3,50	

Из данных табл. 2 видно, что для корректного описания электронных спектров в области 250...500 нм требуется от 4 до 5 гауссиан (индивидуальных полос поглощения). Средняя погрешность аппроксимации не превышает 2,5 %. Различие в наборе полос поглощения указывает на различия в электронном строении продуктов деполимеризации в зависимости от типа растворителя.

Существенное значение на эффективность деполимеризации ГЛ оказывает температура. Для того чтобы оценить влияние этого фактора были про-

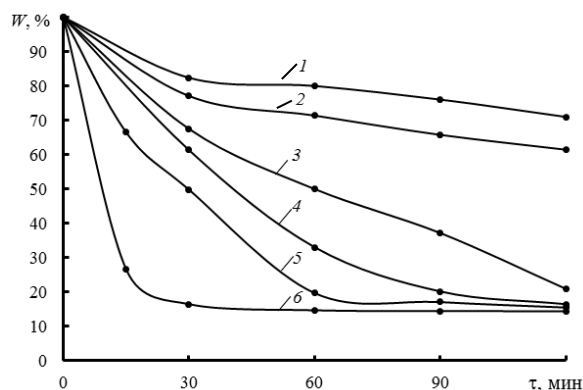


Рис. 3. Зависимость выхода нерастворившейся части технического ГЛ от продолжительности реакции τ при температуре 50 (1), 60 (2), 70 (3), 75 (4), 81 (5), 91 (6) °C (W – процент нерастворившегося лигнина)

ведены эксперименты в изотермических условиях. Температуру реакции изменяли от 50 до 91 °C. Продолжительность реакции – до 2 ч.

Результаты кинетических экспериментов представлены на рис. 3, из которого видно, что наиболее интенсивно деполимеризация происходит при температуре кипения реакционной смеси 91 °C. Весь процесс деполимеризации заканчивается за 15...20 мин. Далее процент нерастворившейся части не изменяется и составляет примерно 15...20, что соответствует количеству остаточных полисахаридов в образце технического ГЛ. При меньших температурах характер кинетических кривых различен. Полная деполимеризация ГЛ в интервале температур 70...81 °C происходит в течение 60...120 мин. При температурах 50...60 °C в раствор переходит не более 30 % ГЛ.

Кинетические кривые были аппроксимированы с помощью кубических сплайнов и продифференцированы. Влияние температуры на начальную скорость деполимеризации от температуры приведено на рис. 4.

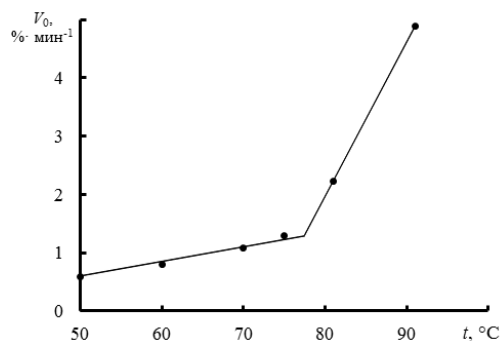


Рис. 4. Зависимость начальной скорости V_0 растворения технического ГЛ от температуры реакции t

Как видно из графика на рис. 4, зависимость является сложной. Ее можно представить в виде двух линейных участков (тонкие линии): на первом участке скорость реакции линейно возрастает в интервале температур 50... 75 °С, после 75 °С (второй участок) температурный коэффициент реакции в несколько раз больше.

Таким образом, установлено, что азотная кислота быстро (за 10... 30 мин) и полностью деполимеризует конденсированные лигнины при использовании в качестве растворителя смеси воды и диоксана, содержащей до 25 % (объемных) воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Будаева В.В., Гисматулина Ю.А., Золотухин В.Н., Роговой М.С., Мельников А.В. Физико-химические свойства целлюлозы из соломы льна-межеумка // Ползуновский вестник. 2013. № 3. С. 163–173.
2. Вешняков В.А., Хабаров Ю.Г., Камакина Н.Д. Сравнение методов определения редуцирующих веществ: метод Бертрена, эбулиостатический и фотометрический методы // Химия растительного сырья. 2008. № 4. С. 47–50.
3. Ефанов М.В., Галочкин А.И. Нитрование древесины осины при механо-химической обработке // Лесн. журн. 2003. № 2-3. С. 112–116. (Изв. высш. учеб. заведений).
4. Кебич М.С., Зильбергейт М.А., Горбатенко И.В., Кандыбович И.И., Виноградова Л.М., Федорова О.И. Конверсия технического лигнина растворами азотной кислоты // Материалы, технологии, инструменты. 1999. № 3. С. 87–89.
5. Резников В.М. Реакционная способность лигнина и его превращения в процессах делигнификации древесины // Химия древесины. 1977. № 3. С. 3–23.
6. Чудаков М.И. Промышленное использование лигнина. 3-е изд., испр. и доп. М.: Лесн. пром-сть, 1983. 200 с.
7. Шишаков Е.П., Капитула И.В., Носников В.В., Юзефович А.В. Хиннополикарбоновые кислоты – эффективные стимуляторы роста древесных растений // Леса Беларуси и их рациональное использование: тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 29 – 30 ноября. 2000 г. Минск: Белорус. гос. технол. ун-т, 2000. С. 119–122.
8. Шорыгина Н.Н., Резников В.М., Елкин В.М. Реакционная способность лигнина. М.: Наука, 1976. 368 с.
9. Bjorsvik H.-R., Minisci F. Fine Chemicals from Lignosulfonates. 1. Synthesis of Vanillin by Oxidation of Lignosulfonates // Organic Process Reserch & Development. 1999. Vol. 3, N 5. P. 330–340.
10. He J., Zhao C., Lercher J.A. Ni-Catalyzed Cleavage of Aryl Ethers in the Aqueous Phase // JACS. 2012. Vol. 134. P. 20768–20775.
11. Khabarov Yu.G., Lakhmanov D.E. Depolymerization of condensed lignins under the influence of nitric acid // 13th European workshop on lignocellulosics and pulp/ Proceedings, 24–27 June 2014. Seville, Spain. P. 459–462.
12. Kleinert M., Barth T. Phenols from Lignin // Chem. Eng. Technol. 2008. Vol. 31, N 5. P. 736–745.

13. Nenkova S., Vasileva T., Stanulov K. Production of phenol compounds by alkaline treatment of technical hydrolysis lignin and wood biomass // Chemistry of Natural Compounds. 2008. Vol. 44, N 2. P. 182–185.

14. Okuda K., Umetsu M., Takami S., Adschiri T. Disassembly of lignin and chemical recovery – rapid depolymerization of lignin without char formation in water-phenol mixtures // Fuel Processing Technology. 2004. Vol. 85. P. 803–813.

15. Villar J.C., Caperos A., Garcia-Ochoa F. Oxidation of hardwood kraft-lignin to phenolic derivatives with oxygen as oxidant // Wood Science and Technology. 2001. Vol. 35. P. 245–255.

16. Zakzeski J., Bruijninx P.C.A., Jongerius A.L., Weckhuysen B.M. The Catalytic Valorization of Lignin for the Production of Renewable Chemicals // Chem. Rev. 2010. Vol. 110. P. 3552–3599.

Поступила 12.11.14

UDC 66.095.26+661.632.12

Studying of the Interaction of Condensed Lignin with Nitric Acid in the Water-Organosolv Environment

Yu.G. Khabarov, Doctor of Chemistry, Professor

D.E. Lakhmanov, Postgraduate Student

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russia; e-mail: khabarov.yu@mail.ru

The purpose of research is studying the depolymerizing effect of nitric acid on a hydrolytic lignin in the water-organosolv environment. The influence of solvent composition on the depolymerization of the condensed lignins with nitric acid was studied. Reaction of a hydrolytic lignin with nitric acid was carried out in the installation with the backflow condenser in thermostatically controlled conditions within a specified time span. For this purpose 1 g of lignin and a specified volume of reagent were added into the flask. The reagent was prepared by mixing nitric acid concentration of 65 % with the solvent in a ratio of 1: 4 by volume. When the reaction had been completed the undissolved part was separated from the solution by vacuum filtration. The precipitate was washed with water until the neutral pH, and then was dried to constant weight in a vacuum desiccator. Effectiveness of depolymerization was assessed by the dissolution of lignin, expressed in percentage. It was found, that the most effective depolymerization took place in water-dioxane media. It was established, that a complete depolymerization of condensed lignins proceeded for 15 ... 20 minutes if the reaction of hydrolytic lignin with nitric acid was carried out in aqueous dioxane solution containing not more than of 25 % (by volume) of water. The initial dissolution rate of hydrolytic technical lignin changes with increasing temperature of the reaction by degrees. The studies of the reaction kinetics indicated that the initial rate of reaction in the temperature range from 50 to 75 °C increased linearly with increasing temperature. At higher temperatures, its influence on the process rate is significantly greater. At more than 75 °C the reaction temperature coefficient is several times larger. Electronic spectra of alkaline solutions of depolymerized products are significantly different from the spectra of lignins. The correct description of spectra requires 4 – 5 Gaussian. The average approximation error is not more than 2.5 %.

Keywords: condensed lignins, nitric acid, depolymerization, dioxane, ethanol.

REFERENCES

1. Budaeva V.V., Gismatulina Yu.A., Zolotukhin V.N., Rogovoy M.S., Mel'nikov A.V. Fiziko-khimicheskie svoystva tsellyulozy iz solomy l'na-mezheumka [Physico-Chemical Properties of Cellulose from Flax Straw Flaxes]. *Polzunovskiy vestnik*, 2013, no. 3, pp. 163–173.
2. Veshnyakov V.A., Khabarov Yu.G., Kamakina N.D. *Sravnenie metodov opredeleniya redutsiruyushchikh veshchestv: metod Bertrana, ebuliostaticheskoy i fotometricheskoy metody* [Comparison of Methods for the Determination of Reducing Substances: the Method of Bertrand, Ebuliostatic and Photometric Methods]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2008, no. 4, pp. 47–50.
3. Efanov M.V., Galochkin A.I. Nitrovanie drevesiny osiny pri mekhanokhimicheskoy obrabotke [Nitration of Aspen Wood at Mechanochemical Treatment]. *Lesnoy zhurnal*, 2003, no. 2–3, pp. 112–116.
4. Kebich M.S., Zil'bergleyt M.A., Gorbatenko I.V., Kandybovich I.I., Vinogradova L.M., Fedorova O.I. Konversiya tekhnicheskogo lignina rastvorami azotnoy kisloty [Conversion of Technical Lignin Solutions by Nitric Acid]. *Materialy, tekhnologii, instrumenty*, 1999, no. 3, pp. 87–89.
5. Reznikov V.M. Reaktsionnaya sposobnost' lignina i ego prevrashcheniya v protsessakh delignifikatsii drevesiny [Reactivity of Lignin and its Transformation in the Process of Delignification]. *Khimiya drevesiny*, 1977, no. 3, pp. 3–23.
6. Chudakov M.I. *Promyshlennoe ispol'zovanie lignina* [Industrial Use of Lignin]. Moscow, 1983. 200 p.
7. Shishakov E.P., Kapitula I.V., Nosnikov V.V., Yuzefovich A.V. Khinonpolikarbonovye kisloty – effektivnye stimulyatory rosta drevesnykh rasteniy [Quinone Polycarboxylic Acids - Effective Growth Stimulators of Woody Plants]. *Lesa Belarusi i ikh ratsional'noe ispol'zovanie: Tez. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf., Minsk, 29 – 30 noyabrya. 2000 g.* [The Forests of Belarus and Their Rational Use: Outline Reports of the Intern. Scientific and Engineering. Conf., Minsk, November 29 – 30, 2000]. Belarus, Minsk, 2000, pp. 119–122.
8. Shorygina N.N., Reznikov V.M., Elkin V.M. *Reaktsionnaya sposobnost' lignina* [Reactivity of Lignin]. Moscow, 1976. 368 p.
9. Bjorsvik H.-R., Minisci F. Fine Chemicals from Lignosulfonates. 1. Synthesis of Vanillin by Oxidation of Lignosulfonates. *Organic Process Reserch & Development*, 1999, vol. 3, no. 5, pp. 330–340.
10. He J., Zhao C., Lercher J.A. Ni-Catalyzed Cleavage of Aryl Ethers in the Aqueous Phase. *JACS*, 2012, vol. 134, pp. 20768–20775.
11. Khabarov Yu.G., Lakhmanov D.E. Depolymerization of Condensed Lignins under the Influence of Nitric Acid. *13th European Workshop on Lignocellulosics and Pulp, 24-27 June 2014: Outline Rep.* Spain, Seville, pp. 459–462.
12. Kleinert M., Barth T. Phenols from Lignin. *Chem. Eng. Technol.*, 2008, vol. 31, no. 5, pp. 736–745.
13. Nenkova S., Vasilyeva T., Stanulov K. Production of Phenol Compounds by Alkaline Treatment of Technical Hydrolysis Lignin and Wood Biomass. *Chemistry of Natural Compounds*, 2008, vol. 44, no. 2, pp. 182–185.

14. Okuda K., Umetsu M., Takami S., Adschiri T. Disassembly of Lignin and Chemical Recovery-Rapid Depolymerization of Lignin without Char Formation in Water-Phenol Mixtures. *Fuel processing technology*, 2004, vol. 85, pp. 803–813.

15. Villar J.C., Caperos A., Garcia-Ochoa F. Oxidation of Hardwood Kraft-Lignin to Phenolic Derivatives with Oxygen as Oxidant. *Wood Science and Technology*, 2001, vol. 35, pp. 245–255.

16. Zakzeski J., Bruijnincx P.C.A., Jongerius A.L., Weckhuysen B.M. The Catalytic Valorization of Lignin for the Production of Renewable Chemicals. *Chem. Rev.*, 2010, vol. 110, pp. 3552–3599.

Received on November 12, 2014



УДК 658.14

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФИНАНСОВЫХ РИСКОВ
В ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ДОГОВОРАХ ПРЕДПРИЯТИЙ
ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА**

© *Д.А. Михайлов, магистр*

В.И. Мосягин, д-р экон. наук, проф.

С.-Петербургский государственный лесотехнический университет
имени С.М. Кирова, Институтский пер., 5, г. С.-Петербург, 194021;
e-mail: denismichailov@mail.ru; mr.vladimir1939@mail.ru

При заключении договоров поставки товара должны учитываться финансовые риски вследствие инфляционных процессов, возможных изменений технических параметров (качественных характеристик) продукции, отклонений от установленных сроков и объемов поставок, изменений порядка расчетов за поставленную продукцию. Установлено, что для предприятий лесопромышленного комплекса скользящая цена должна учитывать все изменения текущих затрат с сохранением уровня рентабельности к базовой цене. При изменении качественных параметров товара целесообразно корректировать базовую цену, привлекая для этой цели эконометрические методы ценообразования. Ущерб в результате срыва сроков поставки должен соответствовать дополнительным затратам потребителя на нормализацию производственного процесса. Риски от изменения порядка расчетов за продукцию должны учитывать банковский процент, размер платежа, сроки оплаты.

Ключевые слова: договор, долевое участие, затраты, инфляция, распределение рисков, финансовые риски, цена.

В договорной практике предприятий лесопромышленного комплекса важное значение имеют определение и обоснованное распределение финансовых рисков между договаривающимися сторонами. Решение этой задачи связано с целым комплексом вопросов, рассмотрение которых выступает основной целью данной статьи.

В хозяйственных договорах [1, 6] финансовые риски возникают по разным причинам. Перечислим важнейшие из них:

наличие инфляционных процессов в формировании затрат [3] (для лесоперерабатывающих предприятий особое значение имеют затраты на сырье и материалы);

возможные изменения технических параметров (качественных характеристик) как лесопроductии, так и товаров, поступающих на предприятия лесопромышленного комплекса;

отклонения от нормативных сроков поставки продукции потребителю;
отклонения от установленных объемов поставляемых товаров;
изменения порядка расчетов за поставленную продукцию.

По мнению авторов [2], риски, вызванные инфляционными процессами, должны распределяться между договаривающимися сторонами посредством скользящих ценовых условий. При этом сначала должна достигаться договоренность о базовом уровне цены на момент заключения договора, затем эта цена должна приспосабливаться к конкретным условиям инфляции с помощью точно установленной в договоре формулы индексирования. Для предприятий лесопромышленного комплекса эта формула может выглядеть следующим образом:

$$Ц_1 = Ц_0 (1 + \Delta C \frac{1}{1 + R_0}),$$

где $Ц_1$ – пересмотренная (конечная) цена;

$Ц_0$ – базовая цена (на момент заключения договора);

ΔC – индексация затрат;

R_0 – коэффициент рентабельности к базовой цене.

Формула для определения индексации затрат:

$$\Delta C = C_{мз} \frac{\lambda_1}{\lambda_0} + C_{эн} \frac{\gamma_1}{\gamma_0} + C_{зп} \frac{\beta_1}{\beta_0} + C_n - 1,$$

где $C_{мз}$, $C_{эн}$, $C_{зп}$ – соответственно доля издержек на сырье и материалы, энергию, зарплату;

λ_0 , λ_1 – соответственно базовые и конечные цены на сырье и материалы;

γ_0 , γ_1 – соответственно базовые и конечные цены на энергоресурсы;

β_0 , β_1 – соответственно базовая и конечная ставка заработной платы;

C_n – неизменная часть издержек.

Важное значение в договорной практике имеют риски в связи с изменением качественных параметров поставляемых товаров [4]. В этом случае связь между ценой и показателями качества должна строиться по принципу равенства цен на равнокачественную продукцию. Следует иметь в виду, что страхование цен по данному объекту страхования не может быть сведено к какому-то одному универсальному методу. Все зависит от того, на какой вид товара страхуется цена.

В случаях, когда товар характеризуется наличием одного основного параметра, который в значительной степени определяет общий уровень цены изделия, используют метод удельных показателей. При данном подходе цена устанавливается (корректируется) в следующей последовательности:

исчисляется удельная цена

$$Ц_{уд} = \frac{Ц_0}{\sigma_0},$$

где Π_0 – базовая цена товара;

σ_0 – параметр товара при базовой цене;

определяется уровень конечной цены

$$\Pi_1 = \Pi_{уд} \sigma_1,$$

где σ_1 – параметр товара при конечной цене.

Допустим, мебельная фирма для отделочного цеха заказала по договору вытяжной вентилятор мощностью 3,5 кВт по базовой цене 20 тыс. р. Поставщик доставил потребителю вентилятор мощностью 3,0 кВт. При такой ситуации конечная цена 17,1 тыс. р. (20,0 (3,0 ... 3,5)), индекс корректировки цены составил 0,855 (17,1 : 20,0). Как правило, если товар характеризуется одним важнейшим количественным параметром, но имеющий достаточно сложную конструкцию, корректировка цены имеет некоторые особенности. В первую очередь это относится к современному деревообрабатывающему оборудованию, которое достаточно сложно по конструкции, но цены на него в основном зависят от его производительности. В случае изменения цены оборудования в зависимости от производительности имеем:

$$\frac{\Pi_1}{\Pi_0} = \left(\frac{N_1}{N_0} \right)^n,$$

где N_0 , N_1 – производительность соответственно при базовой и конечной цене;

n – коэффициент торможения, учитывающий степенную зависимость цены от производительности ($n \leq 1$).

Экономическое содержание коэффициента n сводится к требованию, при котором уровень договорной цены должен соответствовать опережающему росту полезного эффекта (применительно к оборудованию это прежде всего его производительность) по сравнению с ростом затрат и тем самым обеспечивать удешевление продукции для потребителя. Этот принцип, обычно называемый принципом относительного удешевления товара [5], позволяет потребителю надеяться на то, что за счет использования новой продукции он удовлетворит свои потребности и снизит собственные издержки. При таком подходе конечная договорная цена может быть выше базовой цены, но в меньшей степени, чем повышается производительность оборудования.

Преобразуя формулу (1), получаем

$$\Pi_1 = \Pi_0 \left(\frac{N_1}{N_0} \right)^n.$$

В случаях, когда товар характеризуется несколькими параметрами и некоторые из них не всегда поддаются количественному измерению (дизайн, запах, внешний вид и т.д.), используют балловый ценностный метод на основе экспертных оценок [5]. Когда уровень цены товара находится в зависимости ни от одного параметра, а от совокупности качественных характеристик, каждая из которых не имеет доминирующего значения, при страховании договорных цен успешно может быть использован метод регрессионного анализа.

Суть этого метода состоит в определении эмпирических формул зависимости изменения цены от показателей качества продукции:

$$Ц = f(x_1, x_2, \dots, x_n),$$

где $x_1, x_2, \dots, x_n$ – соответствующие параметры товара.

Задача состоит в раскрытии характера связи и степени влияния аргументов $x_1, x_2, \dots, x_n$ на функцию $Ц$. Такая количественная зависимость находится в основе метода регрессионного анализа. По уравнению регрессии получают выровненные (расчетные) значения цены. Обоснование регрессионной зависимости ведется в следующей последовательности: производится отбор параметров, в наибольшей степени влияющих на цену товара; выбирается форма связи изменения цены в зависимости от параметров; устанавливается форма регрессионной зависимости цены от технических параметров товара.

Проведенные расчеты позволили вывести уравнение зависимости цены, например, эмали для покрытия кухонных щитов от ее основных качественных характеристик:

$$Ц = 42,5 + 0,0197x_1 - 0,1534x_2 + 0,0044x_3 - 0,0233x_4,$$

где x_1 – белизна, %;

x_2 – удельный расход, г/м²;

x_3 – хранение, дн.;

x_4 – время высыхания, мин.

Выполненные по данной формуле расчеты приведены в таблице.

Корректировка договорной цены в зависимости от технических параметров товара (на примере эмали для покрытия мебельных щитов)

Показатель	Значение показателя	
	по договору	фактическое
Белизна, %	87	93
Удельный расход, г/м ²	109	99
Гарантийный срок хранения, дн.	500	700
Время высыхания, мин	65	50
Цена, тыс. р./т:		
базовая (42,50 + 1,71 – 16,80 + 2,20 – 1,51)	28,1	–
конечная (42,50 + 1,83 – 15,30 + 3,08 – 1,16)	–	30,95
Индекс корректировки цены (30,95 ... 28,10)	–	1,10

Поводом для корректировки договорных цен могут выступать изменения условий поставки товара, в частности сроков и объемов поставок, а также порядка расчетов за приобретаемую продукцию. Порядок расчетов за поступающие на предприятие товары может предусматривать авансирование покупателем приобретаемых товаров. В этом случае покупатель кредитует поставщика, изымая из своего оборота определенную сумму денежных средств или занимая их в банке под проценты. Такая ситуация направлена на сниже-

ние договорной цены, что позволяет поставщику возместить названные потери покупателя. При рассрочке платежа продавец кредитует покупателя.

Здесь имеет место обратная картина, что сказывается на увеличении уровня договорной цены.

Корректировка базовой цены в зависимости от изменения порядка расчетов может быть реализована посредством расчетной поправки (удельной компенсации):

$$\Delta K = k_n k_{kp} \sum I_i t_i,$$

где k_n – расчетный коэффициент;

k_{kp} – банковский процент;

I_i – размер i -го платежа;

t_i – срок взноса по i -му платежу.

В этом случае конечная цена, учитывающая банковский процент, размер платежа и срок оплаты, подчиняется следующей зависимости:

$$Ц_1 = Ц_0 (1 \pm \Delta K)^n.$$

Допустим, по контракту мебельная фирма должна получить через 14 мес. многопильный станок по цене 108,5 тыс. р. при условии распределения платежей следующим образом: первый взнос – 20 % стоимости заказа при подписании договора; второй – 25 % через 6 мес.; третий – 30 % через 10 мес. Фактически покупатель изыскал возможность 100 %-й предоплаты товара. При банковском проценте за кредит, равном 15%, размер удельной компенсации

$$\Delta K = 0,00083 \cdot 15(0,20 \cdot 14 + 0,25 \cdot 8 + 0,30 \cdot 4) = 0,075,$$

конечная цена

$$Ц_1 = 108,5 (1 - 0,075) = 100,4 \text{ тыс. р.}$$

Немаловажное значение имеет корректировка цены за счет изменения срока и объемов поставки товара. Дело в том, что предприятия лесопромышленного комплекса характеризуются коротким производственным циклом и, вместе с тем, значительными производственными запасами. Поэтому при составлении договора важно иметь обоснование таких запасов, необходимых для бесперебойного обеспечения производства материальными ресурсами. При этом размер производственного запаса должен гарантировать ритмичную работу предприятия и быть минимальным: чем больше размер производственного запаса, тем менее вероятен дефицит и реже надо обновлять запас. Однако большие запасы влекут за собой значительные затраты на их содержание. С другой стороны, отсутствие необходимых материалов на складе сопряжено с ущербом (дополнительными затратами), связанными с нарушением нормального производства. Поэтому страхование договорных цен от нестабильных сроков и объемов поставки товара должно учитывать рассмотренные выше факторы. При этом корректировка базовой цены должна подчиняться следующей зависимости:

$$\Pi_1 = \Pi_0 \left(1 + \frac{Y}{\Pi_0 Q}\right),$$

где Y – ущерб (дополнительные затраты) покупателя из-за нарушения обязательств поставщика по поставке товара;

Q – недопоставленное количество товара в результате срыва срока поставки.

Разработанные авторами методы страхования хозяйственных договоров и выполненные по ним экспериментальные расчеты показали принципиальную возможность их использования на практике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вабищевич С.С. Хозяйственное право (правовое регулирование хозяйственной деятельности). Минск: Молодежное изд-во, 2007. 366 с.
2. Данченок Л.А. Маркетинговое ценообразование: политика, методы, практика. М.: Эксмо, 2006. 464 с.
3. Михайлов Д.А., Паничев П.А. Использование скользящих цен в контрактах с длительным сроком поставок // Молодежь, образование и наука XXI века. СПб.: СПбГТУРП, 2006. С. 19–24.
4. Мосягин В.И. Цены и ценообразование в лесном комплексе. СПб.: Политехника-сервис, 2012. 640 с.
5. Мосягин В.И. Методы экономического анализа в рыночном ценообразовании // Изв. СПб ГЛТУ: Вып. 202. СПб.: СПбГЛТУ, 2013. С. 214–219.
6. Райзберг Б.А., Лозовский Л.Ш. Словарь современных экономических терминов. М.: Айрис-пресс, 2008. 480 с.

Поступила 26.12.13

UDC 658.14

Financial Risk-Sharing in Business Agreements of Forestry Enterprises

D.A. Mikhailov, Master

V.I. Mosyagin, Doctor of Economics, Professor

Saint Petersburg State Forest Technical University under name of S.M. Kirov, 5,
Institutskiy pereulok, Saint Petersburg, 194021, Russia; e-mail: denismikhailov@mail.ru;
mr.vladimir1939@mail.ru

At the conclusion of contracts of delivery the financial risks should be considered due to inflation, possible changes in technical parameters (quality characteristics) of products, deviations from the deadlines and supply volumes, changes in the order of payment for delivered products. The authors made a conclusion that for the forestry enterprises a sliding price should take into account all changes in current expenditures with maintaining the level of profitability to the base price. It is advisable to adjust the base price, attracting the economic methods of pricing in case of changing the quality parameters of the goods. Disbenefit caused by slow delivery must comply with consumers' additional expenditures to nor-

malize the operating process. Risks of changes in the order of payment for the products should take into account Bank interest, amount of payment, payment terms.

Keywords: agreement, individual share, expenditures, inflation, distribution of risks, financial risks, price.

REFERENCES

1. Vabishchevich S.S. *Khozyaystvennoe pravo (pravovoe regulirovanie khozyaystvennoy deyatel'nosti)* [Commercial Law (Legal Regulation of Economic Activity)]. Minsk, 2007. 366 p.
2. Danchenok L.A. *Marketingovoe tsenoobrazovanie: politika, metody, praktika* [Marketing Pricing: Policy, Methods, Practice]. Moscow, 2006. 464 p.
3. Mikhaylov D.A., Panichev P.A. Ispol'zovanie skol'zyashchikh tsen v kontraktakh s dlitel'nym srokom postavok [Use of the Sliding Prices in Contracts with the Long Term of Deliveries]. *Molodezh', obrazovanie i nauka XXI veka* [Youth, Education and Science of the XXI Century]. Saint Petersburg, 2006. pp. 19–24.
4. Mosyagin V.I. *Tseny i tsenoobrazovanie v lesnom komplekse* [Prices and Pricing in the Forest Complex]. Saint Petersburg, 2012. 640 p.
5. Mosyagin V.I. Metody ekonomicheskogo analiza v rynochnom tsenoobrazovanii [Methods of Economic Analysis in Market Pricing]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoy Lesotekhnicheskoy akademii*, 2013, ed. 202, pp. 214–219.
6. Rayzberg B.A., Lozovskiy L.Sh. *Slovar' sovremennykh ekonomicheskikh terminov* [Dictionary of Modern Economic Terms]. Moscow, 2008. 480 p.

Received on December 26, 2013

УДК 332.1(985)

ИНВЕСТИЦИОННАЯ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТЬ СЕВЕРО-АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА: ОЦЕНКА, ИНСТРУМЕНТЫ, МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ

© *В.Н. Мякишин, канд. экон. наук, доц.*

А.В. Пластинин, д-р экон. наук, проф.

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

Обоснованы методологические подходы к решению проблемы управления инвестиционной привлекательностью региона. Курс на модернизацию на основе экономически оправданных инноваций признан и неизбежен, является единым проектом национального масштаба. Переход от экспортно-сырьевой модели развития к инновационной экономике является высокзатратным, требует привлечения дополнительных частных и иностранных инвестиций. Значительный рост инвестиционной активности возможен только на основе повышения инвестиционной привлекательности как страны в целом, так и отдельных регионов. Обеспечить динамичное устойчивое повышение объема инвестиций возможно лишь управляя процессом повышения инвестиционной привлекательности региона. С позиции системного подхода раскрываются основные понятия, проблемы и инструменты управления инвестиционной привлекательностью региона. Рассмотрение категорий инвестиционной проблематики с точки зрения системного подхода позволило установить иерархию используемых при оценке инвестиционной привлекательности категорий с учетом их экономического содержания. На основе исследования отечественных методик выделены основные подходы к оценке инвестиционной привлекательности, проанализированы их преимущества и недостатки. Особое внимание уделено анализу факторов инвестиционной привлекательности, принципам их классификации, элементной структуре. Рассмотрены теоретические основы концепции управления инвестиционной привлекательностью, обоснованы методические подходы к ее оценке. Проведенные экономические исследования позволяют констатировать, что разнообразие и многоаспектность научных подходов к оценке инвестиционной привлекательности, отсутствие универсальных аналитических инструментов и механизмов приводит к преобладанию субъективных решений в инвестиционной сфере. Все вышесказанное подтверждает необходимость и актуальность дальнейших разработок методов, инструментария и механизмов управления инвестиционной привлекательностью, которые осуществляются в проекте «Основные направления повышения инвестиционной привлекательности Северо-Арктического региона России» выполняемого в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России».

Ключевые слова: управление инвестиционной привлекательностью, инвестиционный климат, инвестиционная активность, факторы инвестиционной привлекательности, инвестиционный потенциал.

Курс на модернизацию российской экономики на основе экономически обоснованных инноваций признан и неизбежен, является единым проектом национального масштаба.

Переход от экспортно-сырьевой модели развития к инновационной экономике высокзатратен, требует привлечения дополнительных частных, государственных и иностранных инвестиций. Значительный рост инвестиционной активности возможен только на основе повышения инвестиционной привлекательности как страны в целом, так и отдельных ее регионов и отраслей.

Переход от фрагментарного характера исследования инвестиционной привлекательности к комплексной направленности заключается в разработке научных основ управления инвестиционной привлекательностью как совокупности теоретико-методологических положений и методического инструментария, позволяющих с позиций диалектико-системного подхода изучать взаимозависимость инвестиционной привлекательности, инвестиционной активности и эффективности использования инвестиционных ресурсов в экономических системах.

Рассмотрение категорий инвестиционной проблематики с точки зрения системного подхода позволяет установить иерархию используемых при оценке инвестиционной привлекательности категорий с учетом их экономического содержания и дает ключ к пониманию сущности управления ею.

На рисунке в обобщенном виде изображены взаимосвязи между основными структурными элементами инвестиционного климата, представленные в экономической литературе.

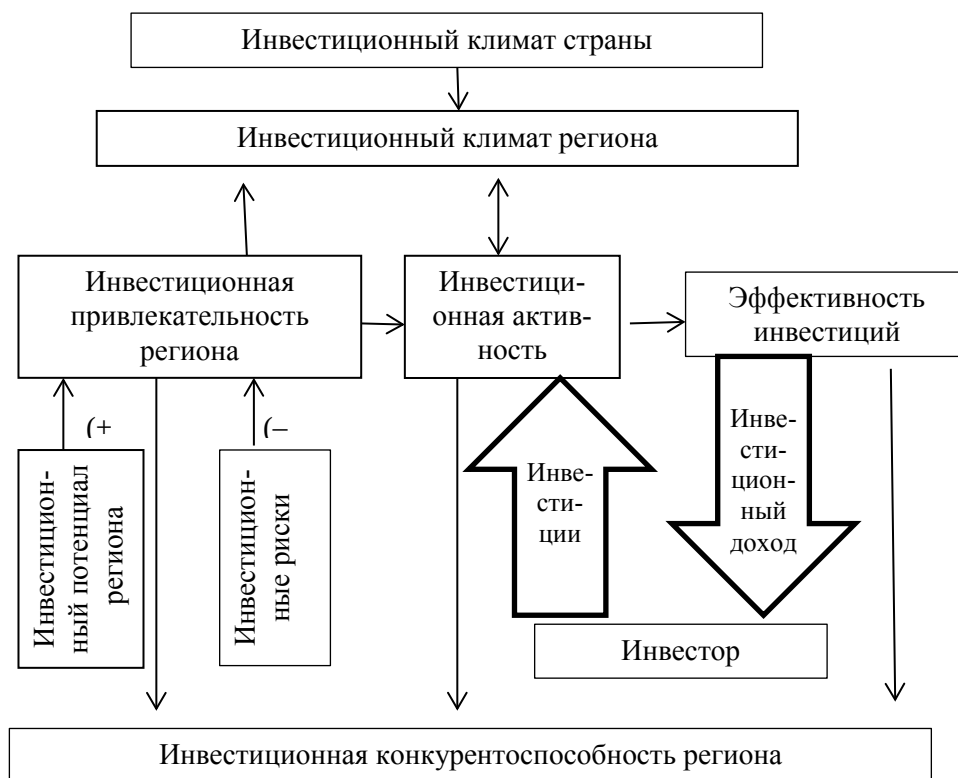
С одной стороны, инвестиционная привлекательность может рассматриваться как компонент (подсистема) инвестиционного климата, который в свою очередь представляет собой систему различных объективных условий и возможностей для привлечения инвестиций в экономику региона и обеспечения интенсивности инвестиционной деятельности, сложившихся под влиянием комплекса факторов (политических, экономических, социальных, природных, экологических).

Для характеристики интенсивности инвестиционной деятельности в регионе в экономической литературе используется категория «инвестиционная активность».

Таким образом, инвестиционный климат – это совокупность взаимосвязанных компонентов: инвестиционной привлекательности и инвестиционной активности.

С другой стороны, инвестиционная привлекательность является результирующей характеристикой взаимодействия двух комплексных факторов – инвестиционного потенциала и инвестиционных некоммерческих рисков.

Инвестиционный потенциал – это совокупность потенциальных инвестиционных ресурсов, составляющих ту часть накопленного капитала, которая представлена на инвестиционном рынке в виде потенциального инвестиционного спроса, способного и имеющего возможность превратиться в реальный



Взаимосвязь инвестиционной привлекательности с основными структурными элементами инвестиционного процесса

инвестиционный спрос, обеспечивающий удовлетворение материальных, финансовых и интеллектуальных потребностей воспроизводства капитала [6].

Инвестиционные риски – неспецифические (некоммерческие) риски, которые определяют вероятность недоиспользования инвестиционного потенциала региона под влиянием внешних по отношению к инвестиционной деятельности факторов регионального характера. К таким факторам относятся политическая обстановка в регионе, уровень социальной напряженности, динамика экономических процессов в регионе, состояние природной среды и др.

С учетом вышесказанного, инвестиционная привлекательность региона – это совокупность объективных признаков, средств, привлекающих инвестиции и обеспечивающих максимально возможный (с учетом ограничений) эффект инвестиционных вложений [2].

Как следует из схемы, инвестиционная привлекательность является ключевым элементом формирования потока инвестиций, определяющим фактором для принятия инвестором решения. Поэтому управление инвестиционной привлекательностью экономической системы как один из основных спо-

совов регулирования инвестиционной деятельности требует разработки методик ее оценки и выявления факторов, воздействие на которые позволит повысить уровень инвестиционной привлекательности.

Одной из основных причин невысокой эффективности существующего механизма инвестиционного развития регионов является отсутствие научно-методологического аппарата, обеспечивающего комплексный учет факторов, влияющих на инвестиционную привлекательность, исходя из основных тенденций мировой экономики и специфических условий хозяйствования в российских регионах.

При оценке инвестиционной привлекательности в основном используют классификацию факторов на основе функционального признака, количественный и качественный состав меняется в зависимости от целей исследования. При этом состав фундаментального ядра факторов остается стабильным и включает экономические, политические, финансовые, организационно-правовые (законодательные), социальные (социокультурные), природоохранные (экологические), инфраструктурные, природно-географические, ресурсные (производственные, природные, трудовые, в том числе интеллектуальные) составляющие.

Элементный состав основных групп факторов, применяемых в различных методиках оценки, также отличается.

Так, институциональные и инфраструктурные факторы могут рассматриваться в рамках одной группы или выделяться в отдельные группы, природные факторы – в рамках группы природно-географических или ресурсных факторов. Инновационные факторы также выделяются в отдельную группу или рассматриваются в рамках трудовых (интеллектуальных) или производственных. Возможно выделение в отдельную группу информационных факторов, с учетом их влияния на современную экономическую деятельность.

На наш взгляд, в современных исследованиях уделяется недостаточно внимания разграничению факторов по степени влияния на процесс общественного производства в целом, инвестиционные процессы в регионах, инвестиционную активность и инвестиционную привлекательность регионов в частности. Кроме того, не учитывается эффект от взаимодействия различных факторов, превышающий сумму эффектов от воздействия на инвестиционную привлекательность каждого фактора в отдельности (эффект синергизма).

Поэтому исследование в направлении совершенствования многофакторного подхода к оценке инвестиционной привлекательности, в том числе в отношении выделения базовых факторов инвестиционной привлекательности, целесообразно.

Анализ трактовки экономического содержания понятия «инвестиционная привлекательность» учеными-экономистами выявляет расширение представлений от определения, включающего только характеристики финансового состояния экономической системы, до определений, учитывающих влияние на инвестиционную привлекательность все более полного перечня факторов.

В соответствии с изменением представлений о содержании понятия «инвестиционная привлекательность» меняются и методики ее оценки.

Анализ отечественных методик позволяет выделить четыре наиболее характерных подхода к оценке инвестиционной привлекательности.

Первый (суженный) подход базируется на оценке динамики макроэкономических показателей, пропорций накопления и потребления, развития инвестиционных рынков, анализа законодательного регулирования инвестиционной деятельности. В рамках данного подхода в качестве основного показателя оценки инвестиционной привлекательности региона предлагается уровень прибыльности используемых активов, исчисляемый как отношение прибыли (балансовой или от реализации товаров и услуг) к общей сумме используемых активов.

Второй (факторный) подход базируется на оценке факторов, влияющих на инвестиционную привлекательность. При факторном подходе интегральным показателем оценки инвестиционной привлекательности региона выступает сумма средневзвешенных оценок по всем исследуемым факторам.

Третий подход позволяет осуществлять сопоставление инвестиционной привлекательности регионов на основе оценки уровня инвестиционного потенциала и инвестиционных рисков с учетом законодательных условий инвестирования.

Интегральные рейтинги, составленные на основе балльно-экспертных оценок частных факторов, влияющих на инвестиционную привлекательность, позволяют объединить регионы методом кластерного анализа в отдельные группы в соответствии с уровнем инвестиционного потенциала и инвестиционных рисков, что, несомненно, важно, но по ним невозможно определить, насколько уровень инвестиционной привлекательности одного региона отличается от другого (превосходит или уступает) даже в рамках одной группы. Наряду со сравнительной (рейтинговой) оценкой необходима объективная оценка, позволяющая отслеживать динамику инвестиционной привлекательности отдельно взятого региона.

Четвертый подход имеет отличительную особенность – комплексная оценка инвестиционной привлекательности проводится на основе учета взаимосвязи между инвестиционной привлекательностью региона и инвестиционной активностью в нем [5]. Преимуществами данного подхода является определение критерия обоснованности применяемой методики оценки, а также исследование инвестиционной привлекательности региона во взаимосвязи с результатом ее реализации (инвестиционная активность в регионе с учетом временного лага).

Несмотря на значительные достижения исследований последних лет, необходимо отметить существующую объективную потребность в практическом инструментарии для разработки стратегии повышения инвестиционной привлекательности региона, который может быть создан только на научной

теоретической и методологической основе исследований инвестиционных процессов в регионе.

Необходимо обеспечить переход от констатации факта неоднородности инвестиционной привлекательности регионов России к содержательному выделению и количественному измерению факторов, определяющих особенности регионов с позиции возможности повышения инвестиционной привлекательности, что позволит обосновать методы рационального государственного регулирования инвестиционной привлекательности.

Совершенствование научного обеспечения государственного управления инвестиционной привлекательностью региона предполагает, на наш взгляд, создание методологии, которая характеризуется целевой направленностью, комплексностью, системностью и сбалансированностью в проведении исследований.

Методология оценки инвестиционной привлекательности региона должна обеспечивать:

- решение задачи совершенствования научного обеспечения государственного управления инвестиционной привлекательностью на региональном уровне, что априори предопределяет ее целевой характер;

- комплексность исследований инвестиционной привлекательности региона, что предполагает исследование всех возможных аспектов данной экономической категории, прежде всего, региональных. Это необходимо для обеспечения возможности выбора методов государственного регулирования инвестиционной привлекательности регионов России на единой методологической основе;

- системность исследований инвестиционной привлекательности регионов, что предполагает возможность оценки различных аспектов инвестиционной привлекательности региона (статических, динамических, структурных), осуществление оценки с использованием не только качественных, но и обоснованных количественных критериев;

- сбалансированность оценки, т. е. результаты оценки должны соответствовать информационным потребностям всех участников инвестиционного процесса (инвесторов, реципиентов, региональных органов управления и населения региона в целом).

В наибольшей мере удовлетворяющей принципам научного анализа и технологиям принятия решений является методология комплексной оценки инвестиционной привлекательности региона на основе концепции сбалансированной системы показателей.

В условиях формирования институциональной рыночной среды для оценки инвестиционной привлекательности предлагается сбалансированная система показателей, сформированная на основе взаимосвязи частных показателей с ключевыми инвестиционно-значимыми факторами. При отборе пока-

зателей также реализованы важнейшие принципы системного подхода: достаточного разнообразия, целевой ориентации, минимальной достаточности.

Для разработки региональной инвестиционной политики инвестиционная привлекательность региона может быть оптимально охарактеризована ограниченным числом показателей, составляющих сбалансированную систему взаимосвязанных количественных измерителей. Сбалансированная система включает показатели, характеризующие производственно-финансовые, социально-экономические, природно-ресурсные факторы, а также факторы развития (инновационные, интеллектуальные, институциональные). При этом комплексная количественная оценка инвестиционной привлекательности региона может производиться только с использованием сводных, интегральных показателей, сконструированных из частных, отражающих различные аспекты инвестиционной привлекательности и представляющих собой относительные величины.

Очевидно, что для управления инвестиционной привлекательностью необходимо отбирать факторы, изменение которых под воздействием инвестиционной политики позволит добиться прогнозируемого изменения целевого индикатора инвестиционной привлекательности.

Таким образом, основными критериями отбора факторов инвестиционной привлекательности должна быть степень влияния фактора на целевой индикатор и степень подверженности фактора управленческим воздействиям, т. е. предпочтительны динамические факторы (поддающиеся изменению в достаточно короткие сроки) [3].

Отбор ключевых факторов инвестиционной привлекательности производится на основании сопоставления множества региональных характеристик по критерию «максимальная репрезентативность и инвестиционнозначимость», а также с учетом возможности их идентификации на основе количественной оценки, т. е. частные показатели должны обеспечивать достоверную оценку всех аспектов инвестиционной привлекательности, являться инвестиционнозначимыми и измеряемыми количественно с максимально возможным использованием данных государственной статистики (преобладание отчетных данных государственной статистики в общем информационном массиве является обязательным условием отбора факторов).

В соответствии с особенностями инвестиционного процесса Архангельской области на современном этапе развития предложена сбалансированная система, включающая 39 показателей, из которых 34 (87 % от общего числа) рассчитаны на основе статистической информации, предоставленной Федеральной службой государственной статистики, 3 (8 %) – на основе информации, полученной в результате специальных исследований, 2 показателя (5 %) имеют балльную оценку. Таким образом, 95 % показателей, составляющих представленную систему, оценены количественно (см. таблицу).

Состав сбалансированной системы показателей для определения интегрального уровня инвестиционной привлекательности региона

Производственно-финансовая составляющая	Социально-экономическая составляющая	Природно-ресурсная составляющая	Составляющая развития
1. Доля прибыльных предприятий. 2. Показатель сбалансированности доходной и расходной частей бюджета региона. 3. Доля просроченной кредиторской задолженности в общей кредиторской задолженности. 4. Доля улавливаемых и обезвреживаемых вредных веществ от общего их количества, отходящего от всех стационарных источников загрязнения. 5. Доля инвестиций на охрану окружающей среды в общей сумме инвестиций в основной капитал региона. 6. Коэффициент лесовосстановления в лесном фонде. 7. Уровень износа основных фондов. 8. Рентабельность активов. 9. Рентабельность проданных товаров, продукции (работ, услуг). 10. Рентабельность трудовых ресурсов.	1. Объем валового регионального продукта (ВРП). 2. Динамика показателя ВРП. 3. Уровень инфляции в потребительском секторе. 4. Уровень инфляции в промышленном секторе. 5. Показатель, характеризующий отношения собственности в регионе. 6. Показатель степени развития предпринимательства. 7. Открытость экономики региона. 8. Коэффициент общей заболеваемости. 9. Уровень безопасности труда. 10. Число зарегистрированных преступлений на 1 тыс. населения. 11. Финансирование социальной сферы. 12. Численность населения с доходами выше прожиточного минимума. 13. Уровень безработицы. 14. Коэффициент соотношения темпов роста производительности труда и темпов роста средней заработной платы.	1. Уровень экономической активности населения. 2. Природные запасы углеводородных ресурсов (нефть и газ). 3. Природные запасы минерально-сырьевых ресурсов (кроме углеводородных). 4. Объем лесного фонда. 5. Показатель обеспеченности предприятий региона собственными финансовыми ресурсами. 6. Географическое положение региона. 7. Уровень благоприятности климата в регионе.	1. Доля работников с высшим образованием. 2. Коэффициент повышения квалификации кадров. 3. Доля затрат на НИОКР. 4. Доля затрат на технологические инновации. 4. Коэффициент использования информационных технологий. 6. Коэффициент обновления основных фондов. 7. Коэффициент инвестиционной емкости реализованной продукции. 8. Плотность путей сообщения.

Количество показателей сведено к минимуму, что позволяет избежать дублирования и противоречивости при сбалансированной оценке инвестиционной привлекательности региона.

Для исчисления интегральных показателей как по отдельным составляющим, так и в целом по региону предлагается применять формулу многомерной средней.

При этом для приведения разнородных (т. е. имеющих разные измерители и размерности) частных показателей инвестиционной привлекательности к сопоставимому виду используется предусмотренная методом многомерной средней процедура предварительной стандартизации (нормализации) их значений путем отнесения числового значения каждого частного показателя не к среднему показателю, рассчитанному по всей совокупности регионов России, а по отношению к целевым значениям частных индикаторов.

Это позволяет исключить влияние среднероссийских показателей факториальных признаков на показатели инвестиционной привлекательности региона, так как при применении для процедуры стандартизации средних значений показателей в целом по Российской Федерации инвестиционная привлекательность региона становится зависимой от удельного веса региона в формировании общероссийского показателя и от динамики инвестиционной привлекательности других регионов.

В результате расчетов получается матрица интегральных показателей, которая позволяет дать оценку инвестиционной привлекательности региона, определить проблемы и выявить резервы инвестиционного роста.

Предлагаемая нами система показателей оценки инвестиционной привлекательности Архангельской области позволяет осуществить оценку всех аспектов инвестиционной привлекательности, выявить резервы ее повышения.

Достоинствами системы являются сбалансированный характер, использование открытых источников, относительная простота сбора данных, высокая информационная ценность показателей, причинно-следственная взаимосвязь показателей с ключевыми факторами инвестиционной привлекательности.

Управление инвестиционной привлекательностью на уровне региона определяется как стратегия, обеспечивающая полное удовлетворение потребности региона в инвестициях за счет достижения значения показателя инвестиционной привлекательности, соответствующего уровню потребностей в инвестициях, и привлечения объема инвестиций, соответствующего этому показателю.

Управление инвестиционной привлекательностью реального сектора экономики региона – это, прежде всего, управление тенденциями [1].

Целенаправленное воздействие региональных властей на условия, повышающие надежность и эффективность инвестиций (создание нормативной базы, формирование структурных механизмов, протекционизм по отношению к эффективным инвесторам и т. д.), должно дать устойчивый результат такого масштаба, который позволит говорить о наличии определенной тенденции.

Обеспечить динамичное устойчивое повышение объема инвестиций возможно, управляя процессом повышения инвестиционной привлекательности региона [4].

Все вышесказанное подтверждает необходимость и актуальность дальнейших разработок методов, инструментария и механизмов управления инвестиционной привлекательностью, которые осуществляются в проекте «Основные направления повышения инвестиционной привлекательности Северо-Арктического региона России», выполняемого в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Машкин В.* Управление инвестициями в реальный сектор экономики // *ЭиЖ-Сибирь*. 1999. № 10–11. С. 9–11.
2. *Мякишин В.Н.* Оценка текущего состояния инвестиционной привлекательности Северо-Арктического региона России // *Экономика и управление: всерос. науч. информ. журн.* 2011. № 7. С. 94–103.
3. *Мякишин В.Н., Песьякова Т.Н.* Сбалансированное управление эффективностью регионального лесного комплекса // *Вестн. Южно-Ур. гос. ун-та. Серия «Экономика и менеджмент»*. Вып. 11. 2009. № 29(162). С. 75–80.
4. *Пластинин А.В.* Бизнес-план: экономическая эффективность инвестиций: учеб. пособие. Архангельск: ИПЦ САФУ, 2011. 110 с.
5. *Ройзман И.И.* Комплексная оценка и анализ инвестиционной активности в субъектах Российской Федерации: межрегиональная дифференциация // *Экономика строительства*. 2000. № 10. С. 27–36.
6. *Тумусов Ф.С.* Инвестиционный потенциал региона: Теория. Проблемы. Практика. М. : Экономика, 1999. 267 с.

Поступила 30.05.13

UDC 332.1(985)

Investment Attractiveness of the North Arctic Region: Estimation, Tools, Management Mechanisms

V.N. Myakshin, *Candidate of Economics, Associate Professor*

A.V. Plastinin, *Doctor of Economics, Professor*

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russia; e-mail: mcshin@yandex.ru

The article is devoted to the justification of methodological approaches to the problem of the investment attractiveness of the region. The course to the modernization on the basis of the cost-effective innovation is recognized and inevitable. It is a single project of federal importance. The moving process from raw materials export model of development to the innovation economy is quite costly, it requires additional private and foreign investment. A significant increase of investment activity is possible only on the basis of improving of the in-

vestment attractiveness of the country and the individual regions. To provide dynamic increase in the volume of investments is possible only by managing the process of increase of the investment attractiveness of the region. This article develops basic definitions, problems and tools of the management of investment attractiveness of the region from the comprehensive approach. Consideration of the categories of investment issues from the perspective of a systematic approach has allowed establishing a hierarchy used in the assessment of the investment attractiveness of categories based on their economic substance that provides the key to the understanding the essence of investment attractiveness. Based on the study of the national practices the main approaches to the evaluation of investment attractiveness were marked, their advantages and disadvantages were analyzed. Particular attention is paid to the analysis of factors of investment attractiveness, the principles of their classification, cell structure. The theoretical foundations of the concept of the investment attractiveness are considered and the methodological approaches to the assessment of investment attractiveness are substantiated. Economic studies enable to state the fact that the variety and diversity of scientific approaches to the assessment of investment attractiveness, the lack of universal analytical tools and mechanisms lead to the predominance of subjective decisions in the investment field. All this confirms the necessity and urgency of further development of methods, tools and mechanisms of investment attraction management, which are carried out in the project "The main directions of improving the investment attractiveness of the North Arctic region of Russia" performed in the framework of the Federal Target Program "Scientific and scientific-pedagogical personnel of innovative Russia".

Keywords: management of investment attractiveness, investment climate, investment activity, factors of investment attractiveness, investment potential.

REFERENCES

1. Mashkin V. Upravlenie investitsiyami v real'nyy sektor ekonomiki [Management of Investments in the Real Economy]. *EiZh-Sibir'*, 1999, no. 10–11, pp. 9–11.
2. Myakshin V.N. Otsenka tekushchego sostoyaniya investitsionnoy privlekatel'nosti Severo-Arkticheskogo regiona Rossii [Assessing the Current State of the Investment Attractiveness of the North Arctic Region of Russia]. *Ekonomika i upravlenie: vserossiyskiy nauchno-informatsionnyy zhurnal*, 2011, no. 7, pp. 94–103.
3. Myakshin V.N., Pes'yakova T.N. Sbalansirovannoe upravlenie effektivnost'yu regional'nogo lesnogo kompleksa [Balanced Performance Management of Regional Forest Complex]. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Ser.: Ekonomika i menedzhment*, 2009, no. 29 (162), pp. 75–80.
4. Plastinin A.V. *Biznes-plan: ekonomicheskaya effektivnost' investitsiy: uchebnoe posob* [Business Plan: Economic Efficiency of Investments]. Arkhangelsk, 2011. 110 p.
5. Royzman I.I. Kompleksnaya otsenka i analiz investitsionnoy aktivnosti v sub"ektakh Rossiyskoy Federatsii: mezhregional'naya differentsiatsiya [Comprehensive Assessment and Analysis of Investment Activity in the Constituent Entities of Russian Federation: Inter-Regional Differentiation]. *Ekonomika stroitel'stva*, 2000, no. 10. pp. 27–36.
6. Tumusov F.S. *Investitsionnyy potentsial regiona: Teoriya. Problemy. Praktika* [Investment Potential of the Region: Theory. Problems. Practice]. Moscow, 1999. 267 p.

Received on May 30, 2013



ИСТОРИЯ НАУКИ

УДК 630*902

**ВОПРОС О СОБСТВЕННОСТИ НА ЛЕСА
В ЦЕЛЯХ ИХ СОХРАНЕНИЯ В РОССИИ XVIII В.**© *Е.М. Лупанова, канд. ист. наук, ст. науч. сотр.*

Музей антропологии и этнографии имени Петра Великого (Кунсткамера) РАН, Университетская наб., 3, г. С.-Петербург, Россия, 199034; e-mail: lupanova@eu.spb.ru

Статья написана на основе литературных источников, а также впервые вводимых в научный оборот архивных документов, которые помогают вскрыть проблемы, возникшие как следствие изменения позиции правительства по вопросу о собственности на леса. В центре внимания процесс становления государственной монополии на леса в связи со строительством флота при Петре I и изменение ситуации в течение XVIII в. Рассмотрены попытки решения этих проблем путем изменения законодательства, а также нереализованные идеи, предлагавшиеся в качестве проектов. На протяжении всего XVIII в. вопрос о собственности представлялся правящим кругам ключевым для обеспечения сохранности лесов, однако выбор заинтересованного и ответственного собственника оставался спорным. В начале века строительство флота породило необходимость государственного контроля над лесными массивами, а также целую систему правовых норм и чиновничий аппарат, осуществлявший контроль за исполнением этих норм. Таким образом появляется концепция необходимости охраны лесов, которая начинает реализовываться в политике. Однако методы ее реализации оказываются не всегда удовлетворительными, так как не всегда ведут к ожидаемым результатам. Многочисленные источники свидетельствуют о том, что незаконные вырубки, нерациональное использование ресурсов и другие нарушения были типичными для русской действительности. В данной связи появляется мысль о том, что частные собственники могли бы более эффективно контролировать свои земли, чем государственные чиновники. Увеличение вырубок в связи с развитием промышленности и флота приводит к ситуации, когда проблема сохранения лесов осознается не только в правительственных кругах. Крестьяне, страдающие от недостатка материалов, топлива, приходят к осознанию необходимости бережного отношения к природе. Постепенно охрана лесов становится не только направлением правительственной политики, но и частью сознания русского общества.

Ключевые слова: охрана лесов, Россия XVIII в., законодательство, трактовка законов, собственность.

В начале XVIII в. в связи со строительством флота и началом форсированного развития промышленности лесные просторы страны были осознаны как особая ценность, важный природный ресурс, который может быть исчерпан с течением времени и потому нуждающийся в особом внимании и береж-

ном отношении. Проблема лесоохраны с петровских времен стала важной частью правительственной политики.

Целая серия указов была направлена на прекращение свободной рубки. Леса из дуба, ильма, вяза, клена, ясеня, лиственницы, мачтовой сосны, растущие в непосредственной близости от рек, объявлены заповедными. Так устанавливалась государственная монополия на использование лесов. Неприкосновенность заповедников распространялась как на казенные, так и на частные владения.¹ Охрана богатств, представляющих ценность для государства, возлагалась на специально учреждаемые для этих целей ведомства и чиновников.

Уже при строительстве Азовского флота были назначены лица, ответственные за леса. Правда, сначала подразумевалась ответственность не столько за надзор и сохранение лесов, сколько за процесс заготовки материалов.

В 1706 и 1708 гг. в связи с активным строительством Балтийского флота были выделены годные на кораблестроение леса в Петербургской губернии. Они были объявлены заповедными и переданы в ведение адмиралтейской канцелярии. Для непосредственного надзора над ними был назначен стольник – князь Ю.Я. Хилков. Обязанность по охране лесов на местах была возложена на выборных из местных жителей и на помещиков. Затем стали назначать драгунов из канцелярии петербургского обер-полицмейстера и ингерманландской канцелярии. С 1715 г., когда Балтийский флот достиг определенного уровня развития, потребовалась более сложная и слаженная система управления и администрации, был запущен процесс организации морского ведомства. В сфере надзора за лесами это выражалось в появлении канцелярии (иногда именовавшейся конторой) лесных дел во главе с комиссаром. Находилась она в Москве. Руководителем ее был назначен уже осуществлявший надзор за лесами Ю.Я. Хилков. В его подчинении находился дьяк (или секретарь) и несколько подьячих (канцеляристов) [4, с. 3–20].

К 1722 г. относится окончательное оформление системы управления морским ведомством в том виде, в каком оно будет с незначительными изменениями существовать до министерской реформы Александра I. Регламент Адмиралтейства и верфи устанавливал систему управления и порядок делопроизводства. В частности, в нем говорилось о вальдмейстерской конторе в составе Адмиралтейств-коллегии. Именно здесь отныне сосредотачивалось

¹ Именной [указ] о нерасчистке лесов под пашню и сennie покосы за 30 верст от рек удобных к сгонке леса. 30 марта. 1701 г. // Полное собрание законов Российской Империи. СПб., 1833. (ПСЗ I). Т. IV. №1 845. Именной [указ] об описи лесов во всех городах и уездах от больших рек в сторону по 50, а от малых по 20 верст. 19 ноября 1703 г. // Там же. №1 950. Именной [указ] о нерубке в Ингерманландии заповедных лесов. 25 марта 1715 г. // Там же. Т. V. №2 895. Именной [указ], данный вице-губернатору Кудрявцову на поданные им пункты о сохранении дубовых лесов и о жестоком наказании тех, которые станут рубить, так же и тех, которые рубить прикажут; о выборе лесных надзирателей и о даче им особых клейм с гербом для заклеивания деревьев. 31 января 1718 г. // Там же. №3 149.

управление лесами, контроль за их состоянием, организация описаний, заготовок, доставки материалов.

В 1722 г. для непрерывного заведывания заповедными лесами в составе Адмиралтейства была учреждена должность обер-вальдмейстера. Назначение на эту должность получил майор лейб-гвардии Преображенского полка П.С. Глебовский, заслуживший репутацию на поле брани и пользовавшийся личным доверием царя. В помощь П.С. Глебовскому были учреждены должности вальдмейстеров в Петербурге, Новгороде, Воронеже, Рязани, Брянске, Смоленске, Муроме и «где еще окажется нужным». В Казани на тот момент была в разгаре широкая заготовка материалов для строительства флота, которой ведал вице-губернатор Н.А. Кудрявцев, фактически выполнявший обязанности вальдмейстера [3, с. 32, 64–65].

Лесные стражи быстро становились важными чиновниками на местах. Страж мог не иметь никакого чина по табели о рангах, но с ним должны были считаться все без исключения жители региона, так как ни один из них не мог обходиться без дерева как важного материала для хозяйственных работ и поддержания тепла в жилище зимой. Тем более обязаны были считаться с новым начальством те, кто занимался промыслами. Строгость петровского законодательства ставила лесных надзирателей в очень выгодное положение, когда им даже не обязательно было постоянно находиться в лесах, чтобы проявить себя добросовестными хранителями интересов государства. Достаточно было пройти по дворам ближайшей деревни, чтобы обнаружить там недавно срубленные избы, запасы дров в сараях, телеги, бочки, колы, плуги и задаться вопросом о том, какой материал был использован для изготовления, насколько законно, затем произвести следствие и доложить о проведенной работе.² Здесь впервые возникает проблема собственности или передачи в ренту в целях обеспечения сохранения лесных массивов. Особые чиновники – вальдмейстеры и сменившие их позже форстмейстеры – подчас воспринимали свои полномочия как форму феодальной ренты. Государственную службу по пресечению незаконных порубок, расчистке и разведению лесов они несут за право взимания в свою пользу штрафов и денег за санкционирование пользования лесами.

Идеи установления жесткого контроля, насквозь пронизывавшие петровское лесное законодательство, во второй четверти XVIII в. ставят под сомнение. Указ от 30 декабря 1726 г. критиковал сложившуюся ситуацию, в которой «леса заповеданы, ... едва может ли где сыскаться свободное место, где б было не заповедано... Вальдмейстерам и их подчиненным жалованье брать повелено из штрафных денег... того ради оные и их подчиненные для своей пользы приметываясь к народу чинят обиды...». Площадь охраняемых лесов была сокращена, должность вальдмейстера и Вальдмейстерская контора

² О расследовании дела о вырубке дубового и кленового леса в Нижегородской губернии. 1751–1753 гг. // Российский государственный архив Военно-морского флота (РГА ВМФ). Ф.138. Д. 384.

– ликвидированы, а надзор за лесами перепоручен помещикам, «каждому в своих дачах».³

Последствия упразднения института вальдмейстеров не замедлили сказаться повсюду [4, с. 51]. В частности, на казанских лесах, откуда командор И. Козлов доносил, что леса значительно поредели и удалились от пристаней, так как «явилась им широкая самовольная порубка». На основе его донесений указами от 28 августа 1730 г. и 13 мая 1731 г. вальдмейстеры были восстановлены во всех местах, где они предусматривались вальдмейстерской инструкцией 1723 г. При этом предъявлялось требование там, где остались неописанные заповедные леса, годные к корабельному строению, «ландкарты учинить», описи и карты предоставить в Сенат, который должен принять решение об ограничении или запрете рубки на той или иной территории.⁴ Наконец, в 1732 г. было восстановлено Лесное управление в том виде, в каком оно существовало в конце петровского царствования с той разницей, что вместо обервальдмейстерской канцелярии в Москве учреждалась вальдмейстерская контора Адмиралтейств-коллегии, а суд, взыскание штрафов и расправа передавались из рук вальдмейстеров воеводам и губернаторам; через них же теперь должна была проходить вся деловая переписка между вальдмейстерами и Адмиралтейств-коллегией (ранее подчинение было непосредственным) [4, с. 51–52].

Вслед за восстановлением петровской системы управления и контроля вновь дали о себе знать и проблемы, связанные с этой системой. Примером того служит дело о злоупотреблениях вальдмейстера И.Д. Одинцова, который, как говорилось в доношении, «ездит многолюдством и с уездных обывателей берет многие взятки, ... требует вотки и простаго вина пятнадцать ведр, ... с уездных обывателей денгами и медом якобы в почесть рубли по два, по три, по четыре, по пяти, по шести и по семи рублей з деревни брал, ... а где не приносили ему обыватели денег, а приносили меду по полупуду, по пуду и по полтора пуда...». Помимо спиртных напитков и мехов, И.Д. Одинцов за несколько месяцев своего пребывания на посту вальдмейстера сумел собрать 887 рублей.⁵ Дело по своей сути вопиющее и потому привлекающее к себе вни-

³ Именной [указ], объявленный из Верховного тайного совета о назначении мест удобных для сплавки лесов, годных для корабельного строения, об уничтожении вальдмейстерских контор, о небытии вальдмейстерам и о надзоре за лесами воеводам каждому в своем уезде. 30 декабря 1726 г. // ПСЗ I. Т. VII. №4 995.

⁴ Сенатский [указ] об определении вальдмейстеров для охранения в Казарской губернии и в других местах лесов, годных на корабельное строение // ПСЗ I. Т. VIII. №5 612. Именной [указ] об описи заповедных лесов, сочинении ландкарт и о позволении рубить леса на предметы, означенные в Вальдмейстерской инструкции. 13 мая 1731 г. // ПСЗ I. Т. VIII. №5 755.

⁵ О наложении взыскания на вальдмейстера Одинцова за незаконную вырубку леса в Казанской губернии. 1742 г. // РГА ВМФ. Ф.138. Экспедиция над верфями и строениями Адмиралтейств-коллегии. Д.148.

мание властей. Документы, связанные только с крупными злоупотреблениями чиновников, назначенных к охране лесов, а также законодательные материалы дают основание говорить, что мелкие взятки относились к разряду «терпимой противозаконности» – мелкого и неизбежного зла, на которое не стоит обращать внимания.

Нижегородский прокурор, проводивший проверку по обращениям жителей, обнаружил отсутствие ландкарт и описей, что влекло за собой неразбериху. По мнению прокурора, важной причиной взяточничества являлось то, что вальдмейстерами назначались беспоместные отставные военные, использовавшие подведомственные лесные территории в качестве «кормления»: «Валдмейстеры запрещают обывателям не токмо рубить годной на корню лес, но и самой валежник, и объезжая деревни того и наблюдают, чтоб сделать привязку, сыскивая нет ли чего у крестьянина в домашних вещах из запрещенного лесу, в таком случае сей бедной не иначе как откупится или в городской тюрьме сидит, а потом наказание претерпеть должен...» В свою очередь, крестьяне, если уж они покупали разрешение на порубку, стремились к его максимальному использованию и вырубали гораздо больше, чем им требовалось на хозяйственные нужды, чтобы сделать запас на будущее и/или извлечь выгоду из продажи.⁶ Кстати, поступали так не только крестьяне. Так, владевший заводами в Витебской губернии поручик Масалов, получивший право вырубки до 70 деревьев в год из казенных дач за некую плату, вырубал леса по берегам сплавных рек без счета, в то время как большую часть материалов должен был приобретать из помещичьих дач.⁷ Отмечая, что такая система лесосохраны не способствует сохранению лесных массивов и не приносит государству выгоды, И.Л. Голенищев-Кутузов в 1763 г. предложил решить проблему путем передачи функций охраны и разведения лесов землевладельцам, заинтересованным в получении казенного вознаграждения за сдачу корабельного леса, чтобы «добрыя хозяева, ласкаясь надежным прибытком, приложили старание хранить и заводить дубовой и другие к строению судов удобные леса, и наблюдали бы того, как владельцы и сами хозяева, а не как приставники; и заводя таких лесов рощи потомкам бы своим соблюдение и рощение их поручали, как почти известное безвинное к получению дохода средство».⁸

Важно отметить, что проект был предложен человеком, имевшим непосредственное отношение к Адмиралтейству, капитаном I ранга, директором

⁶ Мнение флота капитана I ранга Ивана Голенищева-Кутузова о заповедных партикулярным владельцам принадлежащих лесов и выписка из Вальдмейстерской инструкции 1732 года и из иманных указов 1722, 23, 26, 29 гг. состоявшихся по охранению и разведению лесов. 1763–1764 гг. // РГА ВМФ. Ф. 147. Комиссия российских флотов и адмиралтейского правления при Адмиралтейств-коллегии. Д.13. Л.1–11-об.

⁷ 1798 года сентября 15 дня в протоколе Адмиралтейств-коллегии записано ... // Российский государственный исторический архив (РГИА). Ф.1594. Оп. 1. Д. 17. Л. 1-2.

⁸ Мнение флота капитана I ранга Ивана Голенищева-Кутузова... // РГИА. Ф. 1594. Оп. 1. Д. 12. Л.1-11-об.

Морского шляхетного кадетского корпуса. Однако его проекты были отклонены. Собственно, едва ли он дал бы ощутимые результаты, так как количество вальдмейстеров в Российской империи было небольшим, многие территории были вне сферы их контроля. По действовавшему законодательству на многих территориях (в частности, в помещичьих дачах) предусматривались принципы управления, предложенные И.Л. Голенищевым-Кутузовым.⁹ Утверждение проекта не вело бы к усилению заботы «добрых хозяев» о сохранении и приумножении деревьев, необходимых для строительства кораблей.

Близки к идеям И.Л. Голенищева-Кутузова и взгляды И.И. Шувалова, склонного наделять ответственностью за леса не помещиков, а крестьян. По его наблюдениям, крестьяне бережно относились к ближним лесам. Поэтому он распорядился назначать «полещиков» в своих деревнях «от каждого селения по человеку и вести очередь понеделно или месячно и при смене одних другими непременно наблюдать, не было ли порубки леса, и за нерадивое смотрение на тех донести вотчинному правлению, а не наймам, потому более, что наемщики скорей могут в смотрение свое произвести из лесу траты нерадением и продажей или бедою в надежде, что никто их подозревать и усмотреть за ними не может...».¹⁰ В инструкции П.Б. Шереметева еще четче выражена заинтересованность помещика в действии лесоохранительного законодательства, которое является для него средством сбережения собственных богатств: «Леса, которые в крепостных моих дачах, беречь и въезда никому не иметь и не пущать не только объявно, но и с явками и от того не брать ничего и беречь прикащиком, и выборным, и полесовщикам накрепко, а буде кто порубит, записывать явочное челобитье и поймав с понятыми приводить в город...» [5, с. 280]. И.И. Шувалов считал необходимым повторение законоположения о штрафах за незаконные вырубki. Правда, размер штрафа, определенного И.И. Шуваловым для своих крестьян, был существенно ниже по сравнению с определенным общеимперским законодательством. По распоряжению помещика крестьян следовало за незаконные порубки подвергать телесному наказанию и денежному штрафу в размере 1 р. в первый раз, 2 р. – во второй, 3 р. – в третий.¹¹ Интересен и факт установления аналогичных правил крестьянским сходом. Он зафиксирован на Урале в середине XVIII в. Сход крестьянских общин принял решение «сохранить березовые рощи..., положив платить известный денежный штраф в приходские свои церкви за каждое срубленное самовольно дерево», т. е. в довольно отдаленном от столицы ре-

⁹ Ведомость лесам Новгородского уезда, годным на галерное, шлюпочное и ботовое строение, составленная на основании описей 1762 г. 1765 г. // Там же. Д. 71. Все леса, вошедшие в опись, находились либо под охраной самого землевладельца, либо (в большинстве случаев) были «отданы под охранение тех мест крестьянам».

¹⁰ Инструкция обер-камергера Ивана Ивановича Шувалова для управления его селом с деревнями (Владимирской губ.) на р. Клязьме (1795–1797 гг.) // Университетские известия. Киев, 1909. № 7. С. 224.

¹¹ Инструкция обер-камергера Ивана Ивановича Шувалова... С. 226.

гионе, где правительство не могло обеспечить на должном уровне контроль над исполнением закона, крестьяне оказались в наибольшей степени заинтересованными в реализации лесоохранной политики. Собственное их решение повторило основную мысль закона и частично переложило бремя контроля на собственные плечи. Результаты оправдали ожидания и усилия. Источник начала XIX в. свидетельствует: «ныне видны там изрядные березовые леса и рощи, где прежде была пустая степь» [2, с. 157]. Возможно, пример такого решения – скорее исключение, чем правило. Тем не менее, он показывает, что проблема сохранения лесных ресурсов осознавалась не только учеными и высокопоставленными чиновниками. Крестьяне, страдавшие от оскудения лесов, также задумывались о причинах дефицита, были заинтересованы и готовы принимать участие в решении проблем.

Существенные изменения в ситуации с охраной лесов повлекла за собой «Жалованная грамота дворянству» 1762 г., подтвержденная затем в доработанном виде в 1785 г. Хотя этого не прописывалось в тексте документа, в соответствии с ним должности вальдмейстеров в губерниях фактически ликвидировались, так как дворяне не хотели исполнять обязанность без жалованья [4, с. 99]. Леса оказались в ведении директоров государственной экономии или государственного домоводства. Исключение составили корабельные леса Казанской губернии. Указом 19 апреля 1767 г. они были оставлены в ведении Адмиралтейской коллегии, а охрана заповедных лесов возложена на деревенских жителей, которые должны были поочередно выполнять функции ответственных за леса чиновников.¹²

Спустя некоторое время, Екатерина II предприняла попытку решения проблемы собственности на леса и их охраны. Ее указ от 22 сентября 1782 г. критиковал законодательство предшествующего периода: «учреждения обращались более в стеснение собственности наших подданных, нежели приносили пользы Адмиралтейству». Ситуацию предполагалось исправить, предоставив владельцам неограниченное право распоряжения своими лесами и запретив рубку леса на нужды казны в помещичьих дачах: «все леса, растущие в дачах помещичьих, наследственных или другим законным образом в собственность приобретенных, оставить в полную их волю, хотя бы оные до сего и заповедными признаваемы были... Позволено каждому как внутри государства, так и при портах или границах мачтовые и всякие деревья продавать». Притом указывалось на правомерность такой меры – ведь для обеспечения нужд Адмиралтейства было достаточно казенных лесов, а рачительные хозяева могли быть сами заинтересованы в выращивании деревьев, которые потомками будут проданы в казну по высокой цене.¹³ С.В. Ведров охарактеризовал

¹² Сенатский [указ] о бережении заповедных лесов в Казанской губернии через смотрителей из тамошних обывателей, определяя их из каждого ж селения по очереди. 19 апреля 1767 г. // ПСЗ I. Т. XVIII. №12 876.

¹³ Именной указ, данный Сенату о распространении права собственности владельцев на леса в дачах их растущих. 22 сентября 1782 г. // ПСЗ I. Т. XXI. №15 518.

указ от 22 сентября 1782 г. как знаковое событие в истории лесоохраны. По его определению, этот документ положил конец истории охраны лесов в России. С этого момента «начинается, с одной стороны, история управления казенными лесами, а с другой – печальная летопись истребления частных лесов их собственными хозяевами вследствие необеспеченности и малопродуктивности лесной собственности вообще и стремлению потому к превращению лесной недвижимой собственности в деньги» [1, с. 171]. Однако указ был чреват не столько сам по себе, сколько слухами, которые стали распространяться быстрее его содержания, о том, что императрица освободила дубовые деревья от охраны и разрешила их свободную рубку, вследствие чего начались масштабные самовольные вырубки. Этому также способствовало бытовавшее в те времена мнение о высоких урожаях пшеницы на землях, бывших под дубовыми рощами [3, с. 32].

Таким образом, увеличение вырубок лесов при Екатерине II было обусловлено не столько собственно законодательством и уменьшением степени озабоченности правительства лесным вопросом, сколько практикой толкования и использования лазеек, чему отчасти способствовала либерализация пенитенциарной системы – фактически действовавший мораторий на смертную казнь, апелляция к более мягким, по сравнению с законодательством XVII в. – первой четверти XVIII в., мерам наказания.

Проблема невозможности контролировать неразмежеванные леса оставалась актуальной и в более поздний период, отмеченный ужесточением порядков и активизацией лесоохранной политики. Законодательство 1799–1820 гг. настойчиво повторяло задачу выделения собственно казенных земель, напоминало о проведении этого мероприятия и о необходимости ликвидации непрекращающегося истребления лесов. При этом новые законодательные акты настолько противоречили ранее изданным законам, что даже стимулировали дальнейшее увеличение вырубок [3, с. 33–34].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ведров С.В.* О лесоохранении по русскому праву. СПб., 1878.
2. *Теринов Н.И.* Очерк истории сбережения лесов на Урале (XVIII–XIX вв.) // Тр. Ин-та экологии растений и животных. Вып. 105. Развитие лесообразовательного процесса на Урале. Свердловск, 1977.
3. *Цветков А.М., Цветков М.А.* Изменение лесистости Европейской России с конца XVII столетия по 1914 год. М., 1957.
4. *Чубинский В.Н.* Историческое устройство управления морским ведомством в России. СПб., 1869.
5. *Щепетов К.Н.* Крепостное право в вотчинах Шереметьевых (1708–1885 гг.) М., 1947.

Поступила 10.01.14

UDC 630*902

The Questions of Property in Forests in Order of Their Conservation in Russia of the 18th Century

E.M. Lupanova, Doctor of Historical Sciences, Senior Researcher

Peter the Great Museum of Anthropology and Ethnography (the Kunstkamera), University Embankment, 3, Saint Petersburg, 199034, Russia; e-mail: lupanova@eu.spb.ru

The article is based on literature sources and first introduced in the special literature the archive documents that help to reveal the problems arising from the changes of the government's position in the question of property in forests. The article focuses on the establishing process of the state monopoly on forests during Peter the Great's reign when the ship-building was developed active and the changing situation at the 18th century. The attempts to solve these problems by the legislation improvement and the projects that were left unrealized are under consideration. Throughout the 18th century the question of property was the central question for the forest integrity supposed by the Russian government. However the question "who should be the concerned owner in charge" was disputable. At the beginning of the century the navy-building led to the necessity of the state control over woodland and as a result the formation of the system of legal norms and bureaucracy to implement these norms. So, the idea of the forest conservancy was appeared and started to be realized in policy. But the methods of its implementation turned out to be not rather satisfactory as well as the expected results. Numerous sources testify that the illegal fellings, resource gluttony and other violations were typical for the Russian reality. So, the idea of the private owners as more effective managers unlike the officials, appeared. As a fact, the growing amount of fellings for the navy building and industrial development led to the solution of the problem of the forest conservation not only by the government. Peasants suffering from the lack of materials and firewood also came to the idea of the careful attitude to the environment. So, the forest conservancy became not only a part of the state policy, but also a part of the Russian collective consciousness.

Keywords: forest conservancy, Russia of the 18th century, legislation, interpretation of the law, property.

REFERENCES

1. Vedrov S.V. *O lesokhranenii po russkomu pravu* [Forest Protection According to the Russian Legislation]. Saint Petersburg, 1878.
2. Terinov N.I. *Ocherk istorii sberezheniya lesov na Urale (XVIII – XIX vv.)* [Essay on the History of Forest Conservation in the Urals (XVIII – XIX centuries)]. *Tr. In-ta ekologii rasteniy i zhivotnykh. Razvitie lesobrazovatel'nogo protsessa na Urale* [Proc. Institute of Ecology of Plants and Animals. Development of Forest Forming Process in the Urals]. Sverdlovsk, 1977, iss. 105.
3. Tsvetkov A.M., Tsvetkov M.A. *Izmenenie lesistosti Evropeyskoy Rossii s kontsa XVII stoletiya po 1914 god* [Changes of the Woodiness of the European Part of Russia Since the End of the 17th Century to 1914]. Moscow, 1957.
4. Chubinsky V.N. *Istoricheskoe ustroystvo upravleniya morskim vedomstvom v Rossii* [Historical Control of the Naval Management and Administration in Russia]. Saint Petersburg, 1869.
5. Shchepetov K.N. *Krepostnoe pravo v votchinakh Sheremet'evykh (1708–1885 gg.)* [Serfdom in Sheremet'evs' Patrimonies (1708–1885)]. Moscow, 1947.

Received on Januar 10, 2014



КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

УДК 061.3

МЕЖРЕГИОНАЛЬНОЕ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ СОВЕЩАНИЕ «ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ КОМПЛЕКСНОГО ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ И ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ В КЕДРОВЫХ ЛЕСАХ СИБИРИ»

© *Н.М. Дебков, канд. с.-х. наук*

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

Межрегиональное научно-производственное совещание «Проблемы и перспективы комплексного лесопользования и лесовосстановления в кедровых лесах Сибири» состоялось 25-26 сентября 2014 года в г. Томске. Место было выбрано не случайно, поскольку Томская область по общей площади кедровых лесов входит в тройку кедровых регионов (после Красноярского края и Иркутской области), а по удельной стоит на первом месте. Но основной причиной являлось то, что с момента введения в 1989 г. запрета на рубку кедра только в Томской области была осуществлена попытка вести лесное хозяйство в кедровниках на основе комплексной эколого-ресурсной оценки. Кроме этого, в последнее время единственная в России Сибирская карандашная фабрика, расположенная в Томске, испытывает дефицит сырья.

В совещании приняли участие представители Министерства природных ресурсов и экологии РФ, Федерального агентства лесного хозяйства, Межрегиональной ассоциации «Сибирское соглашение», администрации Томской области, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации в области лесных отношений, науки, общественных организаций, хозяйствующих структур, лесничеств, а также арендаторы лесных участков. География участников обширна: Томская, Новосибирская, Свердловская, Тюменская, Воронежская, Московская области, Ханты-Мансийский автономный округ, Красноярский и Приморский края, Республики Алтай и Хакасия.

Всего было заслушано 40 докладов из 44 запланированных программой совещания на пленарном заседании и двух круглых столах. Основная масса докладов прозвучала на первом круглом столе «Лесопользование и лесовосстановление в кедровых лесах», второй круглый стол «Заготовка и переработка недревесных ресурсов кедровых лесов. Региональная инфраструктура, технологии, продукция, рынки сбыта» освещал в основном вопросы заготовительной деятельности по кедровому ореху. Согласно программе совещания были проведены посещения объектов единого генетико-селекционного комплекса Томской области, научного стационара «Кедр» Института мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения РАН,

фирм «САВА» и «Сибирская ореховая компания», а также магазина «Дары природы».

По итогам обсуждения на круглых столах и на пленарном заседании участниками совещания отмечено, что организация использования, воспроизводства, охраны и защиты кедровых лесов должны осуществляться исходя из совокупности экосистемных и сырьевых функций этих лесов. При этом в целях повышения эффективности комплексного освоения кедровых лесов необходимо учитывать в законодательстве Российской Федерации региональную специфику, например опыт Томской области по применению «Временных правил рубок промежуточного пользования в кедровых лесах и в лесах с участием кедра (потенциальные кедровники) Томской области». Установлено, что назначение лесореконструктивных рубок обосновано и вызвано состоянием кедровых насаждений, но при их назначении необходимо учитывать не только экологическую, но и социальную роль кедровых лесов. В целом представленная субъектами Российской Федерации информация о запрете сплошных рубок спелых и перестойных кедровых лесов указывает на ухудшение их санитарного состояния. Отмечена острая необходимость пересмотра порядка выделения орехопромысловых зон и разработки критериев отнесения кедровых лесов к ним. Это относится ко всем кедровникам. Для них назрела необходимость проработки показателей отнесения лесов к кедровому хозяйству в соответствии с лесорастительными условиями регионов, требуется инвентаризация и создание системы мониторинга их состояния. Немаловажно, что представители власти призвали представителей науки для разработки нормативных актов по организации использования, воспроизводства, охраны и защиты кедровых лесов, в частности для разработки технологий создания и сопровождения плантационных культур кедра и промышленных орехоплодных плантаций. Все сошлись на том, что необходимо активизировать работу органов государственной власти субъектов Российской Федерации по организации комплексного использования кедровых лесов и более полному их вовлечению в хозяйственный оборот на территории Сибирского и Дальневосточного федеральных округов.

Основу резолюции составили следующие предложения Министерству природных ресурсов и экологии РФ, Федеральному агентству лесного хозяйства.

1. Закрепить полномочия по государственному регулированию рынка природных недревесных ресурсов на федеральном уровне.
2. Приравнять продукцию пищевых лесных ресурсов и лекарственных растений к сельскохозяйственной продукции для исчисления ставки налога на добавленную стоимость в размере 10 %.
3. Ввести дифференцированные ставки таможенных пошлин на вывоз кедрового ореха в зависимости от глубины его переработки.
4. Ввести краткосрочную аренду (до 1 года) для использования лесов в целях заготовки кедрового ореха. Определить порядок закупки кедрового ореха на основании договоров купли-продажи.

5. Упростить и ускорить порядок выдачи лицензии на экспорт кедрового ореха, в том числе передав полномочия по согласованию выдачи лицензий от центрального аппарата Росприроднадзора региональным структурам этого ведомства.

6. В целях обеспечения деятельности по озеленению и формированию ландшафтов определить вид использования лесов, связанный с изъятием из лесных насаждений деревьев кедра, и определить соответствующую ставку платы.

7. Рассмотреть возможность разработки методики инвентаризации кедровых лесов Сибири на основе комплексной эколого-ресурсной оценки с учетом региональных особенностей роста и развития кедровых лесов.

8. Определить в Лесоустроительной инструкции критерии отнесения лесов к потенциальным кедровникам и рассмотреть возможность разработки и внесения в Правила ухода за лесами нормативов рубок перестройки в потенциальных кедровниках, произрастающих под пологом любых пород любого возраста.

9. Внести изменения в Правила заготовки древесины, позволяющие проведение сплошных рубок в насаждениях с присутствием кедра более трех единиц при достижении им возраста спелости.

10. Рассмотреть возможность применения опыта Дальнего Востока по реализации климатических проектов по использованию недревесных полезных кедровых лесов в качестве возможной стратегии получения дополнительных источников финансирования.

11. Рассмотреть возможность расширения научно-исследовательских работ по проблемам кедровых лесов, в том числе их генетико-селекционного улучшения и повышения продуктивности.

12. Рассмотреть возможность создания сети селекционно-семеноводческих центров с федеральным финансированием в регионах Сибири.

13. Поддержать разработку и реализацию пилотного проекта на территории Томской области по применению геоинформационных технологий учета и оценки лесных ресурсов, объемов их неистощительного использования, воспроизводства и охраны.

14. Рассмотреть возможность разработки совместно с регионами Сибири и Дальнего Востока федеральной программы «Кедровые леса России».

Поступила 01.10.14

UDC 061.3

Interregional Scientific and Production Conference «Problems and Prospects of Integrated Forest Management and Reforestation in the Cedar Forests of Siberia»

N.M. Debkov, Candidate of Agriculture

National Research Tomsk State University, Lenin Ave, 36, Tomsk, 634050, Russia;

e-mail: nikitadebkov@yandex.ru

Received on October 01, 2014



ЮБИЛЕИ

ЮБИЛЕЙ ПРОФЕССОРА Г.Ф. ПРОКОФЬЕВА



24 марта 2015 г. исполнилось 75 лет доктору технических наук, профессору, заслуженному изобретателю РФ, действительному члену РАЕН Геннадию Федоровичу Прокофьеву.

Г.Ф. Прокофьев окончил в 1964 г. Архангельский лесотехнический институт по специальности «Машины и механизмы лесной промышленности» и после службы в рядах Советской армии работал с 1965 г. по 1987 г. в Центральном научно-исследовательском институте механической обработки древесины (ЦНИИМОД) в должности инженера, младшего научного сотрудника, старшего научного сотрудника, заведующего сектором, заведующего отделом. В АЛТИ–АГТУ–САФУ работает с 1987 г. в должности доцента, с января 1993 г. – профессора кафедры прикладной механики и основ конструирования (ныне кафедра технического инжиниринга).

В 1971 г. Геннадию Федоровичу присуждена ученая степень кандидата технических наук, в 1993 г. – ученая степень доктора технических наук, в 1976 г. присвоено ученое звание старшего научного сотрудника, в 1994 г. – профессора. В 1995 г. он избран член-корреспондентом, в 2000 г. – академиком Российской академии естественных наук.

Геннадий Федорович Прокофьев – крупный ученый, ведущий специалист в области лесопильно-деревообрабатывающего производства. Им создано и успешно развивается новое научное направление «Интенсификация пе-

переработки пиловочного сырья на лесопильном оборудовании», в рамках которого выполнены фундаментальные и прикладные исследования. Разработаны направления модернизации лесопильного оборудования и создания лесопильных станков нового поколения, научные основы создания гибких автоматизированных линий лесопильного производства, аналитический метод расчета точности пиления древесины на лесопильном оборудовании, методы и программно-математическое обеспечение расчета прочности, жесткости и устойчивости дереворежущего инструмента, объемного выхода пиломатериалов, аэро-статических направляющих для дереворежущих пил.

Новизна и оригинальность технических разработок Г.Ф. Прокофьева подтверждены 85 авторскими свидетельствами и патентами, большая часть из которых внедрена в производство.

Результаты исследований использованы в руководящих технических материалах по определению режимов пиления на лесопильном оборудовании, режимах по подготовке пил к работе, комплекте приборов и приспособлений по повышению точности пиления древесины, модернизированных лесопильных узлах резания, образцах новых видов лесопильного оборудования.

По результатам научных исследований им сделано более 70 докладов на научно-технических конференциях и симпозиумах.

Г.Ф. Прокофьев является создателем и руководителем научной школы, его ученики успешно трудятся в системе высшего образования и на предприятиях региона. В настоящее время он является научным руководителем четырех аспирантов и научным консультантом двух докторантов.

Профессор Прокофьев является автором 302 научных и учебно-методических трудов, в том числе 7 монографий. Им разработан комплект плакатов по дисциплине «Детали машин и основы конструирования». Его учебное пособие для вузов «Конструирование приводов технологических машин» заняло второе место среди учебных пособий на Всероссийском конкурсе.

Свой научный потенциал Г.Ф. Прокофьев активно и творчески использует в педагогической деятельности. Занятия по дисциплинам «Прикладная механика», «Детали машин и основы конструирования», «Подъемно-транспортные машины», «Основы научных исследований» он ведет с использованием современных средств обучения. Им разработан авторский факультативный курс «Использование в технике опор с газовой смазкой» (2009 г.).

Г.Ф. Прокофьев – член ученого совета института энергетики и транспорта Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова (САФУ), член экспертной комиссии САФУ по инновационным проектам, член диссертационного совета по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора технических наук (специальности 05.21.01 «Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства» и 05.21.05 «Древесиноведение, технология и оборудование деревообработки»).

Заслуги Г.Ф. Прокофьева отмечены юбилейной медалью «Двадцать лет победы в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.», медалью «Ветеран труда», бронзовой медалью ВДНХ, знаком «Изобретатель СССР», Почетной грамотой Президиума Всесоюзного совета научно-технических обществ СССР. Президиум Российской академии наук дважды присуждал ему Государственную научную стипендию за работы в области прикладной механики. Биография Прокофьева Геннадия Федоровича опубликована в энциклопедии «WHO IS WHO в России».

Сердечно поздравляем Геннадия Федоровича с юбилеем, желаем здоровья и новых научных достижений.

В.И. Мелехов, Е.Д. Гельфанд, Н.Ю. Микловцик

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

Jubilee of Professor G.F. Prokof'ev

V.I. Melekhov, E.D. Gel'fand, N.Yu. Miklovtsik

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