

# ВЕСТНИК 1.2007

## МАРИЙСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Научно-прикладной журнал

Издаётся с ноября 2007 года

Выходит три раза в год

### СЕРИЯ «Лес. Экология. Природопользование»

---

#### Учредитель:

ГОУ ВПО «Марийский государственный технический университет»

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия (свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-30176 от 02.11.07)

Полное или частичное воспроизведение материалов, содержащихся в настоящем издании, допускается только с письменного разрешения редакции.

#### Адрес редакции:

424006 Йошкар-Ола, ул. Панфилова, 17

Тел. (8362) 68-68-99, 68-68-28

Факс (8362) 41-08-72

e-mail: [rio\\_marstu@list.ru](mailto:rio_marstu@list.ru)

---

Редакторы *Т. А. Рыбалка,*  
*М. И. Шигаева*

Дизайн обложки *Л. Г. Маланкина*  
Компьютерная верстка *Е. А. Рыбакова,*  
*Д. Н. Симонов*

Перевод на английский язык  
*О. В. Филиппчук*

Подписано в печать 12.11.07.  
Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага офсетная.  
Усл. п. л. 11,6. Уч.-изд. л. 8,9.  
Заказ № 3733. Тираж 500 экз.

Марийский государственный  
технический университет  
424000 Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3

Отпечатано в редакционно-издательском  
центре Марийского государственного  
технического университета.

424006 Йошкар-Ола, ул. Панфилова, 17

Главный редактор **Е. М. Романов**

*Главная редакционная коллегия:*

**Е. М. Романов**, д-р с.-х. наук, профессор

*(главный редактор)*

**В. А. Иванов**, д-р физ.-мат. наук, профессор

*(первый зам. гл. редактора)*

**А. Д. Арзамасцев**, д-р экон. наук, профессор

*(зам. гл. редактора)*

**С. А. Денисов**, д-р с.-х. наук, профессор

*(зам. гл. редактора)*

**Н. В. Рябова**, д-р физ.-мат. наук, профессор

*(зам. гл. редактора)*

**А. Н. Леухин**, д-р техн. наук, профессор

*(отв. секретарь)*

*Редакционная коллегия серии:*

**С. А. Денисов**, д-р с.-х. наук, профессор

*(зам. гл. редактора)*

**С. Я. Алибеков**, д-р техн. наук, профессор

**Р. И. Винокурова**, д-р биол. наук, профессор

**П. Ф. Войтко**, д-р техн. наук, профессор

**Ю. П. Демаков**, д-р биол. наук, профессор

**Л. А. Жукова**, д-р биол. наук, профессор

**А. С. Исаев**, академик РАН (Москва)

**А. Г. Поздеев**, д-р техн. наук, профессор

**Е. М. Романов**, д-р с.-х. наук, профессор

**М. Г. Салихов**, д-р техн. наук, профессор

**В. И. Сухих**, д-р с.-х. наук, профессор (Москва)

**Ю. А. Ширнин**, д-р техн. наук, профессор

**В. Л. Черных**, д-р с.-х. наук, профессор

## СОДЕРЖАНИЕ

*Предисловие главного редактора*

### ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

*Е. М. Романов, Н. В. Еремин, Т. В. Нуреева.* Состояние и проблемы воспроизводства лесов России

*В. И. Сухих.* Современные проблемы лесорегулирования

*Е. М. Романов, Д. И. Мухортов.* Использование органических отходов в лесном хозяйстве

*С. М. Лазарева.* Семеношение хвойных интродуцентов Ботанического сада МарГТУ

### ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ ЛЕСНОГО ДЕЛА

*Ю. А. Ширнин, Н. И. Роженцова.* Моделирование процедуры выбора технологий рубок леса с использованием ГИС

*Н. Г. Грунина, Р. И. Винокурова.* Особенности сорбционных процессов в системе целлюлоза – водный раствор электролита

*Н. Г. Грунина, Р. И. Винокурова.* Анализ влияния низкотемпературных воздействий на состояние связанной воды в целлюлозе

### ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

*Ю. П. Демаков, М. Г. Сафин.* Проблема оценки углероддепонировальной способности экосистем олиготрофных болот и пути ее решения

*Н. Н. Гаврицкова, Т. Х. Гордеева.* Биоиндикационные возможности микобиоты для оценки состояния лесных экосистем в зонах рекреации

*М. Г. Салихов, С. Я. Алибеков, Ю. Е. Щербakov, Е. В. Вайнштейн, В. П. Сапцин.* О нетрадиционных технологиях производства и укладки дорожно-строительных материалов в лесной зоне

*С. П. Иванов.* Расчет тоннелей на основе вариационного метода В.З. Власова

### ДАТЫ, СОБЫТИЯ, КОММЕНТАРИИ

*Э. А. Курбанов.* Дрезденский технический университет стал нам ближе

*Аннотации статей на английском языке*  
*Сведения об авторах*

*Информация для авторов*

## CONTENTS

3 *The foreword of the editor-in-chief*

### FORESTRY

*E. M. Romanov, N. V. Eryomin, T. V. Nureyeva.* Condition and problems of woods reproduction in Russia

*V. I. Sukhikh.* Modern problems of forest regulation

*E. M. Romanov, D. I. Mukhortov.* Usage of organic waste products in forestry

*S. M. Lazareva.* Seed-bearing of coniferous introduced species of the MSTU botanical garden

### FORESTRY TECHNOLOGIES AND MACHINES

*Yu. A. Shirnin, N. I. Rozhentsova.* Modeling of the procedure of wood cutting down technology choice applying GIS

*N. G. Grounina, R. I. Vinokurova.* Features of sorption processes in the system cellulose - electrolyte water solution

*N. G. Grounina, R. I. Vinokurova.* Analysis of low-temperature impact influence on the condition of bound water in cellulose

### PROBLEMS IN ECOLOGY AND RATIONAL NATURE EXPLOITATION

*Yu. P. Demakov, M. G. Safin.* Estimation of carbon sequestration abilities of ecosystems of oligotrophic bogs problem and the ways of its solution

*N. N. Gavritskova, T. H. Gordeyeva.* Bioindicator potentials of mycobiota for the estimation of forest ecosystems condition in recreation zones

*M. G. Salikhov, S. Ya. Alibekov, Yu. E. Shcherbakov, E. V. Weinstein, V. P. Sapsin.* On nonconventional methods of road-building materials production and laying down

*S. P. Ivanov.* Calculation of tunnels on the basis of variational method of V.Z. Vlassov

### DATES, EVENTS, COMMENTS

*E.A. Kurbanov.* The Dresden Technical University have become closer to us

*Summaries of the papers in English*

*Data on the authors*

*Information for the authors*

## ПРЕДИСЛОВИЕ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

В день нашего 75-летнего юбилея необходимо вспомнить о том, что последние 12 лет МарГТУ позиционируется в российском образовательном пространстве в статусе технического университета. Среди прочего университет отличается от института тем, что здесь сначала генерируют знания, формируя и возвращая собственную научную школу, и лишь затем передают эти «концентрированные» знания студентам.

Поддерживать статус современного технического университета, равно как и обеспечивать подпитку развивающейся отечественной экономики профессиональными кадрами, невозможно без хорошо поставленной и организованной вузовской науки. В МарГТУ, на знамени которого написано: «Традиции. Качество. Перспектива», научная база создавалась три четверти века трудами известных ученых, руководителей вуза прошлых лет. Сегодня наша вузовская наука развивается невиданными темпами. В течение последних пяти лет объем научно-исследовательских работ ежегодно увеличивается в 1,5–2 раза. В 2002 году он составил 10,7 млн. рублей, в 2006 — 52 млн. рублей, а в 2007 году предполагается рекордная сумма — до 150 млн. рублей.

Свыше 60 процентов оплачиваемых научно-исследовательских работ в вузе производится по заказам предприятий и организаций. Для налаживания контактов между учеными и производственниками проводятся совместные совещания, регулярные рабочие встречи. Среди приоритетов университета – ставка на интеграцию образовательных технологий и вузовской науки, тесно связанной с производством. Работы выполняются как в рамках тематического плана по заданию Рособразования, так и по научно-техническим программам Роснауки и Рослеса, грантам, договорам с предприятиями и организациями Республики Марий Эл, России, зарубежных стран.

Все это не может не радовать, но... Нашему университету на его нынешнем этапе развития остро необходим свой аналитический, постоянно действующий информационный канал – журнал, обобщающий и анализирующий все грани нашей научно-исследовательской и инновационной деятельности. Скажу больше: без подобного периодического издания с солидной редколлегией и публикациями, отражающими весь спектр наших научно-исследовательских работ, университет в полной степени таковым не является! А значит, мы должны исправить этот недочет.

Предполагается, что научный журнал МарГТУ будет выходить в трех сериях:  
«Радиотехнические и инфокоммуникационные системы»;  
«Лес. Экология. Природопользование»;  
«Экономика и управление».

Обозначу вектор развития нашего вуза, его перспективные планы. Если кратко, то все они направлены на выполнение сформулированной советом вуза миссии университета – удовлетворение потребностей личности в качественном образовании и потребностей общества в конкурентоспособных специалистах, востребованных на рынке труда.

Наш стремительный век, динамично растущая российская экономика задают соответствующее направление и в развитии высшего образования. Иначе и быть не может – ведь экономика начинается с вуза.

Новые, современно мыслящие, максимально адаптированные к рыночным условиям кадры – фундамент России третьего тысячелетия. Они со своей молодой энергией, свежим, живым взглядом на профессию и новой, лишенной стереотипов ментальностью, – главная движущая сила производственного сектора, без которого немислимо будущее страны. Поэтому мы – представители технического вуза – нацелены на создание в его стенах максимально благоприятной «питательной среды» для подготовки инженерно-экономической элиты. Составляющие этого – разработанные и успешно используемые в нашем университете новые образовательные технологии, современная материально-техническая база, высокопрофессиональные преподавательские кадры и, конечно, налаженная тесная связь с реальным производством. Производство – наш маяк, наш ориентир, главный наш заказчик на рынке труда. Это отражено в программе развития университета. На это нацелена деятельность всех его структур.

Не ограничиваясь стратегическим партнерством университета с более чем пятьюдесятью ведущими предприятиями страны, мы развиваем систему прямого взаимодействия всех без исключения факультетов и выпускающих кафедр с успешными производствами соответствующего профиля. Только так сегодня можно выполнить заказ российской экономики высшему образованию страны. Только так – в постоянной живой связи с действующим производством – можно подготовить дипломированных специалистов, которые сразу – без раскочки и длительной трудной адаптации – вольются в коллективы предприятий, став их главной движущей силой.

Растет и совершенствуется материально-техническая база, ведется масштабное строительство новых объектов вузовской инфраструктуры. После обретения МарГТУ статуса современного университетского комплекса новое воплощение и возможности получила концепция многоуровневого образования. Участвуя в крупнейших международных программах наряду с известными зарубежными вузами, наш университет не просто прорубил «окно в Европу», но уже достойно позиционировался в интернациональном межвузовском пространстве.

Возвращаясь к теме презентации журнала, еще раз подчеркну огромную незаменимую роль в жизнедеятельности современного технического университета вузовской науки. Она – связующее звено между образовательным процессом и живой экономикой – одно из главных наших достоинств. И наша стратегическая задача – сберечь его и укрепить.

Е. М. Романов  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ректор МарГТУ



## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630\*612

*Е. М. Романов, Н. В. Еремин, Т. В. Нуреева*

### СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ ВОСПРОИЗВОДСТВА ЛЕСОВ РОССИИ

*Приводится анализ динамики состояния лесного фонда РФ на переходном к новому Лесному кодексу этапе, дается оценка использования лесных земель. Рассматриваются результативность искусственного лесовосстановления, роль лесных культур в восстановлении лесов России и проблемы, связанные с лесовосстановлением. Подтверждается эффективность и целесообразность создания лесных культур и обосновывается необходимость совершенствования системы учета и контроля за состоянием искусственных насаждений для обеспечения устойчивого воспроизводства леса и повышения его хозяйственной ценности в условиях децентрализации управления и долгосрочных арендных отношений.*

**Введение.** Особенностью лесного фонда России является его расположение в различных почвенно-климатических, лесорастительных зонах (от предтундровых до степных и полупустынных лесов) в сочетании с различной плотностью населения, степенью освоения и интенсивностью ведения лесного хозяйства. Все это определяет неодинаковые возможности и подходы в выполнении задачи, предусмотренной лесным законодательством по «воспроизводству лесов, улучшению качества и повышению продуктивности» [1].

Новый Лесной кодекс впервые наделяет большими полномочиями субъекты РФ, реализуя региональные принципы ведения лесного хозяйства, позволяя им более заинтересованно, гибко, творчески решать задачи по наиболее рациональному использованию и ускоренному воспроизводству лесов на их территории совместными усилиями лесоводов, работающих непосредственно в лесу, работников региональных и федеральных органов управления лесным комплексом страны.

**Цель работы.** Проанализировать состояние лесного фонда на современном этапе и проблемы воспроизводства лесов в России.

**Актуальность.** Леса с началом промышленных форм их эксплуатации с полным правом называют «зеленым золотом» нашей планеты. Причем это богатство относится к воспроизводимым ресурсам и приносит существенный ежегодный доход в виде прироста запаса древесины. Так, только в Приволжском федеральном округе при общем запасе древесины в начале 2003 года 5546 млн. м<sup>3</sup>, ежегодный прирост основных лесобразующих пород составляет 109,8 млн. м<sup>3</sup> [2]. Это в среднем 2,9 кубометра с одного гектара покрытых лесом земель. С учетом площадей, не покрытых лесом (вырубки, гари, пустыри), средний прирост несколько уменьшается и в итоге составляет 2,8 м<sup>3</sup>/га, то есть в результате «простоя» земли мы ежегодно недополучаем в Приволжье примерно три миллиона кубометров древесины.

Получение годичного прироста древесины – это не только величина прибавки сырьевого ресурса государства, но и мера углерододепонирующего воздействия на снижение загрязнения атмосферы, вызывающее глобальное изменение и ухудшение климата всей планеты. Лес приобретает общее международное значение не только как источник получения древесины, но и как живой организм, способный непосредственно выполнять функцию сохранения и управления климатом на планете. Углерододепонирующая функция рассматривается как дополнительный вид пользования лесом, и затраты на создание таких новых насаждений посредством лесных культур уже в настоящее время компенсируются специальными международными фондами.

**Решаемые проблемы.** Действующая форма и содержание государственного учета лесного фонда рассматривает его земли (продуцирующие, непродуцирующие) и лесные насаждения («зеленое золото») в большей степени как товар, возможные для лесопользования (реализации) и, далеко в не полной степени, как живое биологическое сообщество, нуждающееся в более полном учете их состояния для выявления необходимости своевременного проведения плановых, ежегодных лесохозяйственных мероприятий. Такие суждения возникают из проведенного анализа динамики состояния лесного фонда РФ за последние годы и непринятия достаточных мер, активных действий в духе наступивших современных реалий.

Анализ состояния лесного фонда на переходном к новому Лесному кодексу этапе позволяет констатировать следующие изменения в лесном фонде РФ за последний учетный период с 1993 по 2003 годы (табл. 1).

Таблица 1

**Общие сведения о лесном фонде МПР России  
по состоянию на 1 января 1993 и 2003 гг.**

Наименование	РФ				в т.ч. Европейско-Уральская часть РФ			
	1993		2003		1993		2003	
	площадь, млн.га	%	площадь, млн.га	%	площадь, млн.га	%	площадь, млн.га	%
Общая площадь лесфонда	1110,481	-	1132,28		177,6749	-	183,82	-
в т.ч. лесные земли	825,05	100	838,12	100	144,05	100	149,20	100
из них: покрытые лесом	705,79	85,5	733,15	87,4	136,94	95,0	145,92	98,0
в т.ч. лесные культуры	13,45		16,96		11,25		13,88	
Естественные редины	47,03	5,5	69,55	8,3	0,20	0,2	0,14	0,1
Несомкнутые лесные культуры	3,83	0,5	1,81	0,2	2,76	1,9	1,23	0,8
Фонд лесовосстановления	68,40	8,5	33,57	4,1	4,15	2,9	1,88	1,1

В целом повысилось использование лесных земель по прямому назначению, а именно выращивание лесных насаждений. Доля земель, покрытых лесом, увеличилась как в лесфонде Российской Федерации (с 85,5% до 87,4%), так и в Европейско-Уральской части (с 95,0% до 98,0%).

Площади «простоя» лесных земель, нуждающихся в лесовосстановлении (фонд лесовосстановления), сократились более чем в два раза. Однако такое их сокращение,

особенно в азиатской части РФ, сопровождалось возрастанием площадей естественных малопродуцирующих редиц с 47,0 до 69,5 млн.га, которые нередко являются богатой средой для расселения вредителей леса.

Сокращение площадей несомкнувшихся лесных культур и незначительное их увеличение в категории «покрытые лесом земли» является результатом снижения объемов активных способов лесовосстановления, создания лесных культур, с отдачей предпочтения более дешёвым способом – проведением мер содействия естественному возобновлению леса.

Таблица 2

**Динамика площадей хвойных и лиственных насаждений  
в лесном фонде Российской Федерации**

Группы основных лесообразующих пород и группы возраста	1993 год				2003 год			
	всех насаждений		в т.ч. возможные для эксплуатации		всех насаждений		в т.ч. возможные для эксплуатации	
	млн.га	%	млн.га	%	млн.га	%	млн.га	%
Российская Федерация								
Хвойные	507,71	79,6	252,68	71,9	514,74	78,2	230,58	70,5
в т.ч. молодняки	88,51	13,8	52,26	14,8	93,64	14,2	54,16	16,5
спелые и перестойные	259,13	40,6	123,14	35,1	251,99	38,2	104,21	31,8
Твердолиственные	17,29	2,7	9,77	2,9	18,18	2,7	7,76	2,4
в т.ч. молодняки	2,02	0,3	1,64	0,4	1,91	0,3	1,19	0,4
спелые и перестойные	9,13	1,4	3,94	1,1	9,58	1,5	3,50	1,1
Мягколиственные	113,21	17,7	88,62	25,2	125,92	19,1	88,56	27,1
в т.ч. молодняки	24,44	3,8	19,93	5,6	25,72	3,9	19,37	5,9
спелые и перестойные	39,26	6,1	29,19	8,3	45,22	6,8	30,30	9,3
Итого	638,21	100	351,07	100	658,84	100	326,90	100
в т.ч. молодняки	114,97	17,9	73,83	21,0	121,27	18,4	74,72	22,8
спелые и перестойные	307,52	48,1	156,27	44,5	306,79	46,5	138,01	42,2
Европейско-Уральская часть РФ								
Хвойные	88,42	64,8	75,82	65,6	91,20	62,7	63,46	62,2
в т.ч. молодняки	24,62	18,0	23,02	19,9	24,97	17,2	21,62	21,2
спелые и перестойные	41,98	30,8	35,30	30,5	41,47	28,5	25,86	25,3
Твердолиственные	5,31	3,9	3,56	3,1	5,39	3,8	2,11	2,1
в т.ч. молодняки	0,86	0,6	0,64	0,5	0,74	0,5	0,30	0,3
спелые и перестойные	1,23	0,9	0,80	0,7	1,37	0,9	0,59	0,5
Мягколиственные	42,69	31,3	36,20	31,3	48,77	33,5	36,44	35,7
в т.ч. молодняки	9,94	7,3	9,28	0,8	9,48	6,5	8,27	8,1
спелые и перестойные	10,59	7,8	8,50	0,7	13,76	9,5	9,75	9,5
Итого	136,42	100	115,58	100	145,36	100	102,01	100
в т.ч. молодняки	35,42	25,9	32,94	28,5	35,18	24,2	30,19	29,6
спелые и перестойные	53,80	39,4	44,60	38,6	56,60	38,9	36,20	35,5

Но это далеко не полная оценка использования лесных земель. Уровень продуцирования покрытых лесом земель характеризуют насаждения, долевое участие в них хозяйственно-ценных пород, запасы древесины, в том числе спелых древостоев, средний

и текущий приросты, которые определяют успешность воспроизводства за учётный период времени.

С учётом этих показателей (табл. 2), несмотря на увеличение площадей хвойных насаждений по Российской Федерации с 507,7 до 514,7 млн.га, доля их сократилась с 79,5% до 78,0%, а мягколиственных увеличилась с 17,7% до 19,1% (табл. 2). Эта тенденция характерна и для Европейско-Уральской части РФ.

Этот процесс по РФ в основном затронул возрастную группу спелых насаждений, особенно возможных для эксплуатации. При этом площадь хвойных сократилась с 123,1 млн.га до 104,2 млн.га, т.е. на 18,9 млн.га, а площадь хвойных молодняков увеличилась всего лишь на 1,9 млн.га.

В Европейско-Уральской части РФ площадь спелых хвойных насаждений уменьшилась на 9,4 млн.га одновременно со снижением площади молодняков на 1,4 млн.га.

Изменение площадей по лесобразующим породам и группам возраста оказало влияние и на динамику запасов спелых и перестойных насаждений (табл. 3). Запасы хвойных насаждений, особенно в массивах, возможных для эксплуатации, по РФ уменьшились с 19,96 млрд. м<sup>3</sup> до 16,96 млрд. м<sup>3</sup> в основном в азиатской части, а доля древесины хвойных пород сократилась с 77,6% до 73,7%.

Таблица 3

**Динамика запаса спелых и перестойных хвойных и лиственных насаждений  
в лесном фонде Российской Федерации**

Группы основных лесобразующих пород	Год учета	Российская Федерация				Европейско-Уральская часть РФ			
		всего		в т.ч. возможные для эксплуатации		всего		в т.ч. возможные для эксплуатации	
		млрд.м <sup>3</sup>	%	млрд.м <sup>3</sup>	%	млрд.м <sup>3</sup>	%	млрд.м <sup>3</sup>	%
Хвойные	1993	34,16	82,2	19,96	77,6	6,03	73,4	5,37	74,7
	2003	33,53	79,5	16,96	73,7	5,98	66,9	3,99	64,8
Результат сравнения		-0,63		-3,00		-0,05		-1,38	
Твердолиственные	1993	1,04	2,5	0,51	2,0	0,24	2,9	0,14	1,9
	2003	1,15	2,7	0,46	2,0	0,29	3,2	0,11	1,8
Результат сравнения		+0,11		-0,05		+0,05		-0,03	
Мягколиственные	1993	6,34	15,3	5,23	20,4	1,95	23,7	1,69	23,4
	2003	7,47	17,8	5,57	24,3	2,66	29,9	2,05	33,4
Результат сравнения		+1,13		+0,34		+0,71		+0,36	
Итого	1993	41,54	100	25,71	100	8,22	100	7,20	100
	2003	42,15	100	22,98	100	8,93	100	6,15	100
Результат сравнения		+0,61		-2,73		+0,71		-1,05	
Средний запас, м <sup>3</sup> /га	1993	135,1		164,5		152,8		161,4	
	2003	137,4		166,5		157,8		169,8	

Остаётся крайне низким общий средний запас хвойных и лиственных насаждений – 137,4 м<sup>3</sup>/га по Российской Федерации и несколько выше в Европейско-Уральской части – 157,8 м<sup>3</sup>/га. При этом в лесах, возможных для эксплуатации, средний запас соответственно составляет 166,5 м<sup>3</sup>/га и 169,8 м<sup>3</sup>/га, а не вошедших в эту группу резервных лесов значительно ниже – 113,6 м<sup>3</sup>/га и 137,2 м<sup>3</sup>/га.

Приведённые показатели (табл. 1 – 3) свидетельствуют:

- о низкой производительности лесов и далеко не полном использовании потенциальных биологических возможностей древесных пород и природных условий;

• о том, что проводимые меры по лесовосстановлению и воспроизводству лесов оказались не только недостаточными, но и даже не остановили процесс продолжающейся смены хвойных пород на мягколиственные.

Это соотношение будет снижаться и далее, если не будут приняты действенные методы по ускоренному восстановлению ценных в хозяйственном отношении пород. Выступая по этому поводу в апреле в г. Сыктывкаре, Президент России В.В. Путин заметил, «что если так пойдет и дальше, то наши леса скоро будут никому не нужны».

Наиболее активным способом лесовосстановления хозяйственно-ценных древесных пород на площадях с затрудненными для естественного возобновления условиями признается создание и выращивание лесных культур [3-6]. Применение и активное совершенствование технологий создания искусственных насаждений в лесах Российской Федерации охватывает, начиная с XIX века, примерно 150-летний период.

Из всех искусственных насаждений лесного фонда России 82% приходится на Европейско-Уральскую часть РФ, а Приволжский федеральный округ – 27%, т.е. каждый четвертый гектар лесных культур России находится на территории ПФО.

Площадь искусственных насаждений, особенно хвойных пород, была бы значительно больше, если бы за последние годы не было их списания в объеме 3888,1 тыс. га (табл. 4).

Таблица 4

**Результативность искусственного лесовосстановления  
в лесном фонде РФ за период с 1983 по 2003 гг. (площадь, тыс. га)**

Содержание (показатели)	Период учета, годы	Россий- ская Федера- ция	В т.ч. Европейско- Уральская часть	
			Всего	В т.ч. ПФО
Создано лесных культур (посев, посадка)	1983–93 г. 1993–03 г.	5680 2700	4019 1890	1013,6 629,6
Итого за 20 лет		8381	5909	1643,2
Из них:				
- признаны неудовлетворительными в первые 5 лет производства	1983–93 г. 1993–03 г.	97,3 9,1	70,6 5,3	5,8 1,3
Итого за 20 лет, тыс. га %		106,4 1,07	75,9 0,76	7,1
- списаны в первые 5 лет их производства	1983–93 г. 1993–03 г.	338,6 100,0	170,0 63,1	31,3 12,8
Итого за 20 лет, тыс. га %		438,6 4,39	233,1 2,34	44,1 0,5
- погибло (потери площадей) лесных культур в возрасте 6 лет и старше	1983–93 г. 1993–03 г.	2372,0 1077,5	1476,0 715,4	380,6 269,9
Итого за 20 лет, тыс. га		3449,5	2191,4	650,5
Всего списано за 20 лет, тыс. га		3888,2	2424,5	694,6
Пополнение лесного фонда искусственными насаждениями за 20 лет, тыс.га в % от вновь создаваемых		4493 53,5	3485 59,0	949 58,5

В период с 1983 по 2003 годы (результаты текущего пятилетия еще не определены) зафиксированы самые большие потери площадей лесных культур за последние пятьдесят лет, которые составляют 3449,5 тыс. га, или 53,5% по сравнению со всей площадью создаваемых за этот период культур. Это, по сути, коэффициент полезного действия

(оценка качества) и эффективности вложения финансовых средств для воспроизводства леса на данный период. Наибольшая доля гибели лесных культур наблюдается в азиатской части РФ (лесной фонд Сибири и Дальнего Востока), а основные их потери приходятся на период формирования породного состава молодых насаждений.

Списание погибших культур по субъектам Российской Федерации и расположенным на их территории лесхозам фиксируется при проведении планового лесоустройства. При этом в государственном учете лесного фонда до сих пор не практикуется распределение списания лесных культур по причинам их гибели. Однако анализ убедительно показывает, что наибольшая гибель культур по субъектам РФ происходит при невыполнении в полном объеме рубок ухода (осветлений и прочисток) в лесных молодняках, предусмотренных лесоустройством на десятилетний период.

За длительный период лесовосстановления искусственные насаждения, как и естественные, подвергаются воздействию многих экстремальных природных, биотических, антропогенных, межвидовых факторов. Поэтому они нуждаются в проведении мониторинга с последующей реализацией необходимых лесохозяйственных мероприятий.

В настоящее время сложилась и существует система учета и контроля воспроизводства лесных ресурсов в виде ведомственных отчетов, которая действует на всех уровнях управления – от лесничества или лесхоза до федерального центра. Она предусматривает:

- ежегодное отслеживание динамики наличия не покрытых лесом площадей и фонда лесовосстановления;
- начало процесса производства лесных культур, в т.ч. подготовка лесокультурных участков, обработка почвы;
- выполнение планов посева и посадки леса;
- определение показателей приживаемости лесных культур в конце первого и третьего года;
- контроль за состоянием культур с 5-го по 10-й годы и перевод их в покрытые лесом земли.

После перевода в покрытые лесной растительностью земли состояние лесных культур отслеживается лишь один раз в десять лет при проведении планового лесоустройства. Естественно, после прекращения ежегодного контроля за создаваемыми искусственными насаждениями состояние переведенных в покрытые лесом земли культур на значительной части площадей ухудшается.

За весь длительный исторический период становления лесокультурного производства в России многие аспекты технологии рубок и воспроизводства леса значительно изменились. При проведении сплошных рубок (особенно в период с конца XIX и до 60-х годов XX вв.) накопилось большое количество не покрытых лесом площадей. В этих условиях, особенно после начала искусственного лесовозобновления в хвойно-широколиственных лесах и южной части таежной зоны, усилился процесс перехода от так называемых «сплошных» культур к «частичным», то есть при этом в искусственном восстановлении вырубков участвуют и мягколиственные породы естественного происхождения.

Сплошные чистые лесные культуры хвойных пород в стадии молодняков и ныне отличаются повышенной биологической устойчивостью. Как правило, после перевода в покрытые лесом земли они сохраняют устойчивый породный состав насаждения до возраста спелости.

Иное положение складывается в частичных лесных культурах, которые уже на стадии перевода в молодняки и старше подвержены вытеснению быстрее растущими лиственными породами. Однако фактор этой неизбежной межвидовой конкуренции в перечне проектируемых технологических операций не учитывался.

При переходе искусственного лесовозобновления от сплошного к частичному, по сути, к комбинированному лесовозобновлению, когда формирование планируемого породного состава остается незаконченным даже при переводе участков в категорию покрытых лесом земель (незавершенное производство лесных культур), прежняя система их учета и контроля остается без изменения и не обеспечивает процесс надежного воспроизводства ценных древесных пород.

Общеизвестно, что сведения о состоянии искусственных насаждений при проведении планового лесоустройства на уровне таксационных описаний лесных участков (кварталов) лесничества предоставляются. Однако при осуществлении государственного учета лесного фонда лесничества, лесхоза, области (края), федерального округа и в целом по МПР России, которые являются основой для разработки ежегодных планов финансирования и объемов предстоящих работ, а также контроля за исполнением проектов лесоустройства, сведения о насаждениях искусственного происхождения ограничиваются только отражением в качестве лесных земель, покрытых лесной растительностью отдельной строкой «в том числе лесные культуры». По остальным формам учета искусственные насаждения приравниваются к естественным без предоставления необходимой характеристики их структуры, состояния, расчетов о необходимости проведения рубок ухода и др. То есть земли, занятые лесными культурами, есть, а искусственных насаждений просто нет, хотя фактически доля их в лесном фонде немалая (см. табл. 1).

Например, в Приволжском федеральном округе доля искусственных насаждений составляет 14%, а по ряду субъектов – более 20%, т.е. каждый пятый гектар рукотворный. Но в государственном учете лесного фонда их, как насаждений хозяйственно ценных пород, нет ни в группе молодняков, ни средневозрастных (табл.5).

Таблица 5

**Полнота сведений о состоянии насаждений по данным учета лесного фонда  
(по состоянию на 1 января 2003 года, тыс. га)**

Показатели	Российская Федерация	В т.ч. Европейско-Уральская часть	
		Всего	В т.ч. ПФО
Покрытые лесной растительностью земли (насаждения) в т.ч. лесные культуры	733150 16962	145917 13879	31554 4450
Несомкнувшиеся лесные культуры последних 10 лет	1809	1228	403
Молодняки, нуждающиеся в проведении рубок ухода в т.ч. лесные культуры	6427	3510	987
Фактически проведены рубки ухода в молодняках за 5 лет (1998-2003г.) в т.ч. лесные культуры	2211	1871	660
Состав лесного фонда по древесным породам:			
Сосна	117473	40974	6721,4
Ель	77198	48359	7631,0
Лиственница	264287	370,2	69,7
Кедр	40852	778,2	14,9
Дуб	3633,7	1245,4	328,4
в т.ч. лесные культуры по породам			Нет сведений

Приравнивание лесных культур к естественным насаждениям – это их невольное или преднамеренное обесценивание (как появившихся «даром», не имеющих финансовых и трудовых затрат на их создание). Это даже, с этических позиций, неуважение к труду многих поколений лесоводов – перевели лесные культуры в покрытые лесом

земли и «забыли»... Хотя общеизвестно, что искусственно созданные насаждения, как показывает многолетняя практика, обладают наивысшей производительностью и товарной ценностью при условии обеспечения в них своевременных лесоводственных уходов для формирования необходимого породного состава и оптимальной полноты (густоты с учетом их возраста).

Правомерно ли на современном уровне ведения лесного хозяйства такое безымянное объединение насаждений, имеющих различное происхождение? И идентичны ли их качественные и количественные таксационные показатели, которые определяют биологическую, природную и хозяйственную ценность лесного фонда, успешность воспроизводства ценных насаждений (обогащение породного состава, повышение производительности), уровень обеспечения защитных функций и многое другое?

Идентичны ли состояние и структура лесных насаждений естественного и искусственного происхождения в технологическом отношении при проектировании процессов ускоренного лесовыращивания, разработке мероприятий по проведению необходимых лесохозяйственных работ по обеспечению неистощительного, постоянного лесопользования?

По результатам наших исследований (табл.6), в качестве примера приводятся обобщенные сведения, включающие таксационную характеристику насаждений искусственного и естественного происхождения в стадии молодняков и средневозрастных насаждений. Эти возрастные периоды для сосны являются наиболее ответственными при формировании породного состава и товарной структуры на последующие периоды до возраста рубки леса.

Таблица 6

**Показатели состояния насаждений сосны различного происхождения на примере одного лесничества**

ТЛУ	Происхождение	Насаждения по возрастным группам													Всего	
		До 20 лет						21-50 лет						51 и старше, (площ., га)		
		средневзвешенные значения						средневзвешенные значения								
		Площ, га	Запас, м <sup>3</sup> на га	Возр., лет	Доля сосны	Полнота	Бонитет	Площ., га	Запас, м <sup>3</sup> на га	Возр., лет	Доля сосны	Полнота	Бонитет			
А <sub>1-5</sub>	Естеств.	7,1	36,6	16,3	74С	0,63	II,13	98,9	60,1	31,5	70С	0,66	II,96	823,8	929,8	192,3
	Лесн. культ.	19,5	42,0	19,8	88С	0,67	II,07	428,5	90,7	34,5	88С	0,69	II,04	221,3	669,3	86,87
	Итого	26,6	40,6	18,7	80С	0,66	II,08	527,4	75,5	33,9	85С	0,68	II,22	1045,1	1599,1	279,17
В <sub>2-5</sub>	Естеств.	13,0	22,3	14,4	52С	0,53	III,27	51,4	64,1	31,4	65С	0,77	III,19	479,4	543,8	124,5
	Лесн. культ.	52,6	40,7	15,8	63С	0,66	I,49	94,2	170,2	38,7	66С	0,77	I,12	2,5	149,3	18,48
	Итого	65,6	37,0	15,5	61С	0,64	I,84	145,6	132,9	36,2	66С	0,77	1,85	481,9	693,1	142,98
С <sub>2</sub>	Естеств.	-	-	-	-	-	-	4,9	140,8	40,0	45С	0,90	1,00	-	4,9	0,69
	Лесн. культ.	7,3	21,9	10,0	57С	0,82	I,54	169,4	213,0	38,5	65С	0,84	1,00	0,1	176,8	36,25
	Итого	7,3	21,9	10,0	57С	0,82	I,54	174,3	211,0	38,1	65С	0,84	1,00	0,1	181,7	36,94
Всего	Естеств.	20,1	27,4	15,1	60С	0,57	II,85	155,2	64,1	31,5	67С	0,71	III,0	1303,2	1478,5	317,49
	Лесн. культ.	79,4	39,3	16,2	69С	0,68	I,63	692,1	136,2	36,1	80С	0,73	1,68	223,9	995,4	141,6
	Итого	99,5	36,9	16,0	67С	0,66	I,88	847,3	112,5	35,2	78С	0,73	1,90	1527,1	2473,9	459,09

Исследования проведены в одном из лесничеств в зоне хвойно-широколиственных лесов левобережья Среднего Поволжья в компактном лесном массиве I группы, площадью 6151 га. Общая площадь сосняков составляет 2474 га, из них искусственного происхождения – 995 га (40%). На долю сосновых насаждений в возрасте до 50 лет прихо-

дится 946,8 га, в том числе искусственного происхождения – 771,5 га, что составляет более 80% их участия в данных возрастных группах.

Отмечаются значительные различия в таксационной характеристике насаждений искусственного происхождения по сравнению с естественными, особенно в условиях субори (В<sub>2</sub>-В<sub>3</sub>) и сурамени (С<sub>2</sub>).

Таким образом, при практикующемся приравнивании лесных культур к естественным насаждениям и представлении их показателей в ЛФ одной строкой фактически происходит следующее:

- повышение качественных таксационных показателей насаждений в целом, но это воспринимается как естественный процесс, так как о лесных культурах информации нет;
- завуалирование роли лесных культур в своевременном лесовосстановлении без смены пород на мягколиственные и воспроизводстве хозяйственно ценных сосновых насаждений, особенно в условиях В<sub>2-3</sub> и С<sub>2</sub>;
- не акцентируется внимание на площадях лесных культур, нуждающихся в проведении рубок ухода в молодняках, в которых процесс формирования породного состава насаждений еще не закончен (незавершенное производство лесных культур). Об этом свидетельствует недостаточная доля сосны в составе насаждений (57С и 63С) в молодняках и в средневозрастных (65С) при достаточно высокой полноте (0,77 – 0,84).

Подтверждением необходимости акцентирования внимания на лесные культуры в стадии насаждений являются и данные лесоустройства (табл. 7), с той лишь разницей, что в государственном учете лесного фонда не указывается их происхождение. Так исчезает сначала слово «лесные культуры», а затем и в натуре площади лесных культур без проведенных в них уходов.

Таблица 7

**Нуждаемость насаждений сосны искусственного и естественного происхождения по ТЛУ в проведении рубок ухода (НРУ)**

ТЛУ		Естественные насаждения, площадь (га)			Лесные культуры, площадь (га)		
		молодняки	средневозр.	итого	молодн.	средневозр.	итого
А <sub>1-5</sub>		6,8	99,2	106,0	19,5	428,1	447,6
	в т.ч. НРУ %	-	-	-	<u>1,5</u> 7,7	<u>14,1</u> 3,3	<u>15,6</u> 3,5
В <sub>2-5</sub>		13,0	51,4	64,4	52,6	94,2	146,8
	в т.ч. НРУ %	<u>1,6</u> 12,3	-	<u>1,6</u> 2,5	<u>42,0</u> 79,8	<u>41,0</u> 43,5	<u>83,0</u> 56,5
С <sub>2</sub>		-	4,9	4,9	7,3	169,4	176,7
	в т.ч. НРУ %	-	<u>4,9</u> 100,0	<u>4,9</u> 100,0	<u>5,3</u> 72,6	<u>159,8</u> 94,3	<u>165,1</u> 93,4
Итого		19,8	155,5	175,3	79,4	691,7	770,8
	в т.ч. НРУ %	<u>1,6</u> 8,1	<u>4,9</u> 3,2	<u>6,5</u> 3,7	<u>48,8</u> 61,5	<u>214,9</u> 31,1	<u>263,7</u> 34,2

Неоднократно установлено, что доля площадей, которые нуждаются в проведении рубок ухода, насаждений искусственного и естественного происхождения, а также технологии проведения самих рубок и количества вырубленной древесины удаляемых деревьев, а, следовательно, и финансовые затраты далеко не одинаковы. Поэтому практикующееся приравнивание искусственных насаждений, особенно частичных лесных культур, к естественным только ухудшает их дальнейшее состояние.

Структуры централизованного управления лесами, осуществляющие планирование и финансирование, при существующей форме учета лесного фонда не имеют достаточной информации о реальном состоянии лесных культур в виде искусственных насажде-

ний, которые нуждаются в проведении лесоводственных уходов. В итоге за период с 1998-го по 2003-й годы в лесном фонде РФ необходимые лесоводственные уходы в молодняках хвойных пород проведены на площади лишь в 2210,7 тыс. га из 6427,4 тыс. га, предусмотренных государственным учетом лесного фонда 1998 года. На оставшихся 4216 тыс. га молодые леса остались неухоженными. Следовательно, вероятность гибели лесных культур еще более увеличивается.

Возвращаясь к вопросу списания лесных культур на стадии формирования молодняков за последние 20 лет, приходится констатировать тот факт, что с совершенствованием учета лесного фонда мы опоздали как минимум на 30 лет!

И еще один очень важный момент. Существующая ныне форма учета расхода финансов, направляемых на создание лесных культур, значительно отличается от системы учета в других отраслях.

Из всех мероприятий по лесовосстановлению только заготавливаемые для этих целей семена приобретают балансовую стоимость и подлежат постоянному бухгалтерскому учету. Все остальные затраты на создание лесных культур, включая выращивание лесопосадочного материала, относятся к так называемым «текущим расходам» и при использовании бюджетных средств на ведение лесного хозяйства проходят без принятия на бухгалтерский учет балансовой стоимости создаваемых искусственных насаждений, то есть выращенные искусственные насаждения повышенной производительности капиталовложениями не считаются, и это, безусловно, негативно влияет на отношение к ним, особенно после перевода в покрытые лесом земли.

**Выводы.** Для обеспечения устойчивого воспроизводства и повышения хозяйственной ценности леса в условиях децентрализации управления и долгосрочных арендных отношений необходимо разработать и внедрить четкую систему учета и контроля за состоянием лесных культур на всех стадиях лесовыращивания – от посева и посадки до спелого древостоя. Эта система должна действовать на всех уровнях управления – от лесничества до федерального центра. Роль совершенствования системы учета лесных культур возрастает и в связи с облесением бывших под сельскохозяйственным использованием земель в регионах с рискованным земледелием.

Главное богатство России – щедрые запасы «зеленого золота». И казна страны никогда не оскудеет, если мы научимся разумно использовать и приумножать наше главное богатство – лес!

#### *Список литературы*

1. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 №200-ФЗ.; Лесной фонд России (по данным государственного учета лесного фонда по состоянию на 1 января 1998 г.)/ Справочник. ВНИИЦЛесресурс.– М., 1999. – 650 с.
2. Лесной фонд России (по данным государственного учета лесного фонда по состоянию на 1 января 2003 г.)/ Справочник. ВНИИЛМ.– М., 2003. – 640 с.
3. Наставления по проведению лесовосстановительных работ в зоне хвойно-широколиственных лесов европейской части РСФСР. – М., 1987. – 75 с.
4. Основные положения по лесовосстановлению и лесоразведению в лесном фонде Российской Федерации. – М., 1994. – 17 с.
5. Технические указания по проведению инвентаризации лесных культур, защитных лесных насаждений, питомников, площадей с проведенными мерами содействия естественному возобновлению леса и вводу молодняков в категорию ценных древесных насаждений. Гос. ком. СССР по лесу. – М., 1990.–76 с.
6. Указания по проектированию и технической приемке работ по лесовосстановлению и выращиванию посадочного материала. ВНИИЦЛесресурс. – М., 1997. – 47 с.

Поступила в редакцию 12.08.07.

## СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЛЕСОУСТРОЙСТВА

*Рассматриваются пути совершенствования методологии лесоустроительных (лесоинвентаризационных) работ с учетом требований к лесоустройству Лесного кодекса, принятого в 2006 году.*

**Введение.** В соответствии со статьей 68 Лесного кодекса Российской Федерации [1] в задачи лесоустройства входят следующие действия:

- уточнение границ лесничеств, лесопарков, квартальной визирной сети и лесотаксационных выделов (границы могут быть обозначены на местности с помощью лесоустроительных и лесохозяйственных знаков и (или) указаны на лесных картах);
- установление в пределах лесничеств и лесопарков границ эксплуатационных, защитных и резервных лесов, а также особо защитных участков лесов;
- таксация лесов (выявление, учет, оценка качественных и количественных характеристик лесных ресурсов);
- проектирование мероприятий по охране, защите и воспроизводству лесов;
- проектирование лесных участков.

На основе полученных при лесоустройстве плано-картографических и лесотаксационных материалов и запроектированных в процессе таксации мероприятий по охране, защите и воспроизводству лесов разрабатываются лесохозяйственные регламенты, готовятся материалы по лесным участкам для оформления их при передаче в долгосрочную и краткосрочную аренду, разрабатываются лесные планы, готовятся материалы для подготовки и проведения аукционов, составляются проекты освоения лесных участков и государственные лесные реестры.

Лесной фонд России и леса, не входящие в лесной фонд (далее лесной фонд), к настоящему времени полностью изучены и закартографированы. На площади около 750 млн. га проведено лесоустройство с организацией территории в натуре. При этом в лесах многих лесничеств и лесопарков субъектов федерации лесоустройство проводилось неоднократно с повторностью в 10–15 лет. Лесоустройством изучены все леса, в которых ведется интенсивное лесное хозяйство и лесопользование, а также значительная часть перспективных для лесопользования лесов. На остальной части лесного фонда, расположенного в северных и северо-восточных районах страны и представленного преимущественно низкопродуктивными древостоями, не являющимися объектами промышленных лесозаготовок и не покрытыми лесом и нелесными землями, проведена лесоинвентаризация менее точными дистанционными методами без организации территории в натуре: в конце 40-х – начале 50-х годов прошлого столетия аэротаксацией, а в период с 1978 – 2006 годов повторно на основе дешифрирования космических.

**Цель работы.** Выявить пути совершенствования методологии лесоустроительных работ с учетом требований к лесоустройству принятого в 2006 году Лесного кодекса.

**Решаемые задачи.** Многолетняя практика показала, что состав получаемой при лесоустройстве и лесоинвентаризации информации, степень ее детальности и точность в основном удовлетворяют лесное хозяйство и лесопользователей. Однако, в силу того, что характеристики земель лесного фонда и произрастающих на них насаждений постоянно изменяются вследствие естественных процессов роста и развития лесных эко-

систем и воздействия на них комплекса природных и антропогенных факторов (пожары, вредители, рубки и пр.), требуется актуализация всего комплекса таксационной и картографической информации. Обычно в этих целях проводят через 10–15 (20) лет повторные лесоустроительные (лесоинвентаризационные) работы примерно по той же технологии, что и предыдущие.

Проведение на всей территории лесного фонда повторных работ с заданной периодичностью по тем же технологиям, что и при предыдущем лесоустройстве, в ряде случаев не вызывается необходимостью, прежде всего в лесах, где не ведется активная лесохозяйственная и лесопромышленная деятельность. На территории, где проведены лесоустройство и лесоинвентаризация, но не ведутся интенсивное лесное хозяйство и лесопользование, состав информации и точность таксации даже несколько избыточны и без ущерба могут быть скорректированы, тем более что производственные мощности современных лесоустроительных предприятий и экономика страны не обеспечивают выполнение повторных лесоустроительных (лесоинвентаризационных) работ по традиционным технологиям с заданной периодичностью на всей территории лесного фонда.

Поэтому важной задачей является дальнейшее совершенствование методов повторных лесоустроительных (лесоинвентаризационных) работ с учетом структуры лесов и интенсивности лесного хозяйства и лесопользования за счет более полного использования информационных возможностей современных материалов аэрокосмических съемок, ГИС-технологий и методов моделирования процессов роста и развития лесных экосистем. При этом методы работ целесообразно дифференцировать, исходя из структуры лесов и степени детальности их изученности, интенсивности ведения лесного хозяйства и лесопользования [2].

Целью повторного лесоустройства (лесоинвентаризации) должна быть прежде всего актуализация планово-картографических, лесотаксационных и проектных материалов предыдущего лесоустройства (дистанционной лесоинвентаризации) и разработка на их основе системы мероприятий, направленных на обеспечение рационального ведения лесного хозяйства и пользования лесным фондом, эффективного воспроизводства, охраны и защиты лесов, осуществление единой научно-технической политики в лесном хозяйстве.

**Интерпретация результатов.** Основными задачами повторного лесоустройства (лесоинвентаризации) на современном этапе должны быть прежде всего получение с требуемой точностью информации о лесных ресурсах, состоянии и динамике лесов, дифференцированной по точности и составу с учетом структуры лесов и интенсивности ведения лесного хозяйства и лесопользования; осуществление внутрихозяйственной организации территории лесного фонда; составление лесоинвентаризационных атрибутивных и картографических материалов как на бумажных, так и электронных носителях и формирование ГИС на объект лесоустройства, а также определение научно обоснованных, исходя из лесоводственных требований, размеров и пространственного размещения мероприятий по воспроизводству, выращиванию, охране и защите лесов, а также иным видам лесохозяйственной деятельности. В процессе проведения лесотаксационных работ должна также даваться оценка качественному уровню ведения лесного хозяйства и лесопользования.

Основываясь на вышесказанном, предлагается всю территорию лесного фонда подразделить на две зоны: а) зону лесоустройства, в которую входят лесничества (лесопарки) малолесных районов, интенсивного лесного хозяйства и лесопользованием или перспективных для их развития; б) зону дистанционной лесоинвентаризации, в которую включаются резервные и притундровые леса, расположенные на северо-восточных

территориях страны с экстенсивным уровнем ведения лесного хозяйства и лесопользования и не имеющие тенденций повышения их интенсивности в ближайшие десятилетия.

В зону лесоустройства, должны быть, включены все территории лесничеств или их частей, где было проведено лесоустройство с выполнением натуральных работ по организации территории. Таксационные работы в этой зоне могли быть выполнены ранее на основе проведения наземных работ, наземных работ в сочетании с дешифрированием аэрофотоснимков, частично камеральным дешифрированием аэрофотоснимков. Площадь зоны лесоустройства по состоянию на 1 января 2006 года составляет 750 млн. га.

В зону дистанционной лесоинвентаризации целесообразно включить лесной фонд северных и северо-восточных территорий страны, который изучен на основе методов дешифрирования космических снимков (сверхмелкомасштабных и мелкомасштабных аэроснимков), аэровизуального обследования и аэротаксации, где отсутствует натурная организация территории. Площадь зоны дистанционной инвентаризации 430 млн.га. В лесничествах (лесопарках) зоны дистанционной лесоинвентаризации часть лесов (преимущественно зеленые зоны) устроена ранее по I–III разрядам лесоустройства с натурной организацией территории. Эти части лесничеств (лесопарков) должны быть отнесены к зоне лесоустройства.

Границы зоны лесоустройства и ее площадь могут в будущем измениться в сторону увеличения за счет проведения первичного лесоустройства на части территории, отнесенной в настоящее время к зоне дистанционной инвентаризации. В этом случае зона дистанционной инвентаризации, соответственно, уменьшится.

Зону лесоустройства, в свою очередь, целесообразно подразделить на три подзоны:

а) подзона интенсивного лесного хозяйства. К ней должны быть отнесены лесничества (лесопарки), расположенные в южных, центральных и северо-западных районах Европейско-Уральской части страны и в южных районах Сибири и Дальнего Востока, представленные лесами первой и второй групп, устроенными по первому и второму разрядам наземными методами в сочетании с полевым дешифрированием аэрофотоснимков. В этой подзоне на территории лесничеств, участков лесного фонда, переданных в аренду, ведутся рубки главного пользования, работы по лесовосстановлению, реконструкции (обновлению) насаждений, уходу за лесом, проводятся наземные работы по охране и защите леса. Леса подзоны имеют важное рекреационное и средозащитное значение, поскольку территории их расположения имеют наиболее высокую плотность населения в стране;

б) подзона интенсивного и перспективного лесопользования и лесного хозяйства. К ней должны быть отнесены лесничества и переданные в аренду участки лесов, в которых ведутся или планируются на ближайшее 20-летие рубки главного пользования, рубки ухода, лесовосстановительные и другие лесохозяйственные работы. Преимущественно это леса III группы. Территория лесов подзоны лесоустроена ранее преимущественно по третьему разряду различными методами (наземная таксация, рациональное сочетание наземных работ с камеральным дешифрированием) с организацией территории в натуре. В состав их могут входить и леса I – II групп, устроенные ранее по I – III разрядам лесоустройства различными методами. К этой подзоне могут относиться как лесничества в целом, так и их отдельные части. Из нее исключаются и включаются в подзону экстенсивного лесного хозяйства и лесопользования компактные части лесничеств, территория которых не передана в аренду для организации промышленных лесозаготовок и лесопользование в них не ведется, а лесохозяйствен-

ные работы ограничиваются охраной леса и активизация их в ближайшее 20-летие не намечается;

в) подзона экстенсивного лесного хозяйства и лесопользования. К ней относятся лесничества (лесопарки) или их части таежной зоны, территория которых устроена ранее по третьему разряду лесоустроиста различными методами (наземная таксация, рациональное сочетание наземных работ с камеральным дешифрированием, камеральное дешифрирование) с организацией территории в натуре. В лесах данной части подзоны не ведутся и не планируются на ближайшее 20-летие рубки главного пользования, рубки ухода и другие лесохозяйственные мероприятия. К данной подзоне могут относиться как лесничества (лесопарки) в целом, так и их отдельные компактные части [2].

Технической основой лесотаксационных работ, выполняемых в процессе повторных лесоустройства и дистанционной лесоинвентаризации, являются материалы фотографических или цифровых (сканерных) аэрокосмических съемок. Они должны быть спектрзональными или многоспектральными и иметь пространственное разрешение: при лесоустройстве по I–II разрядам – не хуже 1,0 м, а масштаб используемых при полевых и камеральных работах бумажных копий аэроснимков (контактных или увеличенных) и изображений на экране компьютера не мельче 1:10000 + 2000; при III разряде подзоны интенсивного лесопользования и лесного хозяйства соответственно – 1,5 м (1:15000 + 3000); при устройстве лесов по III разряду в подзоне экстенсивного ведения лесного хозяйства и лесопользования – 2 м (не мельче 1:25000) или космические снимки с разрешением не хуже 3–5 м (композитные изображения, полученные из панхроматических снимков с разрешением не хуже 3–5 м и многозональных с разрешением до 10 – 15 м). При повторной дистанционной лесоинвентаризации должны использоваться цифровые (сканерные) космические снимки с пространственным разрешением на местности не хуже 5 – 10 м. Масштаб используемых при таксационном дешифрировании увеличенных снимков или изображений на экране компьютера должен быть не мельче 1:40000 (допускается использование композитных изображений, полученных из панхроматических снимков с разрешением не хуже 5 – 10 м и многозональных с разрешением до 10 – 20 м).

Дешифрирование аэрокосмических изображений должно производиться визуальными, визуально-инструментальными и автоматизированными (интерактивными) методами. Методология дешифрирования материалов аэрокосмических съемок должна быть ориентирована на получение результирующей информации в ГИС-формате. При наличии возможности все процессы, связанные с дешифрированием и обработкой их должны производиться в среде ГИС.

Составной частью методологии повторного лесоустройства (дистанционной лесоинвентаризации) является актуализация таксационных описаний предыдущего лесоустройства. Она проводится внесением поправок (изменений) в таксационные характеристики выделов с учетом происшедших в них изменений за межревизионный период, основными причинами которых являются: естественный рост насаждений и развитие лесных экосистем, антропогенные и природные воздействия на них и трансформация земель лесного фонда. В основу актуализации должны быть положены специально разработанные модели роста и развития насаждений и лесных экосистем совместно с данными различных видов мониторингов лесов (лесопожарного, лесопатологического, оценки организации и состояния лесопользования и пр.).

В общей методологии повторного лесоустройства (дистанционной лесоинвентаризации) актуализация данных таксации предыдущего лесоустройства должна использо-

ваться в сочетании с другими методами таксации (наземным глазомерно-измерительным и дешифровочным) в качестве дополнительной информации при установлении обобщенной таксационной характеристики выдела. Точность обновленной таксационной характеристики выделов и их контуров должна находиться в пределах нормативных требований, которые должны быть дифференцированы по зонам и подзонам (см. таблицу).

**Величины допустимых среднеквадратических ошибок определения  
в таксационных выделах запаса, высоты, диаметра,  
коэффициента состава, подроста**

Категории насаждений	Подзоны лесоустройства	Допустимые случайные ошибки определения таксационных показателей выдела ( $\pm$ ) при достоверности 0,68				
		запас на 1га, %	высота, %	коэффициент состава преобл. породы, ед.	диаметр, %	количество подроста на 1 га, %
Спелые и перестойные насаждения, включаемые в эксплуатационный фонд	1	15	8	1	10	25
	2	15	8	1	10	25
	3	20	10	1,5	15	30
Все остальные насаждения, в том числе молодняки (кроме малоценных и низкобонитетных)	1	20	10	1,5	12	30
	2	20	10	1,5	12	30
	3	25	12	2	15	35
Малоценные и низкобонитетные ( $V-V^0$ кл. бонитета) насаждения, не намечаемые к хозяйственному воздействию	1	25	12	2	15	30
	2	25	12	2	15	30
	3	30	15	2	20	35

*Примечание к столбцу 3:*

- 1 – подзона интенсивного лесного хозяйства и лесопользования в лесах первой и второй групп;
- 2 – подзона интенсивного лесопользования и лесного хозяйства в лесах третьей группы;
- 3 – подзона экстенсивного ведения лесного хозяйства и лесопользования в лесах третьей группы.

В зоне дистанционной инвентаризации точность определения таксационных показателей укрупненных таксационных выделов должна находиться в следующих пределах (при вероятности 0,68):

- правильное определение основных категорий земель, групп преобладающих пород (хвойных, лиственных), групп возраста и групп типов леса (условий местопроизрастания), классов товарности, классов бонитета не менее 68%;
- среднеквадратическая ошибка определения относительной полноты – не более + 0.2 единицы полноты;
- среднеквадратическая ошибка определения в укрупненных выделах запаса на 1 га - + 30% при систематической ошибке определения запаса в целом в объекте инвентаризации не более + 10%.

Характеристика подроста, подлеска, напочвенного покрова, данные о составляющих породах, сухостое, захламливаемости указываются в специальных таблицах в разрезе страт, формируемых с учетом единства групп преобладающих пород, типов условий местопроизрастания и групп возраста.

Объектами повторного лесоустройства и дистанционной инвентаризации лесов является, как правило, лесной фонд, находящийся в ведении во владении лесничества

(лесопарка). В отдельных случаях лесоустройство может проводиться на их частях, переданных в долгосрочную аренду.

Первичной учетной единицей лесоустройства и дистанционной лесоинвентаризации является таксационный выдел.

Лесоустройство и дистанционная лесоинвентаризация может проводиться одним из трех методов:

- классов возраста;
- участковым;
- комбинированным, сочетающим элементы методов классов возраста и участкового.

Метод классов возраста, как известно, заключается в образовании хозяйств, хозяйственных секций, состоящих из совокупностей однородных по составу и производительности насаждений и не покрытых лесом земель, территориально хотя и разобщенных, но объединяемых единым возрастом и способом рубки леса. Все лесоустроительные расчеты при этом методе осуществляются на основе итогов распределения площадей и запасов насаждений хозяйственных секций по классам возраста. Первичной расчетной единицей при лесоустройстве и дистанционной лесоинвентаризации по методу классов возраста является хозяйственная секция [3]. Метод классов возраста должен применяться при лесоустройстве подзоны экстенсивного лесного хозяйства и лесопользования и зоны дистанционной лесоинвентаризации (малоосвоенные и резервные леса в северных и северо-восточных регионах страны, где таксация проводится преимущественно методами, основанными на камеральном дешифрировании аэро- или космических снимков без посещения большей части таксационных выделов в натуре).

Участковый метод лесоустройства заключается в образовании постоянных хозяйственных участков, состоящих из одного или совокупности нескольких таксационных выделов, которые территориально объединены общностью типа лесорастительных условий, целью лесовыращивания и соответствующей ей направленностью комплекса проектируемых лесохозяйственных мероприятий. Он применяется там, где имеется необходимость и возможность индивидуального подхода к осуществлению лесохозяйственных мероприятий по каждому образованному постоянному хозяйственному участку. Для проведения лесоустройства по участковому методу требуется выполнение до начала лесоустроительных работ специального почвенно-типологического обследования с составлением почвенной карты, а также схемы типов лесорастительных условий и групп типов леса. Размеры пользования лесом, ухода за лесом, лесовосстановительных и других мероприятий при участковом методе лесоустройства определяются путем суммирования их объемов, назначенных при таксации леса по каждому постоянному хозяйственному участку, который является первичной расчетно-хозяйственной единицей [3].

Комбинированный метод лесоустройства заключается в образовании хозяйств, хозяйственных секций, состоящих из совокупности таксационных выделов, покрытых лесом, и не покрытых лесной растительностью земель, хотя и разобщенных, но объединяемых общностью преобладающих древесных (кустарниковых) пород произрастающих насаждений, их производительностью и единым возрастом и способом рубки. Расчеты, связанные с определением размера главного пользования при этом методе осуществляются на основе итогов распределения площадей и запасов насаждений по классам возраста. Расчеты по определению видов и объемов ухода за лесом, лесовосстановительных и иных лесохозяйственных мероприятий производятся на основе индивидуального подхода к их осуществлению в каждом таксационном выделе с учетом особенностей их структуры, состояния, лесорастительных условий, определяемых при такса-

ции. Объемы мероприятий определяются суммированием данных таксации леса по таксационным выделам. Комбинированный метод лесоустройства должен применяться при устройстве лесов подзон интенсивного лесного хозяйства и интенсивного и перспективного лесопользования и лесного хозяйства.

**Выводы.** Лесным кодексом проект (план) организации и развития лесного хозяйства, который всегда был неотъемлемой частью лесоустройства, заменен лесохозяйственным регламентом, проектом освоения лесных участков, государственным лесным реестром, которые при этом выведены из состава лесоустроительных работ. Несомненно, это ошибочное решение законодателей. Но пока оно не изменено, им должны будут руководствоваться органы управления лесным хозяйством страны и регионов.

В основу как лесохозяйственных регламентов, так и проектов освоения лесов и государственных лесных реестров будут положены материалы лесоустройства. От их полноты и качества в значительной степени будет зависеть и качество разрабатываемых последующих проектных и иных материалов, в том числе проектирование эксплуатационных, защитных и резервных лесов, а также особо защитных участков лесов с ограниченным режимом лесопользования; установление возрастов рубок, расчетной лесосеки, сроков и других параметров разрешенного использования лесов; устанавливаются ограничения использования лесов в соответствии со статьей 27 Лесного кодекса; проектирование мероприятий по уходу за лесом, охране, защите и воспроизводству лесов; проектирование лесных участков; формирование федеральной и региональных информационных систем и пр.

Для проведения лесоустройства (дистанционной лесоинвентаризации) и последующего составления лесохозяйственных регламентов, лесных планов, проектов освоения лесных участков, государственных лесных реестров и других материалов потребуются соответствующие инструктивные и нормативно-методические материалы. Разработка их проводится Федеральным агентством лесного хозяйства с привлечением научных и проектных организаций.

#### *Список литературы*

1. Лесной кодекс Российской Федерации. – М.: [http:// www/ garant.ru](http://www.garant.ru).2006.– 94 с.
2. Методические рекомендации по инвентаризации лесов при повторном лесоустройстве (лесоинвентаризации) с учетом структуры лесов, интенсивности лесного хозяйства и лесопользования. – М.: Федеральное агентство лесного хозяйства, 2006. – 53 с.
3. Инструкция по проведению лесоустройства в лесном фонде России. Часть I. – М.: Федеральная служба лесного хозяйства России, 1995. – 174 с.

Поступила в редакцию 15.05.07.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

*Определены основные положения экологически безопасного использования органических отходов и выявлены основные направления их применения в лесном хозяйстве.*

**Введение.** Естественный процесс выращивания леса от семени до полноценного древостоя охватывает значительный период времени – от 50 до 100 и более лет. В течение этого периода на ход естественных процессов, в результате ведения хозяйственной деятельности, человек оказывает существенное влияние. Таким образом, одной из основных задач лесохозяйственной деятельности является увеличение продуктивности лесов путем оптимизации условий воспроизводства лесных ресурсов. Процесс выращивания леса условно разделен на периоды роста, фазы и виды производства, на каждой из которых в настоящее время уже разработано достаточно большое количество хозяйственных мероприятий и технологий, направленных на увеличение продуктивности лесных насаждений [1].

Для повышения продуктивности и интенсификации воспроизводства лесов в настоящее время существует возможность использования органических отходов и продуктов на их основе как наиболее дешевого и невостребованного сырья. Это связано с тем, что многие виды отходов содержат органическое вещество и элементы минерального питания растений (табл. 1), обладают другими полезными свойствами, что позволяет использовать их в лесном хозяйстве при выращивании древесно-кустарниковых растений, повышении почвенного плодородия, для борьбы с сорняками и болезнями древесных растений.

Таблица 1

Основные агрохимические показатели органических отходов

Вид отхода	Органическое вещество, %	Содержание общих форм, %		
		азота	фосфора	калия
Осадки сточных вод ОСК	10 – 40	0,8 – 5,5	2,5 – 4,0	0,2 – 1,0
Каньга (отходы мясокомбинатов)	90	0,9	2,3	0,6
Опилки	70 – 99	0,0 – 0,2	0,1 – 0,4	0,05 – 0,3
Кора древесных растений	89 – 95	0,0 – 0,5	0,1 – 0,5	0,2 – 0,8
Гидролизный лигнин	87 – 94	0,1 – 0,4	0,02 – 0,1	0,04 – 0,1
Бумажные отходы	73 – 99	следы	0,2 – 0,5	0,01 – 0,2
Листовой опад	70 – 92	0,2 – 1,7	0,4 – 0,9	0,8 – 2,5
Растительные остатки в составе ТБО	–	0,7 – 2,3	0,7 – 0,9	1,9 – 5,0
Отходы текстиля	96	0,0	0,5	0,02
Бесподстильный навоз:				
- крупного рогатого скота	80	1,6	6,1	2,1
- мелкого рогатого скота	68	2,6	2,3	1,0
- птичий помет	90	2,9	2,5	2,3

Некоторые виды органических отходов уже используются в отдельных технологических процессах лесного хозяйства. Так, при выращивании сеянцев древесных растений после посева рекомендуется производить мульчирование поверхности почвы отходами деревообработки (опилками). Это не приносит урона окружающей среде, существенно не снижает агрономических показателей почв и позволяет повысить грунтовую всхожесть семян растений [2–4]. Такая практика применения отходов возможна только при условии, что они являются экологически безопасными и однородными по составу. При этом решается и очень важная экологическая проблема – вовлечение в оборот многотоннажных отходов, единственной формой утилизации которых во многих регионах России является захоронение [5].

Вместе с тем, при необдуманном использовании органических отходов в практике лесного хозяйства может быть нанесен урон окружающей среде и снижена продуктивность лесных насаждений. Причиной этому может служить содержание нежелательных ингредиентов в некоторых видах органических отходов. Так, при очистке коммунально-бытовых и промышленных стоков на очистных сооружениях канализации образуются осадки сточных вод. В силу того, что зачастую коммунальные стоки и стоки, поступающие с предприятий, смешиваются, в осадках сточных вод могут содержаться соли тяжелых металлов (табл. 2). Хотя с сокращением производства содержание тяжелых металлов в ОСВ существенно снизилось, нельзя допускать их бесконтрольного использования в качестве удобрений, так как это может привести к накоплению тяжелых металлов в почве с возможностью дальнейшего их внедрения в пищевые цепи человека.

Таблица 2

**Динамика содержания валовых форм тяжелых металлов  
в осадках сточных вод ОСК г. Йошкар-Олы**

Тяжелые металлы	Содержание, мг/кг			Норма, мг/кг, не более
	1990 год	1999 год	2005 год	
Никель	382,4	15,8	11,0	400
Свинец	93,6	8,5	1,8	1000
Кадмий	31,3	1,5	1,9	30
Цинк	1408,0	93,7	110,9	4000
Медь	159,0	29,2	143,3	1500

С целью обоснования возможности использования органических отходов в лесном хозяйстве были поставлены следующие задачи:

- 1) определить объекты и технологические процессы лесного хозяйства, где существует возможность применения органических отходов и продуктов на их основе для повышения продуктивности лесных насаждений;
- 2) определить принципы экологической безопасности при использовании органических отходов в лесном хозяйстве;
- 3) разработать технологии переработки и обезвреживания органических отходов для использования в лесном хозяйстве;
- 4) оценить влияние органических отходов и продуктов на их основе на окружающую среду;
- 5) определить влияние использования органических отходов, продуктов на их основе на рост древесных растений и продуктивность лесных насаждений.

**Интерпретация результатов.** Для определения объектов и технологических процессов лесного хозяйства, где существует возможность применения органических отходов и продуктов на их основе, нужно учитывать два подхода утилизации отходов производства и потребления, принятых в мировой практике:

- 1) применение отходов на ограниченной территории в достаточно большом количестве;
- 2) распределение невысоких доз отходов на больших территориях.

Кроме того, необходимо учитывать особенности лесного хозяйства России (табл. 3).

Таблица 3

**Особенности применения органических отходов в лесном хозяйстве**

Основные особенности лесного хозяйства	Следствие
Большие площади лесхозов с большим разнообразием участков лесного фонда (по размерам, ТЛУ и т.д.) и их доступности	→ 1. Сложность прогнозирования воздействия органических отходов на состояние окружающей среды. 2. Сложность в организации экологического мониторинга за состоянием окружающей среды
Разнообразие технологических процессов (получение семенного материала, выращивание посадочного материала, создание лесных культур и т.д.)	→ Невозможность унификации технологий применения органических отходов
Растянутость технологических процессов лесовосстановления и выращивания леса по времени	→ Сложность в организации экологического мониторинга на длительный период

С учетом особенностей лесного хозяйства более предпочтительным является первый подход, так как риск неблагоприятного воздействия отходов на окружающую среду и здоровье человека будет меньше, чем во втором случае.

Таким образом, использование органических отходов для повышения продуктивности насаждений возможно только в технологических процессах с относительно коротким циклом производства и на участках с высокой интенсивностью ведения лесного хозяйства, например, при выращивании лесного посадочного материала, создании плантационных лесных культур и при рекультивации нарушенных территорий лесобихологическими методами.

Изучением вопроса применения тех или иных видов органических отходов и продуктов на их основе в лесном хозяйстве занимался ряд ученых. Так, для удобрения легких по гранулометрическому составу почв лесных питомников Е.М. Романовым и Т.В. Нуреевой в 1995 году впервые было предложено использовать НОМУЛП – нетрадиционное органическое удобрение на основе отходов гидролизно-дрожжевых отходов [6]. Есть опыт использования в качестве тепличного субстрата компоста на основе древесной коры [7]. Наиболее изученным является применение мелиорантов на основе осадков сточных вод, образующихся при очистке коммунальных и промышленных стоков, для удобрения почв лесных питомников, плантаций и лесных культур [8 – 12]. Тем не менее, остается ряд нераскрытых вопросов, связанных с возможностью переработки и применения и других видов органических отходов в лесном хозяйстве, таких, как пищевые, текстильные, бумажные, коммунальные органические отходы. Кроме того, в настоящее время в Российской Федерации наиболее полно разработана нормативно-техническая документация экологической направленности, регламентирующая использование в качестве удобрений осадков сточных вод очистных сооружений канализации, применение других видов органических отходов в ней практически не оговаривается. Поэтому уже в настоящее время требуется разработка нормативно-технической документации, регламентирующей производство и применение органических отходов в

лесном хозяйстве с целью обеспечения экологической безопасности, базирующейся на следующих положениях:

- 1) организация контроля за содержанием нежелательных ингредиентов в органических отходах;
- 2) обеспечение снижения концентрации нежелательных ингредиентов в продуктах на основе органических отходов;
- 3) нормирование норм использования органических отходов и продуктов на их основе;
- 4) организация системы контроля и мониторинга за почвенно-экологическими условиями, за содержанием нежелательных ингредиентов в продукции лесного хозяйства;
- 5) обеспечение распределения некоторых видов продукции, полученной при использовании органических отходов, на больших территориях.

Продуктивность лесных насаждений напрямую зависит от уровня почвенного плодородия. Поэтому основным направлением применения органических отходов для повышения продуктивности лесных насаждений является их использование в качестве почвенных мелиорантов. Наиболее доступным для лесного хозяйства способом переработки органических отходов в нетрадиционные удобрения является их компостирование. Нами разработаны технологии получения компостов на основе многокомпонентных смесей органических отходов – субстратов и наполнителей [13]. За основу данных технологий принята технология площадного компостирования, что позволяет использовать технические средства, имеющиеся практически в каждом лесхозе. Длительность компостирования по данным технологиям составляет от полугода до двух лет в зависимости от характеристик исходных компонентов.

Внесение нетрадиционных удобрений в почву позволяет существенно повысить ее агрохимические показатели (табл. 4) – существенно возрастает содержание в пахотном горизонте почвы органического вещества и элементов минерального питания растений (азота, фосфора и калия).

Таблица 4

**Влияние внесения нетрадиционных органических удобрений  
на агрохимические показатели дерново-подзолистых почв**

Доза внесения, т/га	Органическое вещество, %	pH <sub>сол.</sub>	Содержание, мг/кг		
			N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Легкосуглинистая почва (Мушмаринский лесной питомник, 1997 г)					
0	2,1	4,8	19,3	128,7	76,8
120	3,7	6,4	32,2	156,0	83,2
НСР <sub>05</sub>	1,15	0,36	9,64	21,66	*
Среднесуглинистая почва (Мушмаринский лесной питомник, 1998г)					
0	3,3	5,3	18,5	179,2	117,7
120	5,4	6,9	74,0	275,5	121,0
НСР <sub>05</sub>	1,20	0,49	33,58	46,52	20,07

*Примечание:* \* различие не существенно на 5% уровне значимости ( $F_{\text{расч.}} < F_{\text{табл.}}$ )

Обеспечение экологической безопасности применения удобрений на основе органических отходов достигается за счет ограничения нормы их внесения в почву, не превышающей теоретически допустимую, которая рассчитывается по формуле:

$$D = \frac{0,8 \cdot (ПДК(ОДК) - \Phi) \cdot 3000}{C_{TM}},$$

где  $D$  – допустимая доза внесения удобрения, т/га сухой массы;

$ПДК$  – предельно допустимая концентрация тяжелого металла в почве, мг/кг;

$ОДК$  – при отсутствии утвержденных  $ПДК$  тяжелых металлов в почве в расчетах используют ориентировочно допустимые концентрации ( $ОДК$ ) тяжелых металлов в почве, мг/кг;

$\Phi$  – фактическое содержание тяжелого металла в грунте, мг/кг;

$C_{тм}$  – содержание тяжелых металлов в удобрении, мг/кг сухой массы;

3000 – масса пахотного слоя почвы в пересчете на сухое вещество, т/га.

В этом случае содержание тяжелых металлов и других нежелательных ингредиентов в почве не будет превышать принятых допустимых норм (табл. 5).

Таблица 5

**Влияние внесения нетрадиционных органических удобрений  
на основе осадков сточных вод на содержание в пахотном горизонте  
дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы солей тяжелых металлов**

Доза внесения, т/га	Содержание солей тяжелых металлов, мг/кг				
	Кадмий	Никель	Свинец	Медь	Цинк
0	0,11	2,04	1,68	0,42	0,94
120	0,05	1,97	1,40	0,22	0,54
НСР <sub>05</sub>	0,05	*	*	*	0,18
ПДК	2,0	4,0	6,0	3,0	23,0

Примечание: \* различие не существенно на 5% уровне значимости ( $F_{расч.} < F_{табл.}$ )

Повышение почвенного плодородия при внесении нетрадиционных органических удобрений позволяет интенсифицировать рост древесных растений. Так, использование компостов на основе осадков сточных вод и гидролизного лигнина при выращивании сеянцев ели позволило получить более крупный посадочный материал и существенно увеличить выход стандартного посадочного материала с единицы площади (рис. 1). Такая же тенденция наблюдается и при выращивании сеянцев и саженцев других пород древесных растений в лесных питомниках.

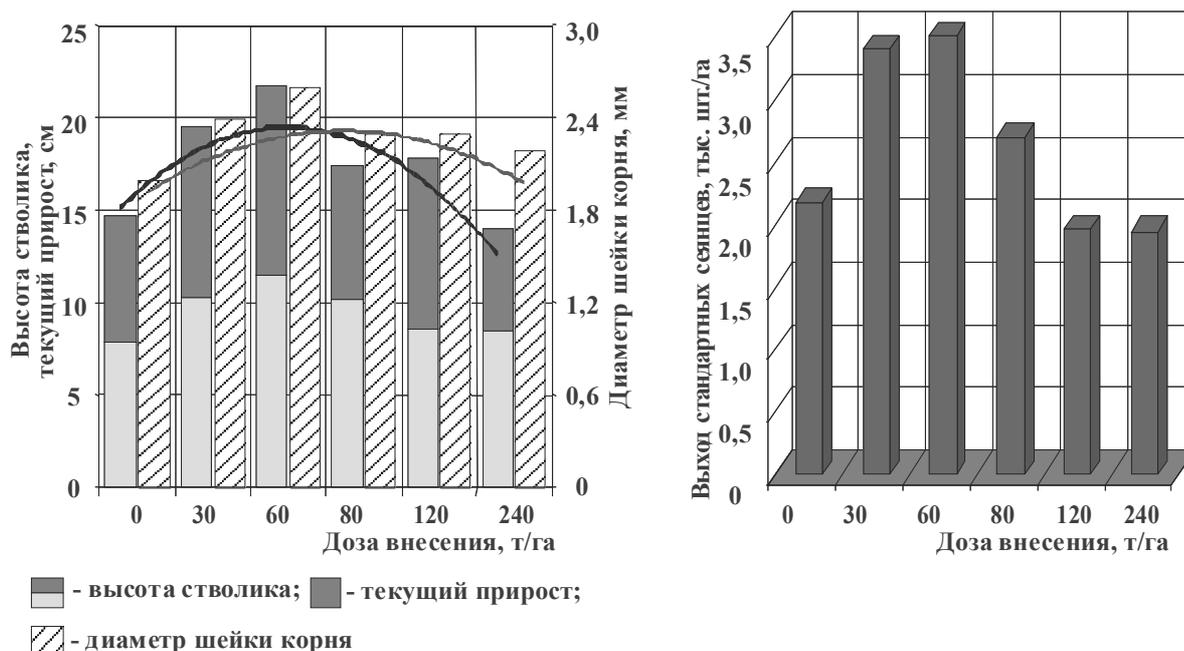


Рис. 1. Влияние внесения нетрадиционных удобрений в различных дозах на рост

и выход трехлетних сеянцев ели европейской (Мушмаринский лесной питомник, 1998 год)

Другим направлением использования органических отходов при лесовыращивании и повышении продуктивности лесных насаждений является разработанная нами технология выращивания сеянцев с закрытой корневой системой в контейнерах с использованием субстратов на основе отходов деревообработки, деревопереработки и коммунального хозяйства [14]. При этом органические отходы могут быть использованы в качестве добавок к низинному торфу или для производства компостов, на основе которых можно получать субстраты.

Введение в состав субстрата на основе низинного торфа нейтрализованного гидролизного лигнина позволило существенно улучшить свойства субстрата и получить более качественный посадочный материал с закрытыми корнями (табл. 6).

Таблица 6

**Влияние введения гидролизного лигнина (ГЛ) в состав субстрата на основе низинного торфа на биометрические показатели сосны обыкновенной, выращенных в контейнерах (Ардатовский лесхоз Республики Мордовия, 2003 год)**

Доля ГЛ, %	Высота стволика, см	Диаметр шейки корня, мм	Длина корневой системы, см	Масса 100 растений, г		
				хвои	стволиков	корней
0	6,1	1,37	9,1	17,1	7,1	9,0
10	6,9	1,66	22,7	15,0	6,7	17,5
20	11,4	1,81	27,8	18,1	9,0	10,5
30	8,6	1,49	26,8	13,5	4,1	10,2
40	5,9	1,24	14,1	10,2	2,9	5,0
50	5,1	1,03	10,9	9,5	2,5	3,8
НСР <sub>05</sub>	1,489	0,350	3,915	0,825	1,834	4,318

Компост на основе осадков сточных вод и опилок по своим свойствам близок к субстрату на основе верхового торфа, всхожесть и сохранность всходов на этом субстрате существенно выше, чем при использовании субстрата на основе низинного торфа. Сеянцы лиственницы, выращивание которых производилось на компостах, полученных путем компостирования осадков сточных вод и различных видов опилок (компост 1 – хвойные опилки, компост 2 – лиственные опилки, компост 3 – смесь хвойных и лиственных опилок, компост 4 – компост, не прошедший все стадии компостирования), в четыре и более раза превышали по высоте сеянцы, выращенные на низинном торфе, по диаметру шейки корня – более чем в два раза (табл. 7).

Таблица 7

**Влияние вида субстрата на биометрические показатели однолетних сеянцев лиственницы сибирской, выращиваемых в контейнерах (Ботанический сад МарГТУ, 2006 год)**

Вид субстрата	Высота стволика, см	Диаметр шейки корня, мм	Длина корневой системы, см	Масса 100 растений, г.			
				хвои	стволиков	корней диаметром	
						>1мм	<1мм
Низинный торф	2,7	1,3	9,5	3,9	2,7	1,9	3,7
Компост 1	11,4	2,6	9,8	22,4	15,4	7,6	6,0
Компост 2	10,8	3,0	19,1	16,9	48,7	8,3	9,6
Компост 3	12,7	2,6	7,1	17,8	18,0	6,6	7,3
Компост 4	3,2	1,3	6,7	3,1	2,8	1,3	3,3
НСР <sub>05</sub>	2,55	0,35	0,99	4,98	5,26	0,85	0,76

Исследования показали, что использование нетрадиционных удобрений существенно повышает продуктивность плантационных культур ивы на лозу. Внесение компоста на основе осадков сточных вод, опилок и растительных остатков в дозе около 350–350 т/га позволило получить максимальный урожай лозы для плетения, так как совокупный показатель урожайности с единицы площади при данных дозах был максимальным (рис. 2).

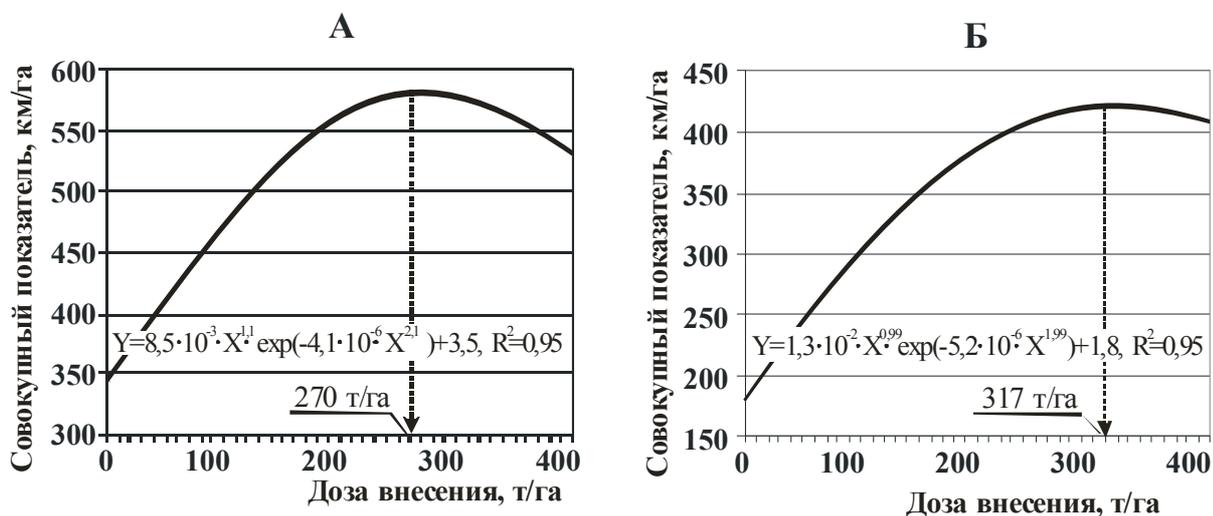


Рис. 2. Зависимость продуктивности кустарниковых ив (А – сорт «Лозинка»; Б – сорт «Трехтычинковая Улучшенная») при внесении различных доз нетрадиционных органических удобрений (Мушмаринский лесной питомник, 2006 год).

Таким образом, основными направлениями применения органических отходов в лесном хозяйстве могут являться: переработка отходов в нетрадиционные удобрения с последующим внесением в почву для повышения почвенного плодородия лесных питомников и плантаций, использование в качестве субстратов для выращивания сеянцев в контейнерах, использование однородных органических отходов (гидролизный лигнин, опилки) в качестве мульчирующего материала для борьбы с сорной травянистой растительностью и оптимизации условий выращивания растений. Это позволяет усилить рост растений и повысить продуктивность лесных насаждений.

**Заключение.** На основе изложенного выше можно сделать следующие выводы:

1. Использование органических отходов в лесном хозяйстве для повышения продуктивности насаждений требует комплексного подхода и должно учитывать различные, но тесно связанные между собой аспекты, – агроэкологические, технологические, управленческие и экономические.
2. Применение органических отходов в лесном хозяйстве возможно только в технологических процессах с относительно коротким циклом производства и на участках с высокой интенсивностью ведения лесного хозяйства.
3. Для использования органических отходов в лесном хозяйстве необходима разработка нормативно-технической документации, в которой должны быть отражены основные правила экологической безопасности применения органических отходов и продуктов на их основе.
4. Основным направлением применения органических отходов в лесном хозяйстве является производство нетрадиционных удобрений и субстратов, использование которых позволяет повысить почвенное плодородие, интенсифицирует рост древесных и кустарниковых растений в лесных питомниках, теплицах и лесных плантациях.

Список литературы

1. *Еремин, Н.В.* Система машин в лесном хозяйстве: учеб. пособие / Н.В. Еремин. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2003. – 308 с.
2. *Романов, Е.М.* Выращивание сеянцев древесных растений: биоэкологические и агротехнические аспекты: научное издание / Е.М. Романов. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2000. – 500 с.
3. *Ведерников, Н.М.* Выращивание сеянцев в питомниках Чувашской республики / Н.М. Ведерников, П.Т. Тихонов // Лесное хозяйство. – 1996. – №1. – С. 40–41.
4. *Степанов, Л.И.* Наставление по выращиванию посадочного материала древесных и кустарниковых пород в лесных питомниках РСФСР / Л.И. Степанов, В.П. Яркин, Ю.А. Сандомирский и др. – М.: Лесная промышленность, 1979. – 175 с.
5. Государственный доклад О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2005 году. – М.: АНО «Центр международных проектов», 2006. – 500 с.
6. *Романов, Е.М.* Эффективность применения НОМУЛП в качестве мелиорантов дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почв / Е.М. Романов, Т.В. Нуреева // Лесное хозяйство. – 1997. – №1. – С. 30–32.
7. *Калугина, З.С.* Компосты из коры: Технические условия ОСТ 56-56-83 / З.С. Калугина, Л.В. Меньшикова, А.А. Шамин, А.С. Синников: Издание официальное. – М., 1984. – 12 с.
8. *Романов, Е.М.* Утилизация осадков сточных вод г. Пензы в лесных и декоративных питомниках / Е.М. Романов. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 1997. – 44 с.
9. *Мартынюк, А.А.* Применение осадков сточных вод в целях лесобиологической рекультивации полигонов складирования промышленных отходов / А.А. Мартынюк, В.Н. Кураев, Л.Л. Коженков // Современные проблемы почвоведения и экологии: сб. статей. Ч.2. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. – С. 184–188.
10. *Кураев, В.Н.* Применение местных удобрений и почвенных мелиорантов в лесном хозяйстве / В.Н. Кураев, Н.Ф. Маврина, И.Б. Бахолдина // Обзорн. информ. – М.: ВНИИЦлесресурс, 1994. – 32 с. (Лесоводство и лесоразведение, ISSN 0135-6178. Вып 2).
11. *Риджал, И.Б.* Реакция пыльцы сосны обыкновенной на внесение в почву осадков сточных вод / И.Б. Риджал // Лесопользование и воспроизводство лесных ресурсов: науч. труды. – Вып. 303. – М.: МГУЛ, 2000. С. 186–191.
12. *Романов, Е.М.* Технология механизированного выращивания ивы на лозу с применением нетрадиционных органических удобрений / Е.М. Романов, Д.И. Мухортов, Д.А. Трегубов, К.А. Копылов // Лесное хозяйство. – 2006. – № 6. – С. 43–45.
13. *Романов, Е.М.* Лесные культуры. Производство и применение нетрадиционных органических удобрений в лесных питомниках: учеб. пособие / Е.М. Романов, Т.В. Нуреева, Д.И. Мухортов. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001. – 156 с.
14. *Романов, Е.М.* Выращивание сеянцев с закрытой корневой системой в малых тепличных комплексах / Е.М. Романов, А.В. Ушнурцев, Д.И. Мухортов, Ю.Н. Гагарин // Лесное хозяйство. – 2007. – №1. – С. 26–27.

Поступила в редакцию 12.06.07.

## СЕМЕНОШЕНИЕ ХВОЙНЫХ ИНТРОДУЦЕНТОВ БОТАНИЧЕСКОГО САДА МарГТУ

*Приведены данные по динамике вступления в пору семеношения интродуцированных в Ботаническом саду МарГТУ растений семейства Pinaceae. Более ранние сроки перехода в генеративную фазу онтогенеза характерны для образцов более северного происхождения и местной семенной репродукции. На примере сосны корейской дан подробный анализ закономерностей изменчивости шишек и семян, формирующихся в экологических условиях пункта интродукции.*

**Введение.** В настоящее время отдел голосеменных растений представлен примерно 800 видами, относящимися к 4 классам, 11 – 16 семействам; самый многочисленный класс (около 600 видов) – хвойные. Несмотря на свою малочисленность, голосеменные играют важную средообразующую функцию на значительных территориях планеты. Многие голосеменные отличаются быстрым ростом, высоким качеством древесины, декоративностью. Около 200 видов голосеменных растений, в основном хвойных, являются объектами лесного хозяйства и активно используются человеком как источник сырья для многих отраслей народного хозяйства. Многие издавна интродуцируются: в России их общее число превысило 170 видов [1, 2]. В Ботаническом саду МарГТУ (далее Ботсад) работы по интродукции голосеменных были начаты в 1939 году.

**Целью** настоящего сообщения является анализ закономерностей семеношения интродуцированных в Ботсаду таксонов из родов *Abies*, *Picea*, *Pinus*, *Pseudotsuga*.

Характеристика объектов исследования приведена в табл. 1 – 4.

Таблица 1

Характеристика интродуцированных таксонов пихты

Название таксона	Происхождение	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр ствола, см	Наличие семеношения (возраст)
<i>A. alba</i>	Ивано-Франковская обл., растения	26	2–4,5	3–7	-
<i>A. balsamea</i>	Липецкая ЛОСС, растения	56	10,5	15	+ (40)
<i>A. concolor</i>	г. Прага, семена	18	1,2–2,5	2–3	-
<i>A. concolor</i> ‘Violacea’	Липецкая ЛОСС, растения	31	5	17	+ (25)
<i>A. fraserii</i>	Липецкая ЛОСС, растения	31	3–8,6	6–18	+ (25)
<i>A. holophylla</i>	Неизвестно	~ 31	7,1	23	+ (~30)
<i>A. lasiocarpa</i>	Липецкая ЛОСС, растения	31	4–5	6–16	+ (25)
<i>A. nephrolepis</i>	Неизвестно	~ 51	8,2–13,3	18–22	+ (~39)

Из 10 интродуцированных таксонов пихты 7 вступили в генеративную фазу развития. Пихта кавказская и пихта одноцветная имеют удовлетворительное состояние, I балл зимостойкости, но не семеносят, так как находятся на ранних этапах онтогенеза (например, пихта кавказская в естественном ареале начинает семеносить с 30–60 лет). Пихта белая характеризуется неудовлетворительным состоянием, зимостойкость у разных деревьев в разные годы варьирует от I до V.

Таблица 2

## Характеристика интродуцированных видов ели

Название таксона	Происхождение	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр ствола, см	Наличие семеношения (возраст)
<i>P. ajanensis</i>	Дальний Восток, семена	53	4–8	5–16	+ (45)
<i>P. asperata</i>	ГБС, г. Москва, растения	21	1,8–3	-	+ (13)
<i>P. glauca</i>	УСХА, г. Киев, семена	46	5,5–7,5	7–15	+ (29)
<i>P. glauca</i>	ГБС, г. Москва, растения	23	2,5–4	4–6	+ (10)
<i>P. glehnii</i>	Неизвестно	~48	1,1–7,5	1–14	+ (~32)
<i>P. koraiensis</i>	Липецкая ЛОСС, семена	39	4–15,5	4–21	+ (31)
<i>P. mariana</i>	ГБС, г. Москва, растения	25	3,5–6,5	6–11	+ (10)
<i>P. omorica</i>	ГБС, г. Москва, растения	23	1,3–4,1	2–4	+ (20)
<i>P. pungens</i>	Неизвестно	~49	4,5–9	12–22	+ (~42)
<i>P. pungens</i>	Липецкая ЛОСС, растения	47	3,4–18	9,6–35,9	+ (?)
<i>P. rubra</i>	ГБС, г. Москва, растения	22	1,9–3(18)	-	+ (18)
<i>P. schrenkiana</i>	г. Н. Новгород, растения	21	0,7–1	-	-

Из 10 экзотов рода ель 9 вступили в генеративную фазу развития. Ель Шренка находится в неудовлетворительном состоянии, балл зимостойкости варьирует от IV до VI. Следует отметить, что три североамериканских вида (ель канадская, е. черная и е. красная) и один дальневосточный (е. шероховатая) начали семеносить до 20-летнего возраста: 10, 10, 18 и 13 лет, соответственно. Кроме того, растения ели канадской более южного происхождения (г. Киев) вступили в пору семеношения на 19 лет позже (29 лет) по сравнению с растениями более северного происхождения (г. Москва) – с 10 лет.

Таблица 3

## Характеристика интродуцированных видов сосны

Название таксона	Происхождение	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр ствола, см	Наличие семеношения (возраст)
<i>P. banksiana</i>	Орловская ЛОСС	~62	13,5–21,5	11–37,7	+ (?)
<i>P. banksiana</i>	Ботсад МарГТУ, семена	9	0,4–0,8	-	+ (6)
<i>P. cembra</i>	Ивано-Франковская обл., растения	30	4–6,5	5–10,5	+ (26)
<i>P. x funebris</i>	Дальний Восток, семена	32	2,6	-	+ (24)
<i>P. kochiana</i>	г. Хорог, Таджикистан, семена	18	1,8	1	-
<i>P. koraiensis</i>	Раифский дендрарий, растения	69	7,5–11,5	11–26	+ (?)
<i>P. koraiensis</i>	Дальний Восток, семена	49	5,5–9,5	15,6	+ (29)
<i>P. mugo</i>	Липецкая ЛОСС, семена	36	4–4,5	6–7	+ (21)
<i>P. mugo</i>	ГБС, г. Москва, растения	18	0,7	-	-
<i>P. murraiana</i>	Неизвестно	~60	6,5–15	4,7–16	+ (?)

Окончание табл. 3

Название таксона	Происхождение	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр ствола, см	Наличие семеношения (возраст)
<i>P. nigra</i>	г. Саласпилс, семена	18	1–2,5	-	-
<i>P. pallasiana</i>	г. Ставрополь, семена	16	1,3	-	-
<i>P. peuce</i>	ЛТА, г. Санкт-Петербург, семена	30	3,8–7	4–14	+ (21)
<i>P. pumila</i>	Магаданская обл., семена	26	0,3–0,9	-	+ (26)
<i>P. sibirica</i>	Раифский дендрарий, растения	67	3,7–12,3	3–13	+ (?)
<i>P. strobus</i>	г. Вильнюс, семена	36	7–9,5	20–33	+ (25)
<i>P. strobus</i>	Латвия, семена	18	1,8–3,5	1–4	-

Из 13 видов сосны, интродуцированных в Ботсаду, 10 вступили в генеративную фазу развития и начали семеносить с 6–29-летнего возраста. Не семеносят растения сосны Коха (18 лет, сильное угнетение), с. горной (18 лет), с. черной (18 лет), с. Палласа (16 лет) и с. веймутовой (18 лет). Все они находятся на ранних этапах онтогенеза. Следует отметить ранний возраст вступления в пору семеношения (с 6 лет) растений сосны Банка, выращенных из семян местной репродукции.

Растения лжетсуги Мензиса местной репродукции также раньше вступают в фазу семеношения (16 лет) по сравнению с материнскими (32 года).

Таблица 4

## Характеристика интродуцированных видов лжетсуги

Название таксона	Происхождение	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр ствола, см	Наличие семеношения (возраст)
<i>P. menziesii</i>	Раифский дендрарий, растения	68	7–17	7–31	+ (32)
<i>P. menziesii</i>	Липецкая ЛОСС, семена	46	4–6,5	-	+ (?)
<i>P. menziesii</i>	Ботсад МарГТУ, семена	23	9,3	14	+ (16)
<i>P. caesia</i>	Липецкая ЛОСС, семена	40	-	-	-
<i>P. caesia</i>	ГБС, г. Москва, растения	26	-	-	-

**Методы исследований.** Высоту и диаметр ствола измеряли по общепринятым лесоводственно-таксационным методикам. Деление деревьев на категории устойчивости против обезвоживания хвои – по методике [3]. Полевые материалы обработаны методами описательной статистики, корреляционного и дисперсионного анализов по алгоритмам, имеющимся в литературе [4 – 6], с использованием пакетов статистических прикладных программ Excel 2003, Statistica 5,0.

Одним из критериев успешности интродукции растений при оценке уровня их акклиматизации является вступление в генеративную фазу развития и качественные характеристики пыления и семеношения. Как было сказано выше, 27 таксонов родов ель, лжетсуга, пихта и сосна, выращиваемых в открытом грунте, вступили в генеративную фазу развития. Семеносят с различной периодичностью.

Линейные размеры шишек 20 интродуцированных таксонов и одного местного вида (пихты сибирской), формирующихся в условиях интродукции и в естественном ареале, представлены в табл. 5.

Таблица 5

## Размеры шишек интродуцированных видов хвойных

Название таксона	Длина, см			Диаметр, см		
	$X_{cp} \pm m_x$	V, %	в естественном ареале	$X_{cp} \pm m_x$	V, %	в естественном ареале
<i>A. balsamea</i>	$6,2 \pm 0,05$	5,3	5 – 7	$2,5 \pm 0,04$	12,0	2 – 2,5
<i>A. concolor</i> ‘ <i>Violacea</i> ’	$7,7 \pm 1,64$	9,4	7 – 14	$3,9 \pm 0,09$	5,1	3 – 5
<i>A. fraserii</i>	$6,2 \pm 0,07$	15,4	3 – 5	$2,3 \pm 0,02$	10,5	2 – 2,5
<i>A. holophylla</i>	$7,1 \pm 0,08$	7,0	7,5 – 14	$3,3 \pm 0,03$	5,1	3 – 4
<i>A. nephrolepis</i>	$6,0 \pm 0,11$	13,1	5 – 6,5	$2,7 \pm 0,04$	10,2	2 – 3
<i>A. sibirica</i>	$6,1 \pm 0,17$	19,5	5 – 9	$2,6 \pm 0,2$	6,6	2 – 4
<i>A. veitchii</i>	$6,3 \pm 0,07$	8,3	4,5 – 8	$2,5 \pm 0,02$	6,7	2 – 2,5
<i>P. banksiana</i>	$5,1 \pm 0,18$	11,5	3 – 5	$2,6 \pm 0,11$	13,8	2 – 3
<i>P. x funebris</i>	$3,3 \pm 0,07$	15,8	5	$1,5 \pm 0,03$	12,0	2 – 2,5
<i>P. koraiensis</i>	$13,9 \pm 0,04$	13,8	7 – 17	$8,5 \pm 0,03$	13,3	5 – 9
<i>P. mugo</i>	$4,0 \pm 0,06$	12,3	2 – 7	$2,0 \pm 0,02$	10,1	1,5 – 2
<i>P. peuce</i>	$9,4 \pm 0,13$	19,4	8 – 15	$3,4 \pm 0,07$	28,7	4 – 5
<i>P. strobus</i>	$11,7 \pm 0,08$	10,5	8 – 15	$3,2 \pm 0,04$	17,8	4
<i>P. menziesii</i>	$5,4 \pm 0,04$	12,3	5 – 10	$2,2 \pm 0,02$	14,2	2
<i>P. asperata</i>	$7,5 \pm 0,23$	12,4	8 – 10	$3,4 \pm 0,08$	9,8	3
<i>P. glauca</i>	$4,2 \pm 0,08$	13,8	3,5 – 6	$2,1 \pm 0,03$	11,6	1,2 – 2
<i>P. hondoensis</i>	$10,3 \pm 0,11$	7,8	-	$2,9 \pm 0,03$	7,8	-
<i>P. koraiensis</i>	$13,2 \pm 0,19$	10,0	-	$4,5 \pm 0,06$	8,6	-
<i>P. mariana</i>	$2,3 \pm 0,02$	7,2	2 – 3,5	$1,6 \pm 0,02$	8,2	1,5
<i>P. omorica</i>	$3,2 \pm 0,09$	19,1	3 – 6	$1,1 \pm 0,03$	18,9	-
<i>P. pungens</i>	$7,7 \pm 0,10$	9,4	6 – 10	$3,2 \pm 0,03$	6,0	2 – 3

Примечания: здесь и далее  $X_{cp} \pm m_x$  – среднее выборочное значение признака с оценкой ошибки среднего; V – коэффициент вариации; размеры шишек в естественном ареале приведены по литературным данным [7, 8, 9].

Данные табл. 5 свидетельствуют о соответствии линейных размеров шишек интродуцированных видов аналогичным показателям, приводимым в литературе для естественного ареала произрастания соответствующих видов. Исключение составили три вида с шишками меньших размеров (*P. x funebris*, *A. holophylla* и *P. asperata*). Линейные размеры шишек являются систематическими признаками вида, поэтому характеризуются низким уровнем индивидуальной изменчивости в условиях естественного произрастания. В условиях Ботсада уровень индивидуальной изменчивости длины и диаметра формирующихся шишек не превышает пределов нижней нормы (коэффициенты вариации колеблются от 5,1 % до 28,7 %).

Некоторые закономерности формирования шишек и семян рассмотрим на примере сосны корейской, так как в коллекции Ботсада имеется более 20 семеносящих деревьев, причем регулярно семеносит с 1988 года.

Возрастная динамика вступления деревьев сосны корейской в пору семеношения выглядит следующим образом. Первый урожай шишек в небольшом количестве был собран в 1988 году. С 1990 года, когда растениям было 32 года, макростробилы образовывались почти ежегодно (исключение – 2000, 2001 гг.). За шесть лет к 37-летнему

возрасту количество семеносящих деревьев увеличилось с 37 до 101 дерева (28,9 % до 80,8 %) и в последующие годы в соответствии с естественными ритмами формирования урожая колебалось около этой цифры. Возрастная динамика вступления в пору мужалости деревьев сосны корейской разных категорий устойчивости против обезвоживания хвои представлена в табл. 6.

Таблица 6

**Возрастная динамика вступления в фазу семеношения деревьев сосны корейской разных категорий устойчивости против обезвоживания хвои**

Год	Количество семеносящих деревьев, %		
	устойчивые	чувствительные	всего
1990	33,3	21,0	28,9
1991	26,7	15,8	22,6
1992	40,0	15,8	38,3
1993	86,7	68,4	78,9
1994	100,0	63,2	81,2
1995	93,3	66,7	80,8
1998	61,5	63,2	62,5
1999	60,0	63,2	61,7
2002	60,0	31,6	40,6
2004	73,3	68,4	70,3

Можно видеть, что деревья устойчивой категории сосны корейской раньше переходят из виргинильной в генеративную фазу онтогенеза. В 36-летнем возрасте семеновило 100 % деревьев устойчивой категории, 63,2 % деревьев чувствительной категории, всего в популяции – 81,2 %. Меньший процент семеносящих деревьев устойчивой категории в 1998 и 1999 годах по сравнению с чувствительными, вероятно, было связано с биологическими особенностями периодичности семеношения сосны корейской и очень высоким процентом семеносящих деревьев устойчивой категории в предыдущие годы.

Биометрические показатели шишек, формирующихся на деревьях разной категории устойчивости (табл. 7), также отличаются по размерам и количеству формирующихся в них семян на статистически достоверном уровне.

Таблица 7

**Биометрические показатели шишек деревьев сосны корейской разных категорий устойчивости (урожай 2004 года)**

Категория устойчивости	Длина, см		Диаметр, см		Сухая масса, г		Количество семян, шт.		Выход семян, %	
	$X_{cp} \pm m_x$	V, %	$X_{cp} \pm m_x$	V, %	$X_{cp} \pm m_x$	V, %	$X_{cp} \pm m_x$	V, %	$X_{cp} \pm m_x$	V, %
Среднее популяционное (N=1077)	14,1±0,05	10,8	8,8±0,02	8,5	147,7±1,02	22,7	123±0,8	21,5	57,1±0,20	11,8

Окончание табл. 7

Категория устойчивости	Длина, см		Диаметр, см		Сухая масса, г		Количество семян, шт.		Выход семян, %	
	$X_{cp} \pm m_x$	V, %	$X_{cp} \pm m_x$	V, %	$X_{cp} \pm m_x$	V, %	$X_{cp} \pm m_x$	V, %	$X_{cp} \pm m_x$	V, %
Устойчивые (N=150)	14,7±0,12	10,4	9,1±0,06	7,5	162,4±2,68	20,2	129±2,0	18,6	57,9±0,44	9,3
Чувствительные (N=152)	13,7±0,14	12,4	8,8±0,05	7,6	145,3±2,66	22,7	118±2,1	21,8	56,8±0,49	10,6
$t_d$	5,42		3,84		4,53		3,79		1,67	

Примечание: значение критерия Стьюдента ( $t_{st}$ ) при уровне значимости 5 % – 1 % – 0,1 % : 1,96 – 2,58 – 3,29

**Результаты** дисперсионного анализа показали, что принадлежность деревьев сосны корейской к той или иной категории устойчивости против обезвоживания хвои мало влияет на биометрические показатели формирующихся шишек (табл. 8).

Таблица 8

**Влияние категории устойчивости деревьев сосны корейской на биометрические показатели шишек**

Показатель	Сумма квадратов	Число степеней свободы	Средние квадраты	F фактический	F критический	Доля влияния, %
Длина	56,48	2	28,24	12,54	3,02	7,14
Диаметр	8,06	2	4,03	7,48	3,02	4,14
Количество семян в шишке	20610,22	2	10305,11	16,16	3,02	9,18
Масса 1000 шт. семян	347916,80	2	173958,39	7,79	3,02	4,33

Погодичная изменчивость линейных размеров шишек сосны корейской представлена в табл. 9.

Таблица 9

**Биометрические показатели шишек сосны корейской разных годов сбора урожая**

Год	Длина, см		Диаметр, см	
	$X_{cp} \pm m_x$	V, %	$X_{cp} \pm m_x$	V, %
1988	14,0 ± 0,13	10,6	8,3 ± 0,07	10,0
1993	13,6 ± 0,26	11,9	8,1 ± 0,12	9,1
1994	15,0 ± 0,09	10,6	9,5 ± 0,05	11,0
1998	13,5 ± 0,07	13,3	8,1 ± 0,04	12,9
2002	13,5 ± 0,06	14,3	8,2 ± 0,03	12,1
2004	14,1±0,05	10,8	8,8±0,02	8,5

Можно видеть, что линейные размеры шишек сосны корейской разных годов формирования незначительно отклоняются от среднего многолетнего значения (длина шишки – 13,9 ± 0,04 см, диаметр шишки – 8,5 ± 0,03 см) и, вероятно, зависят от погод-

ных условий периода их формирования. Так,  $t_d$  длины шишки 1994 и 2002 гг. составляет 13,86, диаметра – 22,3, что свидетельствует о существенности различия на 0,1 % уровне значимости.

Коэффициенты корреляции биометрических показателей шишек сосны корейской приведены в табл. 10.

Таблица 10

**Коэффициенты корреляции биометрических показателей шишек сосны корейской**

Показатели	Длина, см	Диаметр, см	Сырая масса, г	Сухая масса, г	Количество семян, шт.	Масса семян в шишке, г	Выход семян, %
Диаметр, см	0,446	1	-	-	-	-	-
Сырая масса, г	0,641	0,583	1	-	-	-	-
Сухая масса, г	0,739	0,609	0,744	1	-	-	-
Количество семян, шт.	0,582	0,370	0,505	0,735	1	-	-
Масса семян в шишке, г	0,664	0,509	0,716	0,906	0,764	1	-
Выход семян, %	0,067	0,001	0,094	0,135	0,354	0,523	1
Масса 1000 шт. семян, г	0,145	0,179	0,429	0,232	-0,177	0,279	0,167

Несмотря на тесную связь массы семян в шишке с рядом изученных биометрических показателей (массы шишки и количества формирующихся в шишке семян), обращает на себя внимание практически полное отсутствие прямой прямолинейной связи процентного выхода семян из шишки и массы 1000 штук семян. Вероятно, эти важные для производства показатели коррелируют с другими, нами пока не найденными признаками, либо носят криволинейный характер связи, что является одним из направлений наших дальнейших исследований.

Результаты анализа индивидуальной и эндогенной изменчивости длины, диаметра, массы шишек и процентного выхода семян сосны корейской урожаев 1998, 1999, 2002 и 2004 годов представлены в табл. 11.

Таблица 11

**Изменчивость шишек сосны корейской, %**

Признак	Год сбора урожая	Эндогенная изменчивость			Индивидуальная изменчивость
		лимиты	средние значения	стандартное отклонение	
Длина шишки	1998	2,7 – 17,8	7,7 ± 0,55	4,25	12,5
	1999	2,6 – 22,1	11,5 ± 0,52	4,65	17,8
	2002	1,7 – 24,4	9,3 ± 0,46	3,97	14,3
	2004	2,5 – 12,5	6,5 ± 0,34	8,46	10,8
Диаметр шишки	1998	2,2 – 14,4	7,5 ± 0,35	3,04	11,1
	1999	2,4 – 23,0	10,6 ± 0,48	4,31	14,5
	2002	2,0 – 34,1	9,2 ± 0,58	4,85	11,8
	2004	1,9 – 11,1	5,5 ± 0,28	1,94	8,5

Окончание табл. 11

Признак	Год сбора урожая	Эндогенная изменчивость			Индивидуальная изменчивость
		лимиты	средние значения	стандартное отклонение	
Процентный выход семян	1998	1,4 – 25,0	8,7 ± 0,70	8,87	12,8
	1999	7,3 – 98,2	32,8 ± 2,53	10,06	40,9
	2002	2,1 – 54,1	17,3 ± 1,39	12,34	19,1
	2004	1,2 – 19,1	5,2 ± 0,55	3,74	11,8
Масса шишки	1998	2,4 – 42,4	13,6 ± 1,04	5,90	25,0
	1999	4,5 – 50,3	22,2 ± 1,13	21,05	33,0
	2002	5,0 – 55,0	18,2 ± 1,49	11,61	29,5
	2004	5 – 32,5	12,6 ± 0,83	5,68	22,7

Можно видеть, что средняя величина эндогенной изменчивости линейных размеров шишек сосны корейской варьирует от 5,5 % до 11,5 % и находится у нижней отметки нижней нормы варьирования, хотя амплитуда анализируемого показателя может достигать 32,1 %. Средняя величина весовых параметров шишек, как правило, почти в два раза превышает аналогичный показатель линейных параметров, что вполне объяснимо с биологической точки зрения, и варьирует от 5,2 % до 32,8 % при лимитах 1,2 – 98,2 %.

Для более глубокого анализа закономерностей эндогенной изменчивости С.А. Мамаев [10] предложил использовать тип распределения величин, характеризующих тот или иной признак. Для этого нами были использованы кривые распределения линейных размеров и весовых параметров шишек сосны корейской с учетом принадлежности дерева к той или иной категории устойчивости против обезвоживания хвои. Форма кривой характеризовалась показателем асимметрии ( $A_s$ ). При этом предполагалось, что  $A_s = 0 \pm 0,25$  характеризует кривую как близкую к нормальному распределению,  $A_s < -0,25$  – четко выражена отрицательная асимметрия,  $A_s > 0,25$  – выражена правосторонняя асимметрия.

Таблица 12

**Процентное распределение кривых распределения показателей шишек сосны корейской по типам асимметрии и категориям устойчивости деревьев**

Признак	Категория устойчивости	Количество деревьев с типом симметрии кривой распределения, %		
		нормальное	левосторонняя	правосторонняя
Длина шишки	промежуточные	29,8	42,6	27,6
	устойчивые	30,0	50,0	20,0
	чувствительные	33,3	50,0	22,2
Диаметр шишки	промежуточные	23,4	66,0	10,6
	устойчивые	20,0	80,0	0
	чувствительные	16,7	58,3	25,0
Сухая масса шишки	промежуточные	38,3	38,3	23,4
	устойчивые	40,0	60,0	0
	чувствительные	16,7	41,7	41,6
Процентный выход семян	промежуточные	25,5	49,0	25,5
	устойчивые	10,0	40,0	50,0
	чувствительные	0	75,0	25,0

По данным С.А. Мамаева [10], для длины шишек сосны обыкновенной Южного Урала 64 % кривых оказались близки к нормальному распределению, 8 % характеризовались положительной асимметрией, 28 % – отрицательной. Был сделан вывод о том, что «действующий в пределах организма «механизм» стабилизации размеров шишек более резко ограничивает верхний предел величины данных органов, чем нижний. Организму «не выгодно» чрезмерное увеличение размеров генеративных органов, поскольку может происходить слишком большой расход ассимилятов на их формирование, что, в свою очередь, чревато опасностью нарушения некоторых жизненно важных функций растения» [10, с. 47].

По данным наших исследований, для 4 характеристик шишек сосны корейской, произрастающей в условиях интродукции, только 23,6 % кривых характеризуются как близкие к нормальному распределению и более половины (54,2 %) – с отрицательной асимметрией (табл. 12). Данный факт может свидетельствовать о том, что размеры генеративных органов не имеют большого влияния на адаптацию растений к новым условиям произрастания и генетический потенциал растений в большей части расходуется на формирование более значимых для адаптации особи признаков и свойств.

Дисперсионный анализ влияния года формирования шишек сосны корейской на величину эндогенной изменчивости признака показал, что метамерная изменчивость длины шишки на  $12,2 \pm 5,7$  % зависит от года её формирования, диаметр шишки – на  $10,1 \pm 6,0$  %, процентный выход семян из шишек – на  $41,3 \pm 4,2$  % (табл. 13).

Таблица 13

**Влияние года формирования урожая на эндогенную изменчивость параметров шишек сосны корейской**

Показатель	Сумма квадратов	Число степеней свободы	Средние квадраты	F фактический	F критический	Доля влияния, %
Длина	557,81	2	278,91	15,34	7,2	12,2
Диаметр	365,15	2	182,58	12,03	7,2	10,1
Процентный выход семян	17204,51	2	8602,26	71,16	7,2	41,3

Таким образом, можно полагать, что амплитуда эндогенной изменчивости регулируется в процессе взаимодействия индивидуума со средой, причем это регулирование идет в основном по пути ограничения верхних пределов изученных параметров шишек. Нижние пределы стабилизируются менее четко. Принцип гомеостаза функций и строения живых организмов распространяется и на закономерности эндогенной изменчивости, и в нашем случае проявляется в том, что растение обладает свойством саморегулирования эндогенной изменчивости. Оно проявляется в реализации наиболее оптимального типа взаимодействия организма с окружающей средой.

До сих пор в литературе нами не найдено классификаций морфологических, физиологических и биологических признаков и свойств организмов по их значимости и вкладу в адаптации индивидуума к стрессу. Возможно, что в основу построения подобных классификаций может быть положен уровень эндогенной изменчивости и характеристики типов распределения анализируемых признаков.

**Заключение.** На основе изложенного выше можно сделать следующие выводы:

1. Из 40 интродуцированных таксонов родов ель, лжетсуга, пихта и сосна 28 вступили в генеративную фазу развития.
2. Более ранние сроки перехода в генеративную фазу развития характерны для растений более северного происхождения и местных репродукторов.
3. Линейные размеры шишек семеносящих интродуцентов соответствуют аналогичным показателям для естественного ареала.
4. Деревья устойчивой против обезвоживания хвои категории раньше вступают в генеративную фазу развития и формируют более крупные и тяжелые шишки.
5. Биометрические показатели шишек сосны корейской зависят от индивидуальных особенностей, категории устойчивости против обезвоживания хвои материнских деревьев и условий года формирования.
6. Эндогенная изменчивость параметров шишек является признакоспецифической, имеет значительную амплитуду варьирования и зависит от генотипа растения, внешних экологических условий и характера их взаимодействия.

### Список литературы

1. Козубов, Г.М. Современные голосеменные (морфолого-систематический обзор и кариология) / Г.М. Козубов, Е.Н. Муратова. – Л.: Наука, 1986. – 192 с.
2. Шкутко, Н.В. Хвойные экзоты Белоруссии и их хозяйственное значение / В.Н. Шкутко. – Мн.: Наука и техника, 1970. – 269 с.
3. Котов, М.М. Организация лесосеменной базы / М.М. Котов. – М.: Лесная промышленность, 1982. – 137 с.
4. Рокицкий, П.Ф. Введение в статистическую генетику / П.Ф. Рокицкий. – Мн.: Высшая школа, 1978. – 448 с.
5. Котов, М.М. Применение биометрических методов в лесной селекции: учеб. пособие для вузов / М.М. Котов, Э.П. Лебедева. – Горький: ГГУ, 1977. – 120 с.
6. Зайцев, Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике / Г.Н. Зайцев. – М.: Наука, 1984. – 424 с.
7. Деревья и кустарники СССР: Дикорастущие, культивируемые и перспективные для интродукции: в 6 т. / под ред. С.Я. Соколова и Б.К. Шишкина. Т.1: Голосеменные. – М.-Л.: АН СССР, 1949. – С.187–197.
8. Крюссман, Герд. Хвойные породы [пер. с нем.] / Герд Крюссман [ред. и предисловие к.б.н. Н.Б. Гроздовой]. – М.: Лесная промышленность, 1986. – 256 с.
9. Калущий, К.К. Древесные экзоты и их насаждения [Текст]: справочное издание / К.К. Калущий, Н.А. Болотов, Д.М. Михайленко. – М.: Агропромиздат, 1989. – 278 с.
10. Мамаев, С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства Pinaceae на Урале) / С.А. Мамаев. – М.: Наука, 1973. – 284 с.

Поступила в редакцию 20.05.07.

## ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ ЛЕСНОГО ДЕЛА

УДК 630\*624.3

Ю. А. Ширнин, Н. И. Роженцова

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕДУРЫ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЙ РУБОК ЛЕСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС

*Анализируется и автоматизируется процесс создания технологической карты разработки лесосеки с использованием ГИС и программных средств. Представлен алгоритм работы системы, позволяющей осуществлять выбор способов разработки лесосеки, а также процесс приведения лесосечных выделов к правильным геометрическим формам с последующим разбиением на делянки.*

**Введение.** Документом, регламентирующим технологию, организацию работ и охрану труда на лесосеке ( выделе) является технологическая карта. При составлении карты используются материалы лесоустройств, абрис лесосеки, расчетные и нормативные показатели. Технологическая карта должна содержать: таксационные характеристики лесосеки, схему ее разработки с технологическими указаниями, отражающими порядок работы, технико-экономические показатели (ТЭП), сведения о проведении подготовительных работ [1].

На лесопромышленных предприятиях технологическую карту составляют без учета многочисленных факторов и вариантов технологических схем по готовому шаблону. Вместе с тем каждая лесосека имеет свои отличительные свойства: таксационные параметры, площадь, рельеф, форму и т.д.

На сегодняшний день рынок лесозаготовительной техники предлагает множество машин и механизмов как российских, так и зарубежных. Перед лесозаготовителем, взявшим в аренду площадь леса или модернизирующим свои основные фонды, встает вопрос о марке, виде приобретаемого оборудования, которое более всего подходит к условиям лесных участков. Возникает необходимость оценить возможность использования оборудования, занятого на лесозаготовках при работе его по различным технологическим схемам.

**Целью** настоящей работы является разработка процедуры оценки параметров лесосеки, выбора комплекта лесосечных машин и получение технологической карты в автоматическом режиме, используя средства, создающие возможность применения предложенного способа разработки к любой лесосеке. Для этого решаются следующие задачи: выявление и выбор признаков, характерных для различных схем разработки лесосек; представление разрабатываемого участка в виде фигуры (фигур) правильной геометрической формы; определение возможных и выбор оптимального, по заданному

критерию, способа разработки лесосеки; получение схематичного изображения схемы разработки лесосеки для конкретного участка.

### 1. Формирование данных для системы выбора

Способы разработки лесосеки определяются рядом условий, при которых возможно их применение [1–4]. Это может обуславливать возможность разработки участка только по одной схеме, либо по нескольким схемам или же не удовлетворять выбору ни одной. Условия или признаки могут быть общими для ряда участков, а могут принадлежать только одному выделу. Комбинация определенных условий дает представление о месте нахождения разрабатываемого участка, его таксационных характеристиках, почвенно-грунтовых условиях, условиях его размещения в квартале, рельефе местности и т.д. Исходя из сочетания всех имеющихся характеристик, необходимо принять обоснованное решение о выборе технологической схемы разработки лесосеки и комплекта машин.

Для решения данной задачи необходима оценка ряда возможных способов разработки лесосеки. Нужно выявить признаки, которые будут удовлетворять определенной технологической схеме, а именно той, для которой количество подходящих к ней признаков будет наибольшим, по сравнению с другими, альтернативными схемами. Для этой цели предлагается система выбора, реализованная в виде программы, написанной на языке VBA, способной учесть значительное количество оценочных показателей.

Анализировались схемы разработки лесосек, информация о которых содержится в [1–4]. Каждой схеме был присвоен определенный номер. Параметры, характеризующие разрабатываемый лесной участок и определяющие возможность его разработки по конкретной схеме, сведены в табл. 1.

Таблица 1

Оценочная таблица разрабатываемого лесного участка

Параметры, определяющие выбор схемы	Значения параметров	Схема									
		№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9	№10
1. Возраст, лет	21-40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	41-80	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
2. Класс бонитета, ед	1,1А	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2,3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	4,5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
3. Объем хлыста, м <sup>3</sup>	0,15-0,3	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
	0,31-0,55	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
	>0,55	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
4. Почвенные характеристики по категориям:	Первая (сухие пески, каменная почва)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Вторая (супеси, мелкие суглинки)	1	1	1	1	1	1		1	1	1
	Третья (глинистые, супеси с глинистыми прослойками)	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1
	Четвертая (торфянисто-болотные, перегнойно-глеевые)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Окончание табл. 1

Параметры, определяющие выбор схемы	Значения параметров	Схема									
		№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9	№10
5. Рельеф (продольный уклон, °)	0-25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
	26 и выше	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	овраг	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
6. Групповое распределение деревьев (подроста) на участке		0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
7. Вид трелюемой древесины	хлысты	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
	сортименты	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1
9. Наличие подроста		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5	1	1
10. Тяготение деланки к нескольким лесовозным усам		0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
11. Объем заготовки, м <sup>3</sup> /см на бригаду	20-25	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	26-40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
	>=40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Признаки, используемые при построении оценочной таблицы, могут быть либо бинарными, либо принимать значения в диапазоне от 0 до 1 в зависимости от уровня важности того или иного признака для данной технологической схемы. Состав оценочной таблицы может меняться и дополняться, в зависимости от требований, предъявляемых к данной программе.

## 2. Алгоритм работы системы выбора

Программа выбора схемы разработки лесосеки базируется на анализе признаков, характерных для каждой из возможных технологических схем и вынесении рекомендаций в пользу той схемы, которая в максимальной степени удовлетворяет набору признаков анализируемого участка. Для этого в признаковом пространстве формируется набор плоскостей, разделяющих это пространство на подобласти, соответствующие каждой из возможных схем разработки лесосеки. Решение принимается в результате анализа значений, получаемых путем подстановки значений признаков в уравнения разделяющих поверхностей:

$$y_j = \sum_{i=1}^M b_{ji} x_i, \quad j = 1 \dots N, \quad (1)$$

где  $N$  – количество анализируемых схем разработки;  $M$  – количество анализируемых признаков;  $b_{ji}$  – коэффициенты уравнений разделяющих поверхностей;  $x_i$  – значения признаков. После вычисления значений  $y_j$  для всех возможных схем система выносит суждение в пользу схемы с максимальным значением  $y_j$ . В качестве возможных альтернатив могут предлагаться схемы с ближайшими к лидеру значениями  $y_j$ .

Коэффициенты  $b_{ji}$  формируются путем последовательного сопоставления результатов выбора на примерах в соответствии со следующими правилами. Первоначально значения коэффициентов  $b_{ji}$  обнуляются. Затем системе предъявляется вектор  $\mathbf{x}$  параметров, соответствующий схеме с номером  $n$ . В результате вычисления и анализа значений вектора  $\mathbf{y}$  определяется номер схемы  $\hat{n} = j$ , соответствующей  $y_{j_{\max}}$ . Если  $\hat{n} = n$ , то значения коэффициентов  $b_{ji}$  на данном шаге оценки параметров не изменяются и системе предъявляется для анализа новый пример. Если  $\hat{n} \neq n$ , то значения коэффициентов корректируются по следующему правилу:

$$b_{ni} = b_{ni} + x_i, \quad i = 1 \dots M; \quad (2)$$

$$b_{ji} = b_{ji} - x_i, \quad i = 1 \dots M \text{ при } y_j \geq y_{j_{\max}}, \quad j \neq n. \quad (3)$$

Процесс сопоставления заканчивается после того, как по всем предъявляемым для обучения примерам будут вынесены правильные решения.

Алгоритм работы программы выбора схемы разработки лесосеки представлен на рис.1. При его разработке учитывалась методика, изложенная в [5]. ГИС [6] представлена в виде таблиц и карт: почвенной, рельефа, транспортной сети, групп лесов, категорий защитности, таксационных характеристик и т.д. Программа использует эти данные для оценки предложенных ей схем и вынесения решения по поставленной задаче (блок 2). Выбор конкретного участка для исследования осуществляется путем ввода его координат или обозначением на карте. Далее происходит определение границ участка и его размеров (блок 3), (методика изложена в разделе 3 настоящей статьи). Затем из слов (карт) ГИС происходит считывание значений всех необходимых для принятия решений признаков участка (блок 4). Программа позволяет лесопользователю задавать систему машин для разработки лесосеки. В этом случае работа системы будет осуществляться по программе, учитывающей вначале технологические характеристики оборудования, например, тип валочно-пакетирующей машины, а только затем возможные схемы разработки (блок 6,7).

Программа должна сформировать слой, в котором на основании полученных признаков (блок 8) будут представлены все рекомендуемые схемы для указанного участка (блок 9). Выбор конкретной схемы требует проведения экономических и технологических расчетов с целью оптимизации лесозаготовительных работ по заданному критерию. Методика расчета изложена в [7] (блок 10). В итоге выбирается технологическая схема, обеспечивающая минимальные затраты на лесозаготовку (блок 11). Результатом работы программы для поставленной задачи будет изображение рациональной технологической схемы разработки лесосеки по заданному критерию (блок 12).

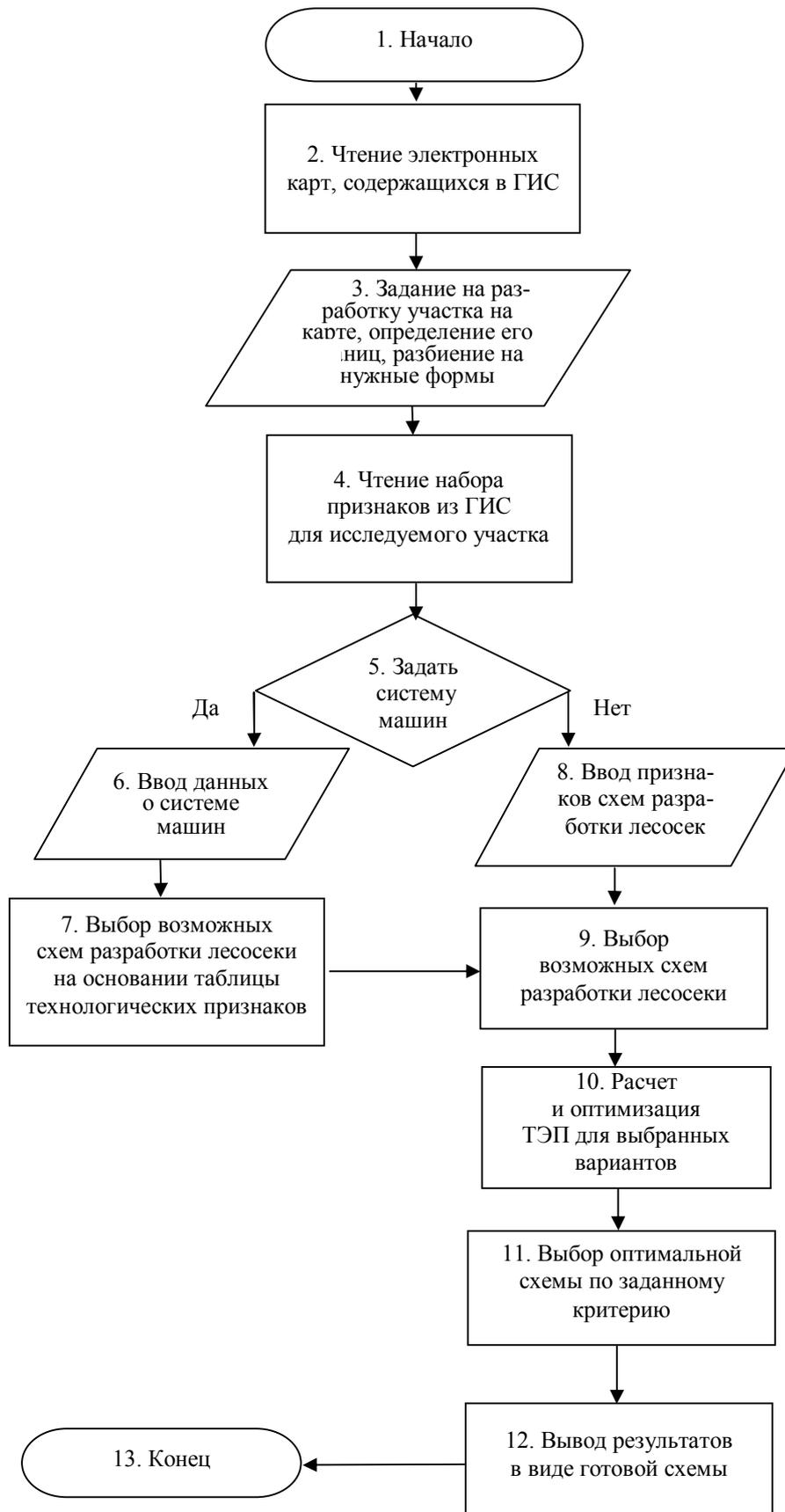


Рис. 1. Алгоритм работы программы выбора схемы разработки лесосеки

### 3. Методика определения границ лесосеки

Все лесные и нелесные земли в пределах одного лесхоза представлены на планшетах по кварталам. Наряду с разбивкой на кварталы имеется разделение на выделы (условно отграниченная площадь, отличающаяся по ряду признаков от окружающих ее участков). Выделы с произрастающим на нем древостоем подвергаются различным видам рубок определенной интенсивности. Разбиение привязывается к границам выделов. Большинство лесных участков, на которых проводятся рубки, имеют неправильную, с точки зрения геометрии, форму. Для наложения на лесосеку технологической схемы ее разработки необходимо привести ее границы к прямолинейной форме, а затем разбить всю площадь на делянки и пасеки. Это разделение необходимо для рационального проведения рубок с учетом технологических, экономических, лесоводственных, лесозащитных и прочих критериев.

Задача состоит в том, чтобы, используя существующую информацию в ГИС в виде карт лесного фонда, производить автоматическое разбиение лесосек и делянок на участки правильной геометрической формы, на которые можно впоследствии наложить соответствующую технологическую схему разработки.

В основу автоматического разбиения лесосек на правильные геометрические формы был взят алгоритм триангуляции (разбиения фигур на треугольники). Исследовались правильные и неправильные выделы различной формы, с наличием прямолинейных и криволинейных участков. На первом этапе обработке в контуре участка выделяются прямолинейные фрагменты. Вторым этапом является объединение точек, задающих концы прямолинейных фрагментов, в треугольники и формирование описанных окружностей вокруг них. Третий этап – это выбор треугольников, описанная окружность которых не содержит внутри себя других точек (вершин). Уравнение значений радиуса  $R$  и координат центра описанной окружности  $(x_0; y_0)$  было выведено из системы уравнений (3.1), полученной на основе уравнения окружности.

$$\begin{cases} \sum_{n=1}^3 ((x_n - x_0)^2 + (y_n - y_0)^2 - R^2) = 0 \\ \sum_{n=1}^3 ((x_n - x_0)^2 + (y_n - y_0)^2 - R^2)(y_n - y_0) = 0, \\ \sum_{n=1}^3 ((x_n - x_0)^2 + (y_n - y_0)^2 - R^2)(x_n - x_0) = 0 \end{cases} \quad (4)$$

где  $x_n; y_n$  – координаты вершин треугольника;  $R$  – радиус описанной окружности;  $n$  – количество вершин.

После решения системы уравнений (4), были получены уравнения (5) и (6) центра описанной окружности, (7) – радиуса описанной окружности:

$$x_0 = \frac{1}{2} \left( \frac{x_1 x_3^2 - x_2 x_3^2 - x_3 y_1^2 + x_3 x_2^2 + x_3 y_2^2 - x_3 x_1^2 + x_2 x_1^2 - x_2 y_1^2 + x_1 y_3^2 - x_1 x_2^2 - x_1 y_2^2}{x_1 x_3 - y_2 y_3 + y_2 x_1 - y_3 x_1 - y_1 x_2 + y_3 x_2} \right); \quad (5)$$

$$y_0 = \frac{1}{2} \left( \frac{x_2 y_1^2 - x_3 y_1^2 - x_1 x_2^2 - x_1 y_2^2 + x_1 y_3^2 - x_2 x_3^2 - x_3 x_1^2 + x_3 x_2^2 + x_2 x_1^2 + x_1 x_3^2 - x_2 y_3^2 + x_3 y_2^2}{y_1 x_2 - y_1 x_3 + y_2 x_3 - y_2 x_1 - y_3 x_2 + y_3 x_1} \right); \quad (6)$$

$$R \leftarrow \sqrt{\sum_{n=0}^2 [(x_n - x_0)^2 + (y_n - y_0)^2]} / 3. \quad (7)$$

Далее рассматриваются все комбинации групп из смежных треугольников и выбирается комбинация, содержащая фигуры, наиболее близкие по форме к геометрически правильным. Для этого использовалась методика контурного анализа [8].

Эталонная фигура и анализируемая комбинация треугольников представляются внешним контуром, задаваемым комплекснозначным кодом. В качестве эталонных задаются фигуры в виде квадратов, прямоугольников, трапеций, ромбов, правильных треугольников. Для каждой комбинации треугольников вычисляется ее мера схожести  $\eta_{m,j}$  в виде модуля нормированного скалярного произведения со всеми правильными фигурами:

$$\eta_{m,j} = \left| \sum_{n=0}^{k-1} v_j(n) \gamma_m^*(n) \right| / \left\| \Gamma_m \right\| \left\| N_j \right\|, \quad m = 0, 1, \dots, M-1, \quad j = 0, 1, \dots, J-1, \quad (8)$$

где  $\Gamma_m$  и  $N_j$  – контуры эталонной геометрической фигуры и комбинации треугольников соответственно;  $M$  – количество эталонных фигур правильной формы;  $m$  – номер эталона;  $J$  – количество групп треугольников;  $j$  – номер группы;  $v_j(n)$  – элементарные векторы контура комбинации треугольников;  $\gamma_m(n)$  – элементарные векторы контуров эталонных фигур. Для выравнивания размерностей контуров эталонов и контуров комбинаций треугольников перед вычислением меры схожести выполняется процедура эквализации (спрямления) контуров. Среди всех эталонных фигур выбирается одна, соответствующая максимальному значению величины  $\eta_{m_{\max},j}$ . Данная процедура повторяется для всех групп треугольников при текущем разбиении фигуры участка, после чего вычисляется интегральный показатель качества для данного разбиения

$$\eta = \sum_{j=0}^{J-1} \eta_{m_{\max},j} / J. \quad (9)$$

После перебора всех возможных разбиений участка на группы выбирается разбиение с максимальным значением величины  $\eta$ .

На рис.2. представлен участок (выдел № 39), на примере которого проводилось разделение на делянки правильной геометрической формы.

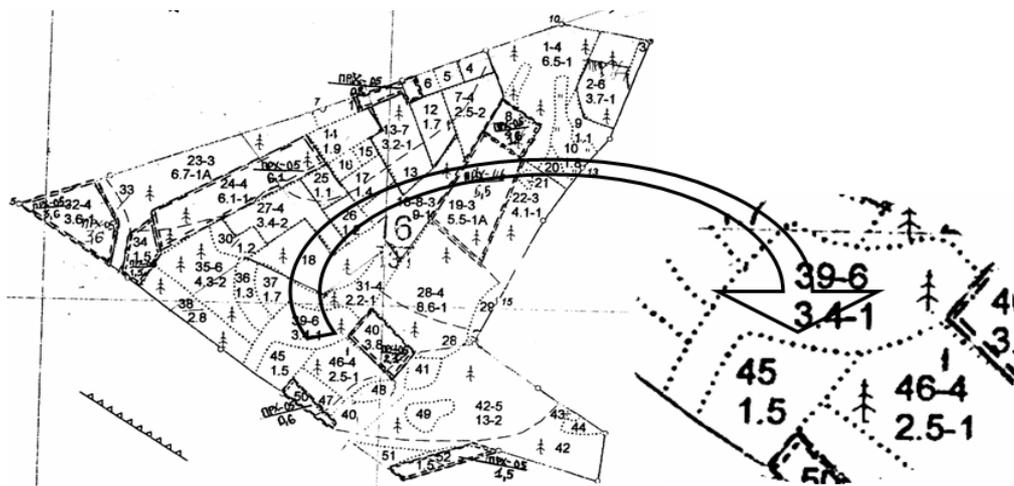


Рис. 2. Пример выбора случайного выдела с целью приведения его форм к геометрически правильным

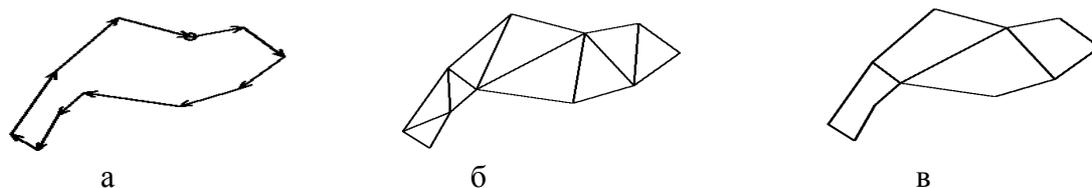


Рис. 3. Разбиение участка по методу триангуляции:  
 а – выделение прямолинейных фрагментов на контуре участка; б – процесс разбиения выдела на треугольники; в – результат разбиения

#### 4. Выбор вариантов схем разработки лесосеки

Процесс выбора того или иного способа разработки основан на анализе всех признаков, которые принадлежат или не принадлежат заложенным в табл. 1 схемам. Такая оценка дается программой после проведения ряда технологических и экономических расчетов, которые определяют уровень затрат на заготовку древесины при работе по выбранным схемам. В качестве примера работы программы был выбран лесной участок – выдел № 18, квартал № 16 Санчурского лесничества со следующими характеристиками, представленными в табл. 2:

Таблица 2

#### Характеристики выдела

Показатель	Значение показателя
Площадь, га	2,6
Порода	сосна
Возраст древостоя, лет	51
Средний объем хлыста, м <sup>3</sup>	0,38
Бонитет, ед.	I
Рельеф	равнина
Запас, м <sup>3</sup> /га	270
Состав подроста, ед. (характеристики)	10Е (высота 1,5 м, 2000 штук на 1га)
Вид ухода	проходная рубка
Изреживание, %	40

Тип условий местопроизрастания (ТУМ) – С2 (свежий сугрудок по классификации П.С. Погребняка). В табл. 1, показатели которой определяют решения программы, нет элемента ТУМ. Необходимо ТУМ привести к почвенной классификации по категориям [9] (табл. 1, показатель № 4). Поскольку сугрудок (С) характеризуется как богатая суглинистая почва, показатель 2 относится к категории «свежий», исходя из ряда гидротопов [4, с. 85]. На этом основании возможно отнесение данного участка ко второй категории, а именно: супеси, мелкие суглинки.

Методика расчета таксационных показателей лесосек изложена в [7]. Представленные выше характеристики участка для осуществления расчетов берутся из базы данных ГИС, где они представлены в табличной форме. Значение любого элемента занимает определенную ячейку таблицы со своим адресом. Адресация необходима для связи данных о выделе, содержащихся в ГИС с программой, принимающей решение о выборе схем разработки.

На основании методики, изложенной в главе 2 настоящей статьи, системой было предложено пользователю четыре варианта схем: №2, №5, №7, №8. В представленном

примере в работу программы было введено так называемое дисциплинирующее условие [10], выраженное в виде условия: трелевка осуществляется сортиментами.

Следующим этапом является расчет экономических затрат по каждой предложенной схеме. Механизм расчета себестоимости и ТЭП изложен в [7]. Производительность машин и оборудования, занятого на лесозаготовке, рассчитывается по методике, изложенной в [1,2,3], ее расчет также рассмотрен в [7].

### 5. Процесс выбора оптимального способа разработки лесосеки. Наложение изображения готовой схемы на разрабатываемый участок

Проведенный расчет экономических показателей для определения себестоимости лесозаготовительных работ по каждому из предложенных вариантов является основой для выбора одного или нескольких оптимальных. Из четырех предложенных, исходя из значения затрат, программа выбрала схему № 2. Способ разработки по этой схеме предполагает использование бензопил на валке и раскряжевке, форвардер – на трелевке. Вариантов сочетания таких машин и механизмов на лесоразработке может быть достаточно много. В связи с этим расчеты проводились для техники российского производства, имеющей широкое распространение на лесозаготовительных работах, а именно валка – б/п типа МП – 5 Урал 2; обрезка сучьев и раскряжевка – б/п типа Крона – 202, Тайга – 214, Хускварна – 242ХР; трелевка – форвардер ТБ–1–16. Величина исследуемой себестоимости заготовки леса по данной схеме составляет 300 рублей на один кубометр древесины. Результатом работы системы выбора является схема разработки лесосеки, представленная на рис. 4.

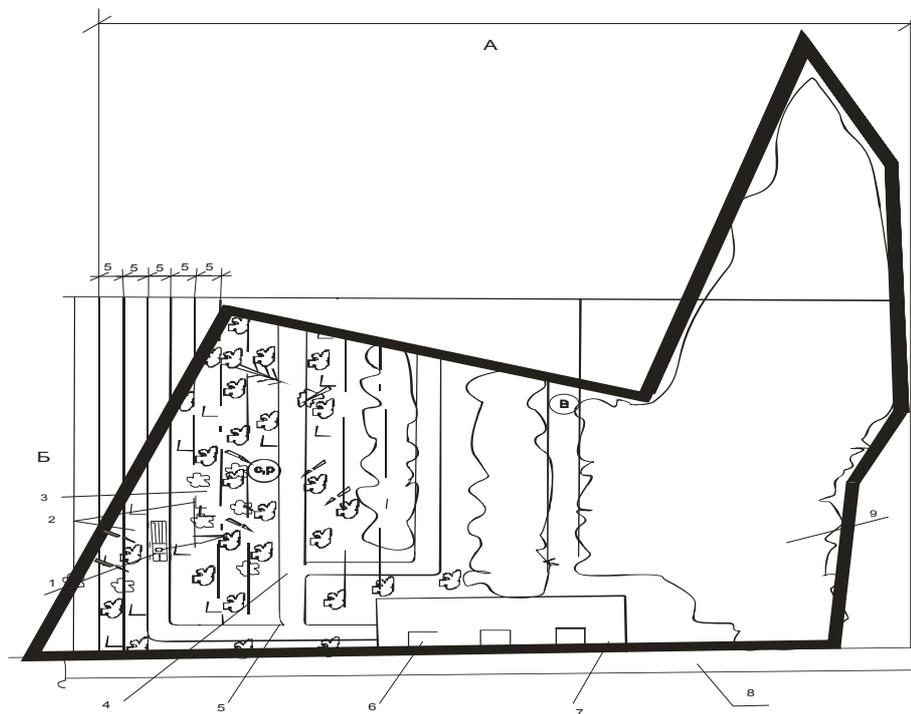


Рис. 4. Схема разработки лесосеки: А, Б – ширина и длина лесосеки;  
 1 – форвардер; 2 – лента, примыкающая к волоку; 3 – отдаленная лента; 4 – сортименты;  
 5 – магистральный волок; 6 – штабель сортиментов; 7 – погрузочный пункт; 8 – ус лесовозной дороги;  
 9 – неразработанный участок лесосеки; С, Р – обрезчик сучьев и раскряжевщик; В – вальщик

Технологическая карта разработки лесосеки наряду со схемой разработки подразумевает и содержание сведений о количестве рабочих в лесозаготовительной бригаде, единицах техники для проведения заготовок, сменности и проч. Эти данные берутся исходя из расчета ТЭП использования машин и механизмов.

**Выводы.** Разработан алгоритм и программа системы выбора технологий рубок леса в автоматическом режиме, отличающаяся использованием данных ГИС и сопоставлением по одиннадцати параметрам, характеризующим разрабатываемый участок. Выбор конкретной схемы базируется на расчетах, учитывающих прогнозируемые экономические и лесохозяйственные показатели, получаемые при ее реализации.

Предложена математическая модель преобразования криволинейных участков контура выдела в прямолинейные.

Использование предлагаемых методик и базирующихся на них программных продуктов позволяет анализировать весь комплекс мероприятий, связанных с созданием технологических карт разработки лесосек.

### Список литературы

1. *Ширнин, Ю.А.* Технология и оборудование малообъемных лесозаготовок и лесовосстановление: учеб. пособие / Ю.А. Ширнин, Ф.В. Пошарников. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001. – 398 с.
2. Технология и эффективность рубок с естественным возобновлением леса: учеб. пособие / Ю.А. Ширнин, Е.И. Успенский, А.С. Белоусов. – Йошкар-Ола: МарПИ, 1991. – 100 с.
3. *Ширнин, Ю.А.* Технология и машины лесосечных работ: курс лекций / Ю.А. Ширнин. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2004. – 304 с.
4. *Набатов, Н.М.* Лесоводство: учеб. пособие. 2-е изд., испр. и дополн. / Н.М. Набатов. – М.: МГУЛ, 2002. – 192 с.
5. *Нейлор, К.* Как построить свою экспертную систему / К. Нейлор; пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 286 с.:ил.
6. *Бугаевский, Л.М.* Геоинформационные системы: учеб. пособие для вузов / Л.М. Бугаевский, В.Я. Цветков. – М., 2000. – 222 с.,ил. 28.
7. Методика обоснования рационального плана рубок промежуточного пользования / Ю.А. Ширнин, Н.И. Роженцова. – Йошкар-Ола: Марийск. гос. техн. ун-т. – 2006. – 22 с.: ил. – Библиогр.: 11 назв. – Рус. – Деп. в ВИНТИ 20.12.06 № 1588 – В2006.
8. Введение в контурный анализ; приложения к обработке изображений и сигналов / Я.А. Фурман, А.В. Кревецкий, А.К. Передреев и др.; под ред. Я.А. Фурмана. – 2-е изд. испр. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – ISBN 5-9221-0374-1. ISBN 5-7120-2258-2.
9. *Возный, В.П.* Машина трелевочная ЛП-18-А и ее модификации / В.П. Возный, П.А. Кожевников, Б.С. Лозицкий. – М.: Лесн. промышленность, 1990. – 176 с.
10. *Венцель, Е.С.* Исследование операций: задачи, принципы, методология / Е.В. Венцель. – М.: Наука, 1980. – 208 с.

Поступила в редакцию 12.04.07.

УДК 676.16:541.183.24

Н. Г. Грунина, Р. И. Винокурова

## ОСОБЕННОСТИ СОРБЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМЕ ЦЕЛЛЮЛОЗА–ВОДНЫЙ РАСТВОР ЭЛЕКТРОЛИТА

*Методами ЯМР-релаксации и ионометрии исследован характер адсорбционных процессов в системе целлюлоза – водный раствор электролита. Установлено, что адсорбция катионов  $\text{Na}^+$  приводит к разрыхлению матрицы целлюлозы, в то время как адсорбция ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  сопровождается уплотнением аморфных областей различных видов целлюлозы и возрастанием их степени кристалличности. Дан анализ стабилизирующей роли двухвалентных ионов в процессах искусственного старения целлюлозных материалов.*

**Введение.** Целлюлоза – важнейший представитель полисахаридов, образующих клеточную стенку растений. Известно, что в процессе технологической обработки целлюлозных волокон в растворах разнообразных электролитов происходит изменение надмолекулярной структуры и физико-химических свойств биополимера.

**Задачей** настоящего исследования являлось изучение характера изменения структуры и сорбционных свойств образцов целлюлозы, прошедших обработку водными растворами электролитов. В качестве основного метода исследования в данной работе был применён ЯМР в его импульсной модификации. Погрешность определения времён спин-спиновой релаксации не превышает 2%.

Для изучения характера сорбционных процессов катионов натрия, магния, кальция и алюминия из нейтральных аквакомплексов  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{AlCl}_3$  использовались образцы древесных и хлопковых видов целлюлозы с различным содержанием карбоксильных групп.

Исследования проводились на релаксометре ЯМР с помощью разработанных нами методик, позволяющих оценить вклад в прочно сорбированную воду со стороны координационно-связанных катионами молекул воды и молекул, связанных с активными центрами самой целлюлозы. Для уточнения информации был использован метод ионометрии, позволяющий определить количество сорбированных целлюлозой катионов по разности концентраций электролита до и после помещения в него исследуемого образца [1,2].

Как следует из полученных с помощью ЯМР-релаксации данных, влияние вида катиона в большей степени сказывается при влагосодержании, превышающем 5–6%. Это свидетельствует, с одной стороны, об аналогичном характере сорбции влаги гидроксильными группами катионных форм целлюлозы, с другой стороны, говорит о том, что вид катиона влияет на процесс набухания. В большей степени этот процесс присущ  $\text{Na}$ -форме, что, по-видимому, связано с особенностями гидратации этих катионов.

Исследования показали существование координационно связанной влаги, обуславливающей так называемую первичную сорбцию (на катионах  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  и  $\text{Al}^{3+}$ ), наряду со вторичной (на гидроксилы поверхности) катионных форм целлюлозы.

При этом было установлено, что наиболее развитой удельной поверхностью обладают образцы  $\text{Mg}$ -,  $\text{Ca}$ -форм целлюлозы. С помощью предварительно выведенных

формулы были определены степень кристалличности  $K$  и плотности аморфных участков ионообменных видов целлюлозы.

#### Структурные показатели катионных форм целлюлозы

Параметры структуры целлюлозы	Катионные формы белевой сульфитной целлюлозы				
	Mg	Ca	Na	Al	H
$K$	0,84	0,815	0,687	0,79	0,73
$\rho_a$ , г/см <sup>3</sup>	1,49	1,481	1,35	1,41	1,419
$\beta$	0,964	0,951	0,865	0,925	0,91

*Примечание:*  $\beta$  – средний коэффициент относительного заполнения аморфных участков целлюлозы.

Данные таблицы подтверждают связующую роль катионов  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$  и  $Al^{3+}$  и разрыхляющую катионов  $Na^+$ .

Иная картина наблюдается при изучении сорбции катионов карбоксилсодержащими целлюлозами из хлопка. С помощью метода ЯМР получена пропорциональная зависимость между содержанием в целлюлозе карбоксильных групп и сорбированных катионов. Установлено, что увеличение концентрации растворов электролитов приводит к росту содержания сорбированных катионов при фиксированном содержании групп  $COOH$  в образце целлюлозы. Большую в количественном отношении сорбцию  $Mg^{2+}$  по сравнению с  $Na^+$  можно объяснить различием гидратации, разным эффектом перезарядки  $\xi$  - потенциалов поверхностей целлюлозы и различной подвижностью этих гидратированных ионов. Очевидно, ионы магния, внедряясь в пространство между молекулами, обеспечивают сшивку их соответствующих фрагментов, содержащих группу  $COOH$ , сужают поры в целлюлозе и повышают её сорбционный потенциал, что подтверждается исследованием гидрофильных и структурных карбоксилсодержащих целлюлоз в катионных формах с помощью ядерной магнитной релаксации.

Введение в такую целлюлозу ионов магния, в отличие от ионов натрия, заметно увеличивает содержание связанной воды. Очевидно, это результат большого влияния ионов магния на уплотнение надмолекулярной структуры образцов целлюлозы. При этом, как и следовало ожидать, аффективная поверхность и объем микропор целлюлозы в Mg-форме имеют большое значение по сравнению с исходным образцом и образцом в Na-форме.

**Вывод.** Было установлено, что для молекул более прочно связанной воды характер диффузионного движения в целлюлозах Na- и Mg-форм приблизительно одинаков. Основные различия в молекулярной подвижности сорбированной воды в указанных образцах наблюдаются при их влагосодержаниях, превышающих 6%.

Таким образом, модифицированный импульсный метод ЯМР может быть успешно использован для анализа взаимодействий, происходящих в системе целлюлоза–водный раствор электролита, а также для изучения процессов старения и стабилизации целлюлозы.

#### Список литературы

1. Смирнова, Л.Г. Исследование методом ЯМР структурных изменений ионообменной целлюлозы / Л.Г.Смирнова, Ю.Б.Грунин // Структура и динамика молекулярных систем: сб. ст. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 1998. – Вып. V. Ч.2. – С.159 – 163.
2. Малкин, М.Я. Диффузия и вязкость полимеров / М.Я. Малкин, А.Е.Чалых. – М.:Химия, 1979. – 303 с.

Поступила в редакцию 18.08.07.

УДК 543.42.2

Н. Г. Грунина, Р. И. Винокурова

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА СОСТОЯНИЕ СВЯЗАННОЙ ВОДЫ В ЦЕЛЛЮЛОЗЕ

*Методами изопиестических серий и ЯМР-релаксации дан анализ влияния низкотемпературных воздействий на состояние связанной воды в целлюлозе. Установлено отсутствие льдообразования в образцах, влажность которых менее 15%. Замораживание менее связанной целлюлозой воды приводит к возрастанию ее макропористости и уменьшению объема микропор.*

*Дана оценка энергии электрического поля, создаваемого активными центрами в порах целлюлозы, искажающего структуру адсорбированной воды.*

**Введение.** Целлюлозные материалы в процессе эксплуатации довольно часто подвергаются одновременному воздействию влаги и низкой температуры, особенно в зимних условиях. Это приводит к резкому ухудшению электроизоляционных, прочностных и сорбционных свойств материалов, а также изменению их пористости и степени кристалличности.

Поскольку указанные изменения структуры и физико-химических свойств материалов зависят от соотношения свободной и связанной воды, содержащейся в образцах, в настоящей работе был применён метод ядерной магнитной релаксации, отмечающийся высокой чувствительностью в определении указанного соотношения. Рабочая частота релаксометра 37 МГц, длительность  $90^\circ$ -импульса – 2,5 мкс. Время парализации приемника не превышает 5 мкс. Зависимость времен спин-спиновой релаксации ( $T_2$ ) от температуры и влагосодержания образцов позволяет использовать метод ЯМР для изучения фазового состояния свободной и связанной воды и характера пористости в целлюлозных материалах.

**Целью** работы является исследование влияния низкотемпературных воздействий на состояние связанной воды в целлюлозе.

Для исследований были взяты дополнительно увлажненные образцы еловой блененой сульфитной целлюлозы ( $25^\circ$  ШР, степень кристалличности 0,7) различной влажности. Каждый герметично упакованный в стеклянной ампуле образец исследовался дважды: при комнатной температуре до замораживания и в замороженном состоянии. Средний радиус пор, заполненных водой при влагосодержании образца  $w$ , определялся по формуле:

$$R = 3T_2/T_{2M} 10^{-10} \text{ м}, \quad (1)$$

где  $T_2$  и  $T_{2M}$  – времена спин-спиновой релаксации при влажности  $w$  и монослая соответственно.

Для замораживания образцы помещались в морозильное устройство, где при температуре  $-25^\circ\text{C}$  выдерживались 24 часа.

Измерения времен спин-спиновой релаксации  $T_2$  проводились на установке импульсного ЯМР [1,2]. Результаты наших измерений сведены в таблицу.

**Влияние замораживания влажной еловой беленой сульфитной целлюлозы  
(25°ШР) на времена спин-спиновой релаксации**

Влажность, %	T <sub>2</sub> (мкс) до замораживания	T <sub>2</sub> (мкс) после замора- живания	Средний радиус пор, 10 <sup>-10</sup> м
3,4	136	136	3,2
9,2	440	440	10,9
15	695	534	17,4
20	1798	1365	43

Согласно данным таблицы, времена спин-спиновой релаксации для первых двух образцов после их последовательной температурной обработки не изменились. Влагосодержание этих образцов соответствует сорбированной жидкости – наиболее сильно связанной с целлюлозой. Следовательно, сорбционно-связанная влага при температуре  $-25^{\circ}\text{C}$  не переходит в льдоподобное состояние, так как известно, что время спин-спиновой релаксации льда меньше, чем воды и составляет 10 мкс. Естественно связать такое нарушение свойств воды с изменением ее молекулярной структуры под действием локальных электрических полей активных центров внутренней поверхности целлюлозы. Как известно, вода может переходить в льдоподобное состояние, когда ее молекулы располагаются в определенном порядке – тетраэдрическом и соединены друг с другом водородными связями с координационным числом 4. Таким образом, в рассматриваемом случае искажение водной структуры является кинетическим препятствием для кристаллизации льда.

Ответственность за организацию тетраэдрической структуры воды несут межмолекулярные диполь-дипольные взаимодействия и водородная связь. Взаимодействия такого рода являются короткодействующими, так как они ослабевают пропорционально расстоянию в шестой степени и, следовательно, распространяются на расстояние порядка молекулярного диаметра воды. Можно показать, что напряженность электрического поля  $E$ , создаваемого активными центрами с квазилинейным распределением заряда на расстоянии  $r$  от его центра под углом  $\alpha$  дается выражением:

$$E = (\rho/4\pi\epsilon_0 r) \ln \operatorname{arctg} \alpha, \quad (2)$$

где  $\rho$  – плотность заряда;

$\epsilon_0$  – диэлектрическая постоянная.

Известно, что энергия  $W$  взаимодействия диполя (вода) с электрическим полем (активного центра) равна

$$W = m E \cos \alpha, \quad (3)$$

где  $m$  – дипольный момент молекулы  $\text{H}_2\text{O}$ ;

$\alpha$  – угол между дипольным моментом и направлением поля.

В соответствии с этими соотношениями можно утверждать, что энергия взаимодействия активного центра с молекулами воды носит дальнедействующий характер, так как ослабляется пропорционально расстоянию в первой степени.

Как следует из наших наблюдений, начало кристаллизации сорбированной воды зависит от соотношения двух противоположных процессов – дальнедействующего и близкодействующего. Вклад каждого из них в общую энергию взаимодействия системы «целлюлоза-вода» может варьироваться изменением влагосодержания и температуры. В рамках проведенных нами исследований можно утверждать, что при температуре  $-25^{\circ}\text{C}$  и влагосодержании 15% доминирует дальнедействующий вклад, приво-

дящий к искажению тетраэдрической структуры воды, которая организуется в V - структуру.

Из представленных в таблице данных следует, что в порах, заполненных водой, размером до 15Å полностью отсутствует льдообразование. Это означает, что при указанной температуре по крайней мере три слоя воды в порах целлюлозы не подвергаются замораживанию. Таким образом, в данном случае энергия электрического поля активного центра уравнивается энергией молекулярного взаимодействия, ответственной за организацию тетраэдрической структуры воды, равной энергии водородной связи, то есть 18,81 кДж/моль.

Оценим величину заряда  $q$ , который, в принципе, может обладать такой энергией. Предположим для простоты, что речь идет о точечном заряде активного центра. Запишем уравнение энергетического баланса для далеко- и близкодействующих сил (в системе СИ):

$$\left| \frac{\mu \cdot q \cos \alpha}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2} \right| = \left| \frac{W}{N_A} \right|, \quad (4)$$

где  $N_A$  – число Авогадро;

$W$  – энергия близкодействующих сил, равная энергии водородной связи.

Полагая  $\cos \alpha = 1$  и  $\epsilon = 1$ , получаем  $q = 5,6 \cdot 10^{-19}$  Кл, то есть высокополяризующее поле активного центра для указанного случая порождается тремя элементарными близко расположенными зарядами. Столь высокий сорбционный потенциал может находиться в местах сужений пор, микропорах, то есть там, где высока концентрация функциональных гидроксильных групп.

#### Список литературы

1. Child, N.F. Pulsed NMR study of molecular motion and environment of sorbed Water / N.F.Child // Polymer. –1972. – Vol. 13. – N6. – P.259–264.
2. Грунин, Ю.Б. Основы молекулярной физики. Поверхностные явления: учеб. пособие / Ю.Б. Грунин, Л.Ю. Грунин. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. – 126 с.

Поступила в редакцию 18.08.07.

# ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

УДК 630\*182.59

Ю. П. Демаков, М. Г. Сафин

## ПРОБЛЕМА ОЦЕНКИ УГЛЕРОДОДЕПОНИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЭКОСИСТЕМ ОЛИГОТРОФНЫХ БОЛОТ И ПУТИ ЕЕ РЕШЕНИЯ

*Проведено обоснование и структурирование проблемы оценки углерододепонирующей способности экосистем олиготрофных болот, построена блок-схема потоков углерода в них и разработан алгоритм решения задач. Приведены результаты натурных исследований, проведенных на территории Марийского Полесья, и дано их сравнение с данными других авторов. Показано, что на современном уровне знаний нельзя однозначно судить о роли олиготрофных болот в глобальном углеродном цикле и снижении парникового эффекта, так как скорость накопления углерода фитоценозом и его трансформация в трофических цепях многочисленными видами организмов не поддается, из-за большой пространственно-временной изменчивости, точной количественной оценке.*

**Введение.** В начале XXI столетия в результате крупномасштабной антропогенной деятельности наметились некоторые симптомы потери компенсационных способностей биосферы, наиболее ясно выраженным из которых является повышение концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере (по сравнению с 1750 годом она выросла на 31% и является максимальной за последние 20 тыс. лет) и начавшееся в связи с этим глобальное потепление, а также аномалии климата (сегодня практически каждый из нас в той или иной мере на себе ощутил последствия этих аномалий). Причинам и последствиям изменений климата посвящено в настоящее время множество публикаций, порой довольно противоречивых [1–7], и, несмотря на отсутствие неопровержимых доказательств вины человечества в этом процессе, приняты международные соглашения по сокращению выбросов парниковых газов, одним из которых является углекислый газ (диоксид углерода).

Важнейшую роль в глобальном круговороте и балансе углерода играют, как показали многочисленные исследования [8–13], леса, особенно бореальные. Поэтому не случайно, что часть обязательств той или иной страны по сокращению выбросов углекислого газа будет зачтена ей, согласно Киотскому протоколу, за сток углерода в создаваемые на её территории леса. Это особенно актуально для России с её огромным потенциалом лесов и пустующих земель. В связи с этим задача по оценке углерододепонирующих способностей лесных экосистем и общего потенциала лесов по поглощению парниковых газов становится одной из наиболее актуальных в экологическом и эконо-

мическом отношении. В настоящее время установлено [8–13], что запасы углерода и темпы его депонирования в лесных экосистемах зависят от многих факторов: климата, лесорастительных условий, структуры, возраста и состояния насаждений. Особенно велика роль в процессе депонирования углерода заболоченных лесов и болот (эти земли занимают порядка 20% территории России), мощные залежи торфа в которых являются прямым подтверждением данного положения. Несмотря на этот неоспоримый факт, вопрос о закономерностях продукционного процесса в лесоболотных комплексах и скорости накопления органического вещества в торфяниках, имеющий давнюю историю [14–21], окончательно не решен. Полученные исследователями результаты показывают довольно широкую амплитуду колебаний прироста торфа в зависимости от его ботанического состава, степени разложения и времени отложения. В среднем величина годового прироста торфа составляет 0,4–0,5 мм с колебаниями по регионам и биотопам от 0,1 до 1,9 мм. Эти сведения, однако, не позволяют оценить в полной мере динамику накопления массы органического вещества в торфе, так как исследователи не учитывали изменений его плотности и зольности с возрастом, которые довольно значительны, а также выноса вещества из экосистемы грунтовыми водами.

**Целью** нашей работы явилась количественная оценка углерододепонирующей способности экосистем олиготрофных болот Марийского полесья. Для её достижения поставлены следующие задачи:

- 1) сформулировать и структурировать проблему, построить блок-схему потоков углерода в экосистеме и на основе её разработать алгоритм действий;
- 2) оценить характер распределения массы органического вещества между различными элементами фитоценоза на олиготрофных болотах и определить их роль в накоплении углерода;
- 3) изучить особенности роста древостоев на олиготрофных болотах и накопления ими биомассы;
- 4) выявить слабые места существующих методик и оценить ориентировочные трудозатраты для решения проблемы.

**Объекты и методика исследований.** Объектом исследований явились экосистемы олиготрофных болот Республики Марий Эл. Для решения поставленных задач были использованы данные натурных учетов, проведенных на 26 пробных площадях в сосняках сфагновых различного возраста (от 15 до 260 лет), произрастающих на олиготрофных болотах в различных лесничествах республики и в заповеднике «Большая Кокшага», а также материалы лесоустройства (таксационные описания более 1,5 тыс. выделов), торфяного кадастра (сведения по 372 торфяным болотам) и базы данных по биопродуктивности лесов [22].

На всех пробных площадях был проведен замер мощности торфяного пласта по ходовым линиям с расположением пикетов через 20 м и построены профили торфяной залежи (максимальная мощность пласта достигала 420 см); на четырех пробных площадях проведена оценка надземной массы всех компонентов фитоценоза (древостоя, кустарничков, трав, мхов) с разделением на отдельные фракции (ствол, стебли, ассимиляционные органы). Для выявления закономерностей роста древостоев проанализирована динамика годового прироста в высоту у 185 деревьев в возрасте 15–70 лет и толщину у 220 деревьев в возрасте от 40 до 290 лет. В сборе материала принимали участие студенты МарГТУ С.А. Бирюкова, А.А. Хренова и А.О. Малинина. Собранный цифровой материал обработан на ПК с использованием стандартных методов математической статистики и критериев достоверности оценок.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Для решения проблемы необходимо, прежде всего, четко обозначить её, т.е. выделить предмет исследования. Вопрос

этот не настолько банален, как это может показаться на первый взгляд. Дело в том, что многие авторы [9–12] понимают под депонированием углерода его фактическое содержание в различных компонентах экосистем в текущий момент времени. Такой подход мы считаем в корне неверным, не учитывающим распределения потоков этого химического элемента в экосистеме и времени удержания его в различных её компонентах, которое может изменяться в очень больших пределах. Так, к примеру, углерод, накопленный в листьях трав, кустарников и деревьев, через 1–2 года вновь возвращается в атмосферу в результате их разложения организмами-гетеротрофами. Хвойный опад разлагается значительно медленнее. В стволовой древесине углерод уже может сохраняться несколько десятков или даже сотен лет в зависимости от возраста деревьев, условий их роста и среды, в которую они попали после отмирания. В почве, а особенно в торфе, углерод способен удерживаться, в зависимости от условий, в течение сотен или даже тысяч лет. В потоки углерода в экосистеме вовлечены многие биотические и абиотические компоненты, оказывающие значительное влияние на эффективность его депонирования, которая зависит также и от антропогенной деятельности, естественных изменений климата и природных катастроф, что может быть отображено следующей блок-схемой (рис. 1).

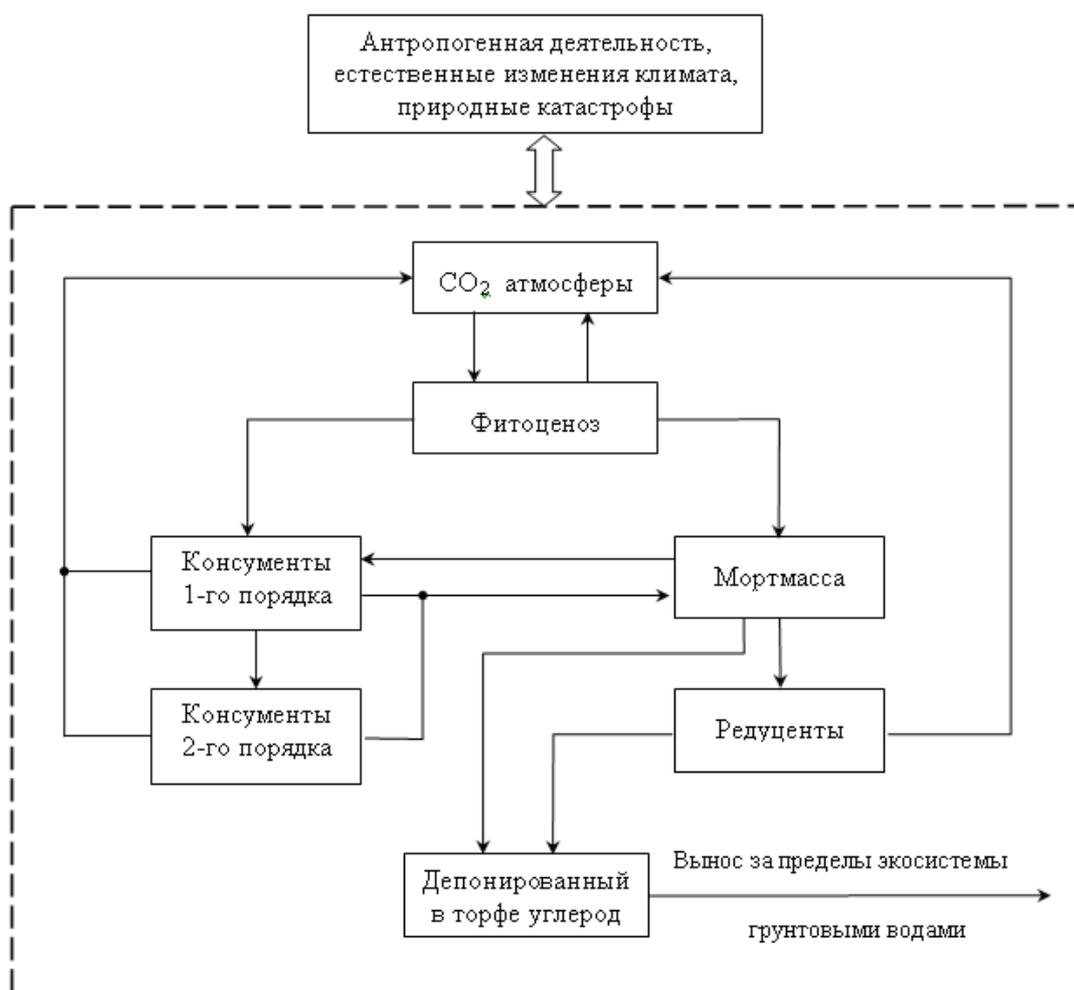


Рис. 1. Блок-схема потоков углерода в экосистеме олиготрофного болота

Под углерододепонирующей способностью экосистем, исходя из всего изложенного, мы понимаем не только скорость накопления ими этого химического элемента, но и эффективность его депонирования, которую можно выразить через среднее время переноса энергии или коэффициент накопления биомассы, значение которых равно частному от деления всей её фактической величины ( $\text{кг}\cdot\text{м}^{-2}$ ) на текущий прирост ( $\text{кг}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{год}^{-1}$ ). Данный коэффициент применим, однако, лишь к экосистемам, в которых цикл углерода (или иного элемента) полностью замкнут и не происходит выноса вещества за пределы их жизненного пространства какими-либо агентами (например, грунтовыми водами). Применительно к экосистемам олиготрофных болот эффективность депонирования углерода целесообразнее оценивать через отношение среднего годового прироста его массы в торфе к массе, содержащейся в годовом приросте всех компонентов фитоценоза. Алгоритм решения задачи представляет собой следующую последовательность действий по количественной оценке:

1) характера распределения органического вещества между различными компонентами экосистемы, что дает представление об их роли в накоплении и трансформации углерода;

2) чистой первичной продукции фитоценоза и характера распределения её по видам растений и их органам;

3) видового состава и численности организмов-потребителей (консументов и редуцентов) и величины изъятия ими первичной продукции фитоценоза;

4) годового отпада фитомассы и величины её потоков по видам консументов и редуцентов;

5) интенсивности выделения  $\text{CO}_2$  в атмосферу консументами и редуцентами;

6) биомассы отпада консументов и редуцентов;

7) выноса органического вещества из экосистемы грунтовыми водами.

Алгоритм работы можно несколько упростить, сведя его к оценке:

1) массы ассимиляционного аппарата растений и эффективности его работы, т.е. скорости образования чистой первичной продукции;

2) скорости накопления органического вещества в торфе путем датирования радиоуглеродным (или иным) методом различных слоев залежи;

3) эффективности депонирования углерода через отношение скорости накопления органического вещества в торфе к скорости образования чистой первичной продукции.

Практическая реализация как первого, так и второго алгоритма сопряжена, однако, с массой трудностей методического и технического характера, преодоление которых может составить самостоятельную и весьма важную задачу. Попытаемся продемонстрировать это на примере проведенных нами исследований. Так, в результате обработки материала было установлено, что главным источником варьирования при определении запасов торфа является мощность (толщина) его пласта, средняя величина которого в олиготрофных болотах Республики Марий Эл изменяется между биотопами от 0,6 до 8,7 м ( $V=69\%$ ). В большей части биотопов (86%) средняя мощность торфяного пласта не превышает 2 м (рис. 2), однако оценка этой величины имеет большую погрешность из-за крайне неровного рельефа дна болота (рис. 3).

Определенное влияние на точность оценки массы торфа оказывает его плотность ( $V=18,5\%$ ), среднее значение которой в абсолютно сухом состоянии составляет  $103,5 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$ , изменяясь от 50 до  $150 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$  (рис. 4). При оценке этой величины не учитывается, однако, изменений плотности торфа, связанной с глубиной его залегания и наличием включений крупных древесных остатков, которых в ряде болот довольно много. Следует отметить, что оценить с помощью применяемых буров плотность торфа, осо-

бенно нижних слоев залежи, не нарушив целостности его структуры (а это является одним из главных условий точности оценки), практически не представляется возможным.

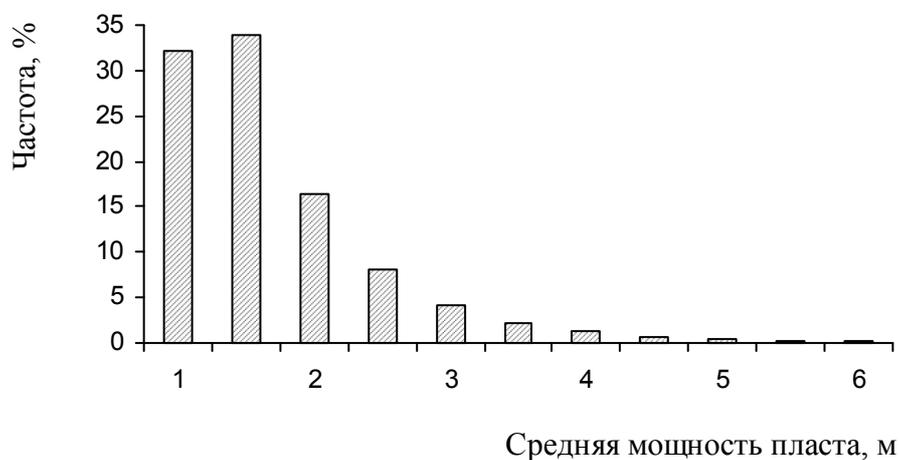


Рис. 2. Частотное распределение средней мощности торфяного пласта на олиготрофных болотах Марийского Полесья

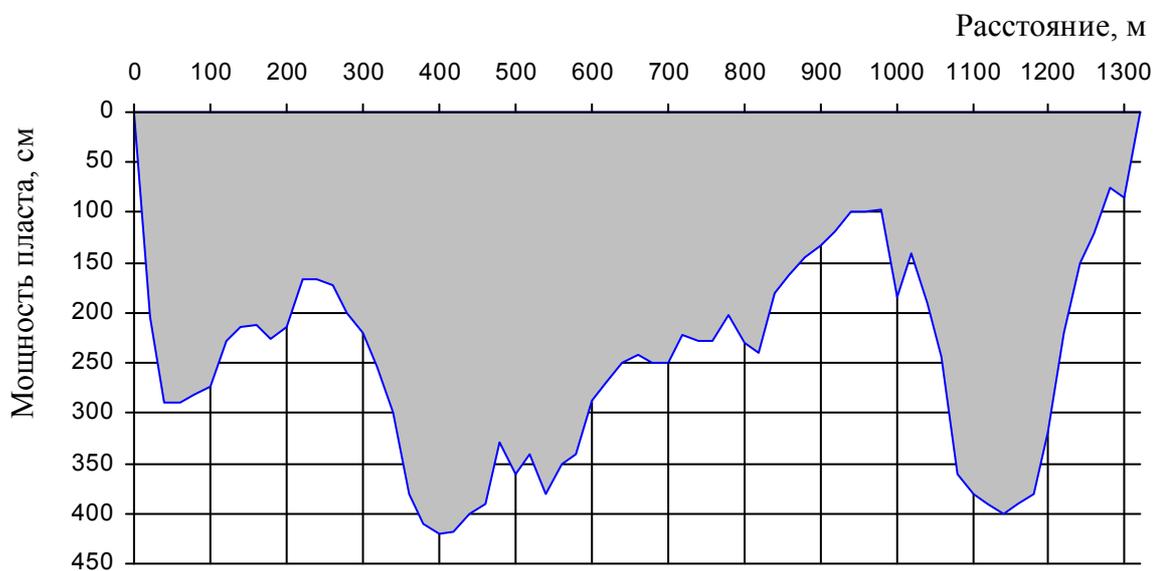


Рис. 3. Профиль торфяной залежи на болоте «Илюшкино» (Республика Марий Эл, Старожильское лесничество)

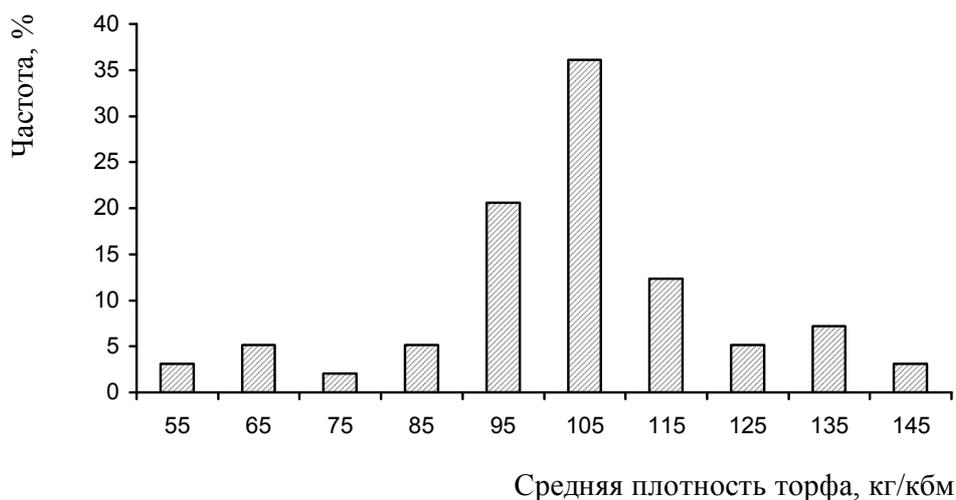


Рис. 4. Частотное распределение плотности торфа на олиготрофных болотах Марийского Полесья

Оценка общей и первичной продукции фитоценозов на болотах также сопряжена с рядом методических трудностей и является весьма неточной. Так, бонитет древостоев сосны, характеризующий их продуктивность, изменяется на олиготрофных болотах республики от IV до Vб класса, а полнота – от 0,3 до 1, что связано с особенностями почвенно-гидрологических условий биотопов. Дополнительные погрешности, и порой довольно значительные, возникают при оценке запаса древостоя, так как он основан на использовании специальных таблиц, предназначенных для массовой таксации, в которых диапазон градаций входных параметров (высоты и диаметра ствола) довольно велик. В связи с этим возникает задача о подборе математических функций, аппроксимирующих связь данных величин. Наилучшее приближение к фактическим данным, как показали проведенные нами расчеты, дает функция:

$$V = 0,897 \cdot (D/100)^{2,780} \cdot H^{1,129} + 0,001; R^2 = 0,925 \text{ при } N = 57,$$

где  $V$  – объем ствола дерева в коре, м<sup>3</sup>;

$D$  – диаметр ствола в коре на высоте 1,3 м, см;

$H$  – высота дерева, м;

$R^2$  – коэффициент детерминации уравнения.

Для пересчета с объема ствола на его массу необходимо располагать сведениями о плотности древесины, которая не остается постоянной, а изменяется в зависимости от возраста и густоты древостоя, а также индивидуальных особенностей дерева. Здесь возникает еще один источник погрешности оценки биомассы. Для оценки всей биомассы дерева необходимо также располагать данными о массе других его фракций: ветвей, коры, корней и ассимиляционного аппарата (хвои), роль в депонировании углерода которых различна. Расчеты, проведенные нами по табличным данным В.А. Усольцева [22], показали, что непосредственные измерения в однопородных и ненарушенных древостоях на олиготрофных болотах можно заменить использованием регрессионных уравнений  $M = a \cdot H^b \cdot [(D+1)/100]^c$  и  $M = a \cdot H^b \cdot \exp[-c \cdot (N/1000)]$ , значения констант которых представлены в табл. 1 и 2 ( $M$  – масса фракции дерева в абсолютно сухом состоянии, кг;  $H$  – высота дерева, м;  $D$  – его диаметр на высоте 1,3 м, см;  $N$  – густота древостоя, экз.·га<sup>-1</sup>).

Таблица 1

**Параметры регрессионных уравнений, отображающих зависимость абсолютно сухой массы различных фракций деревьев сосны от их высоты и диаметра в сфагновом типе леса**

Фракция	Значение параметров уравнения $M = a \cdot H^b \cdot [(D+1)/100]^c$			
	a	b	c	R <sup>2</sup>
Ствол	670,7	0,629	2,325	0,989
Кора	15,6	1,026	2,065	0,959
Ветви	12,0	1,000	1,647	0,862
Хвоя	1,4	1,000	0,822	0,811
Корни	61,5	0,770	1,813	0,860
Дерево в целом	1581,1	0,472	2,299	0,986

Таблица 2

**Параметры регрессионных уравнений, отображающих зависимость абсолютно сухой массы различных фракций деревьев сосны от их высоты и густоты древостоя в сфагновом типе леса**

Фракция	Значение параметров уравнения $M = a \cdot H^b \cdot \exp[-c \cdot (N/1000)]$			
	a	b	c	R <sup>2</sup>
Ствол	1,190	1,876	0,800	0,961
Кора	0,010	2,661	0,370	0,913
Ветви	12,38	0,464	1,459	0,939
Хвоя	4,171	0,337	0,672	0,843
Корни	2,263	1,241	0,995	0,896
Дерево в целом	4,346	1,591	0,867	0,969

В сложении фитомассы экосистем олиготрофных болот принимают участие, кроме древостоя, различные виды кустарничков, трав и мхов, роль в депонировании углерода которых неодинакова. Основным методом оценки их фитомассы является срезка всех экземпляров растений на площадках определенного размера с последующей сушкой и взвешиванием. Основная задача по снижению погрешности оценки массы подпологовой растительности состоит в выборе оптимального объема выборки, который зависит от степени изменчивости покрова в пределах биотопа. Исследования показали, что коэффициент вариации массы надземной части всех кустарничков, оцененной нами в четырех биотопах на 12 площадках размером 1 м<sup>2</sup> в каждом, изменяется от 37 до 60%, превышая по отдельным видам 100%. У мхов величина этого показателя при использовании учетных площадок размером 0,01 м<sup>2</sup> достигает 75%. Для достижения 10%-ной погрешности оценки, исходя из этого, необходимо провести учет кустарничков в пределах одного биотопа не менее чем на 35–40 площадках, а мхов – на 50–60, что очень трудоемко.

Оценка текущего запаса органического вещества в экосистеме и характера распределения его массы между различными компонентами не решает задачи об эффективности депонирования углерода олиготрофными болотами. Для этого необходимо оценить скорость накопления органики и характер её временной динамики, который, как показывает анализ собранного нами материала и имеющейся базы данных [22], довольно изменчив. Так, к примеру, в возрасте 120 лет масса древостоя в абсолютно сухом состоянии может изменяться, по данным различных авторов, от 60 до 160 т·га<sup>-1</sup> (рис. 5),

средняя высота деревьев в 35-летних молодняках – от 3,0 до 6,1 м (рис. 6), а величина радиального годичного прироста – от 0,1 до 3–4 мм (рис. 7). Основной причиной изменчивости фитомассы дерева с возрастом является густота древостоя, оценить воздействие которой на массу отдельных фракций позволяет, как показали проведенные нами расчеты, уравнение регрессии  $M = K \cdot \exp(-a \cdot N) \cdot (t/100)^{[b \cdot \exp(-c \cdot N)]}$ , параметры которого приведены в табл. 3 ( $M$  – масса фракции дерева в абсолютно сухом состоянии, кг;  $N$  – густота древостоя, тыс. экз.·га<sup>-1</sup>,  $t$  – возраст дерева, лет).

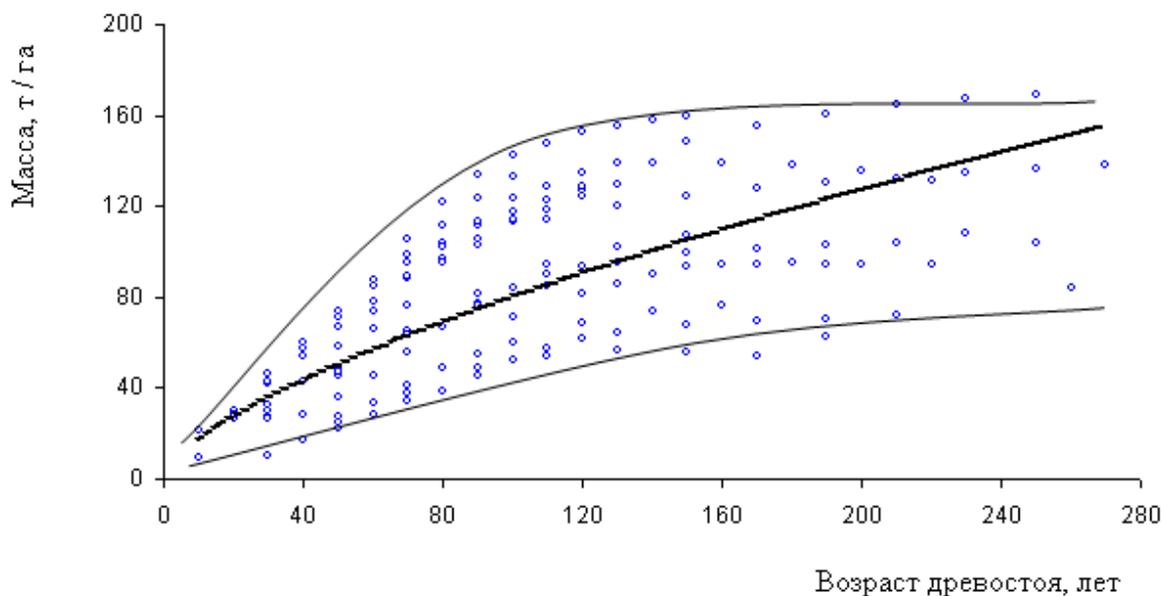


Рис. 5. Возрастная динамика фитомассы (древесина + кора + ветви + хвоя + корни) соснового древостоя в абсолютно сухом состоянии на олиготрофных болотах Северо-Востока европейской части России и Зауралья: графики построены по материалам [22]

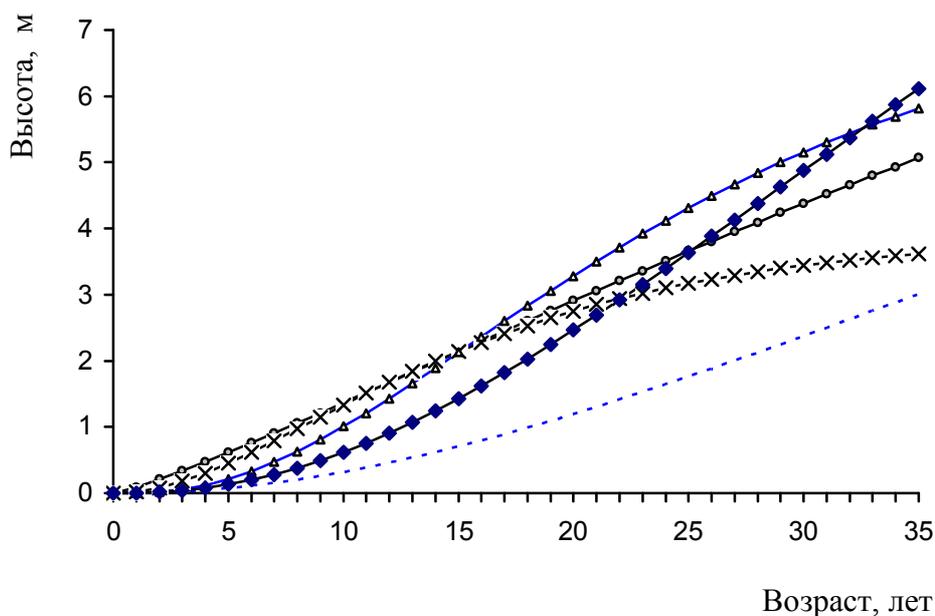


Рис. 6. Ход роста в высоту постпирогенных молодняков сосны на олиготрофных болотах Марийского Полесья

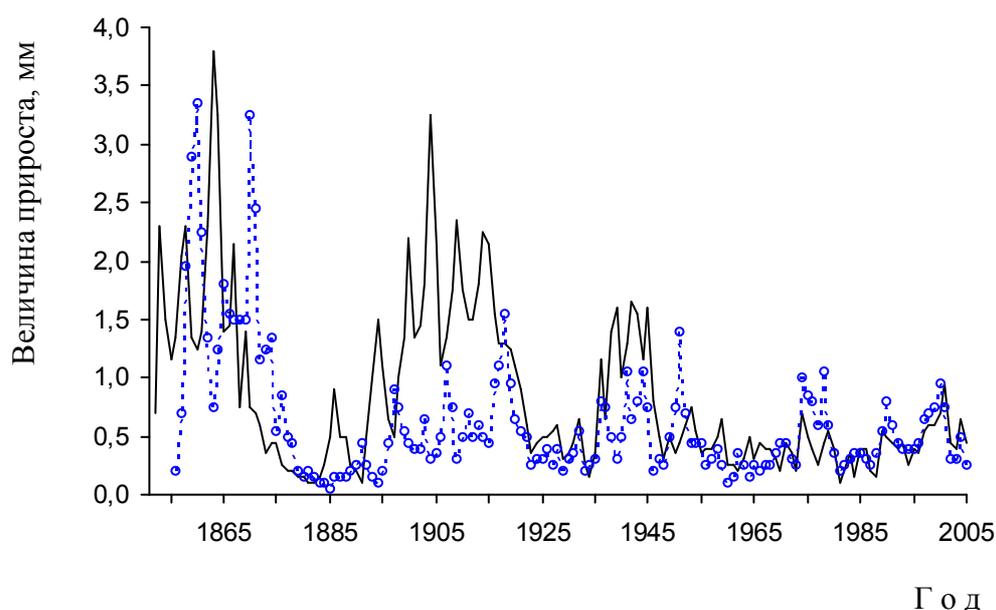


Рис. 7. Динамика годичного радиального прироста деревьев сосны на олиготрофном болоте «Тетёркино» (Республика Марий Эл, Старожильское лесничество)

Таблица 3

**Параметры регрессионных уравнений, отображающих зависимость абсолютно сухой массы различных фракций деревьев сосны от их возраста и густоты древостоя в сфагновом типе леса**

Фракция	Значение параметров уравнения $M = K \cdot \exp(-a \cdot N) \cdot (t/100)^{[b \cdot \exp(-c \cdot N)]}$				
	K	a	b	c	R <sup>2</sup>
Ствол	219,2	1,157	1,249	2,074	0,883
Кора	15,0	0,751	2,164	2,184	0,861
Ветви	42,4	1,452	52,55	17,90	0,943
Хвоя	10,4	0,723	873,3	27,61	0,851
Корни	91,7	1,483	26,14	18,15	0,834
Дерево в целом	393,9	1,215	2,918	5,997	0,899

При оценке величины текущего годичного прироста биомассы древостоя необходимо принимать во внимание тот факт, что у деревьев в течение их жизни некоторая её доля разрушается грибами и насекомыми, в результате чего накопленный углерод возвращается в атмосферу. Еще большие трудности возникают при оценке годичной продукции подпологовой растительности, особенно у болотных кустарничков, величина которой у различных видов изменяется в очень больших пределах в зависимости от нанорельефа поверхности болота, полноты и возраста древостоя, а также метеорологических условий года. Так, у мхов она может колебаться от 0,1 до 7,7 т·га<sup>-1</sup>·год<sup>-1</sup> [23]. Далеко не вся отмершая фитомасса превращается при этом в торф и сохраняет накопленный углерод. Торфонакопление, по данным Н.И. Пьявченко [16], происходит с потерей более 60–80%

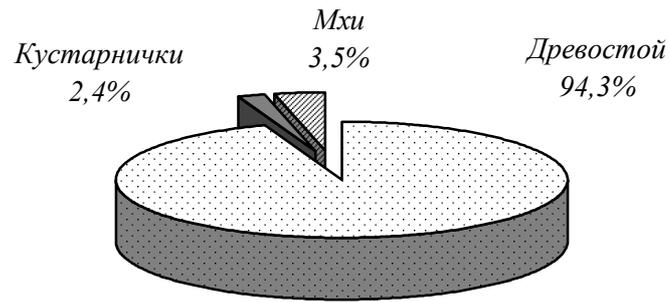


Рис. 8. Распределение абсолютно сухой биомассы между различными компонентами фитоценоза на олиготрофных болотах Марийского Полесья

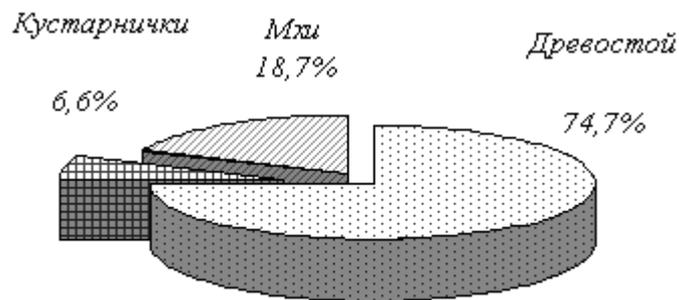


Рис. 9. Структура абсолютно сухой массы ассимиляционного аппарата растительности лесных экосистем олиготрофных болот Марийского Полесья

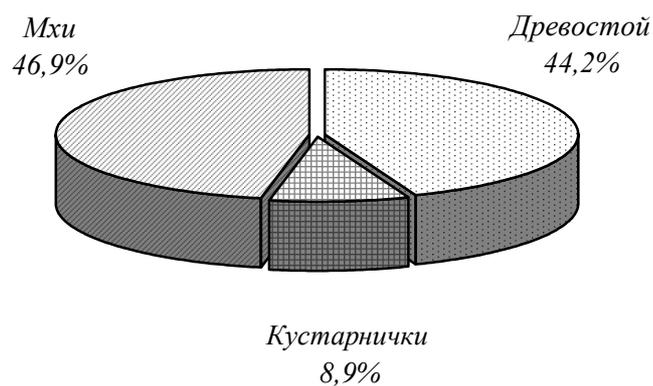


Рис. 10. Структура абсолютно сухой массы годичной продукции растительности лесных экосистем олиготрофных болот Марийского Полесья

первоначальной массы органики за счет выноса её подземными водами. Интенсивность выноса зависит от многих факторов и трудно поддается количественной оценке.

Исследования показали, что основная доля (90–96%) органического вещества в абсолютно сухом состоянии в экосистемах олиготрофных болот Марийского Полесья сосредоточена в торфе, относительная масса которого изменяется по биотопам в очень широких пределах (от 105 до 4412 т/га,  $V=76\%$ ). По величине абсолютно сухой общей фитомассы, изменяющейся на изученных нами объектах от 38,3 до 121,4 т/га, и массы ассимиляционного аппарата, которая варьирует в пределах 4,78–10,02 т/га, в большинстве случаев доминирует древостой (рис. 8, 9), а по величине годичной продукции, изменяющейся от 4,72 до 7,74 т/га, на первое место чаще всего выходят мхи (рис. 10). На долю кустарничков приходится от 5,7 до 16,7% годичной продукции фитоценоза.

Полученные нами, как впрочем и другими исследователями, результаты отражают, ввиду ограниченности и невысокой точности исходного материала из-за трудоемкости его сбора, особенности продукционного процесса лишь в конкретных биотопах и не могут претендовать на всеобщность. Современный уровень научных знаний не позволяет однозначно судить о роли олиготрофных болот в глобальном углеродном цикле и снижении парникового эффекта, так как скорость накопления углерода фитоценозом и его трансформация в трофических цепях многочисленными видами организмов не поддается из-за большой пространственно-временной изменчивости точной количественной оценке. Трудно оцениваемыми являются вынос органики подземными водами, а также величина эмиссии диоксида углерода из торфа в атмосферу от дыхания почв и пожаров, которые периодически возникают на олиготрофных болотах, вызывая коренные изменения состояния экосистем и интенсивности продукционного процесса. Исследователями, в дополнение к сказанному, не учитывается еще и величина транспирации фитоценоза, которая может оказывать через увеличение содержания в атмосфере водяного пара значительно большее влияние на формирование парникового эффекта, нежели диоксид углерода.

#### **Выводы**

1. Масса органического вещества и характер её распределения между различными компонентами экосистем олиготрофных болот Марийского Полесья изменяются в пространстве биотопов в очень больших пределах и могут быть оценены реально лишь со значительной погрешностью (порядка 20%).

2. Основная доля органического вещества в зрелых экосистемах на олиготрофных болотах Марийского Полесья заключена в торфе, средняя мощность пласта которого изменяется от 0,6 до 8,7 м, не оказывая при этом существенного влияния на структуру и продуктивность фитоценозов.

3. Величина годичной продукции фитоценозов, основную долю в которой занимают, в зависимости от экологических условий биотопов, либо мхи (от 40 до 61%), либо древостой (52 – 67%), очень сильно изменяется во времени. На долю кустарничков, которые довольно обильны на олиготрофных болотах Марийского Полесья, приходится не более 17% годичного прироста фитомассы.

#### *Список литературы*

1. Будыко, М.И. Современные изменения климата / М.И. Будыко. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 360 с.
2. Котляков, В.М. Глобальные изменения климата: антропогенное влияние или естественные вариации? / В.М. Котляков // Экология и жизнь. – 2001. – № 1. – С. 44–47.

3. Сун, В. Влияние антропогенных выбросов CO<sub>2</sub> на климат: нерешенные проблемы / В. Сун, С. Баюнас, К.С. Демирчан и др. // Изв. РГО. – 2001. – Т. 133. Вып. 2. – С. 1–19.
4. Тарко, А.М. Парниковый эффект и климат / А.М. Тарко // Экология и жизнь. – 2001. – № 1. – С. 48–51.
5. Сорохтин, О.Г. Парниковый эффект: миф или реальность / О.Г. Сорохтин // Вестник РАЕН. – 2001. – № 1. – С. 8–21.
6. Ясаманов, Н.А. Современный климат и парниковый эффект / Н.А. Ясаманов // Известия РАЕН. Секция наук о Земле. – 2003. – № 10. – С. 98–116.
7. Белов, С.В. Причины изменения климата: человек или геологические процессы? / С.В. Белов, И.С. Ротфельд // Использование и охрана природных ресурсов России: информационно-аналитический бюллетень. – М.: НИИ-Природа, 2004. – № 1. – С. 43–49.
8. Базилевич, Н.И. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии / Н.И. Базилевич. – М.: Наука, 1993. – 262 с.
9. Исаев, А.С. Оценка запасов годичного депонирования углерода в фитомассе лесных экосистем России / А.С. Исаев, Г.Н. Коровин, А.И. Уткин, А.А. Пряжников, Д.Г. Замолодчиков // Лесоведение. 1993. – № 5. – С. 3–10.
10. Алексеев, В.А. Углерод в экосистемах лесов и болот России / В.А. Алексеев, Р.С. Бердси. – СПб.: Санкт-Петербургский лесной экологический центр, 1994. – 365 с.
11. Моисеев, Б.Н. Об оценке запаса и прироста углерода в лесах России / Б.Н. Моисеев, А.М. Алферов, В.В. Страхов // Лесное хозяйство. – 2000. – № 4. – С. 18–20.
12. Курбанов, Э.А. Бюджет углерода сосновых экосистем Волго-Вятского района / Э.А. Курбанов. – Йошкар-Ола: Периодика, 2002. – 243 с.
13. Моисеев, Б.Н. Оценка потоков и баланс органического углерода в основных биомах России / Б.Н. Моисеев, И.О. Алябина // Использование и охрана природных ресурсов России: информационно-аналитический бюллетень. – М.: НИИ-Природа, 2004. – № 1. – С. 61–69.
14. Доктуровский, В.С. Болота и торфяники, строение и развитие их / В.С. Доктуровский. – М.: Новая деревня, 1922. – 216 с.
15. Пьявченко, Н.И. Биологическая продуктивность и круговорот веществ в болотных лесах Западной Сибири / Н.И. Пьявченко // Лесоведение. – 1967. – № 3. С. – 28–36.
16. Пьявченко, Н.И. Прирост фитомассы и скорость накопления торфа / Н.И. Пьявченко // Повышение продуктивности заболоченных лесов. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1983. – С. 42–46.
17. Козловская, Л.С. Динамика органического вещества в процессе торфообразования / Л.С. Козловская, В.М. Медведева, Н.М. Пьявченко. – Л.: Наука, 1978. – 176 с.
18. Разумовский, С.М. Закономерности динамики биоценозов / С.М. Разумовский. – М.: Наука, 1981. – 165 с.
19. Лисс, О. Л. Лесные болота / О.Л. Лисс, В.Г. Астахова. – М.: Лесная промышленность, 1982. – 128 с.
20. Коломыцев, В.А. Болотообразовательный процесс в среднетаежных ландшафтах Восточной Финляндии / В.А. Коломыцев. – Петрозаводск, 1993. – 83 с.
21. Нейштадт, М.И. Возникновение и скорость развития процесса заболачивания / М.И. Нейштадт // Научные предпосылки освоения болот Западной Сибири. – М.: Наука, 1997. – С. 39–47.
22. Усольцев, В.А. Фитомасса лесов Северной Евразии: нормативы и элементы географии // В.А. Усольцев // Екатеринбург: УрО РАН, 2002. – 761 с.
23. Грабовик, С.И. Флуктуации продуктивности сфагновых мхов / С.И. Грабовик // Лесные стационарные исследования: методы, результаты, перспективы. – Тула, 2001. – С. 343–345.

Поступила в редакцию 19.05.07.

УДК 630\*182

*Н. Н. Гаврицкова, Т. Х. Гордеева*

## **БИОИНДИКАЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ МИКОБИОТЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ В ЗОНАХ РЕКРЕАЦИИ**

*Рассмотрен вопрос о возможности использования микобиоты в качестве индикаторов антропогенной трансформации фитоценозов. Приведена структура и видовое разнообразие макромицетов и почвенных микромицетов в лесопарках г. Йошкар-Ола с выделением экологических групп.*

**Введение.** Рекреационные воздействия вызывают глубокие изменения исходного состояния лесных сообществ, включая все компоненты: они приводят к изменениям видового состава избытка травяного и мохового покровов, а иногда и к полному уничтожению некоторых видов, изреживанию подлеска, уменьшению мощности лесной подстилки (нарушению стратификации, частичному или полному ее уничтожению), а также к уплотнению верхнего горизонта почвы и изменению ее физических и химических свойств. Таким образом, основная тяжесть рекреационных нагрузок, в частности вытаптывание, приходится на нижние ярусы сообществ и верхний, корнеобитаемый слой почвы, что приводит к нарушениям аэрации в нем и обнажению поверхностной корневой системы деревьев. В связи с этим изменяется пространственная структура и видовое разнообразие микобиоты [1, 2].

Сообщество грибов является одним из главных функциональных и структурных компонентов лесных экосистем и в целом биологических систем. В лесных биогеоценозах группировки грибов выполняют разнообразные функции, занимают различные трофо-топические уровни, их видовой состав отличается огромным многообразием, их взаимоотношения с высшими растениями и вообще с биологическими объектами изучены еще далеко не полно, что и определяет широкий круг исследований по биологии, экологии грибных консорциев и в целом микоценозов. Невозможно в полной мере ответить на волнующие человечество вопросы, касающиеся оптимизации биоразнообразия и строения биоты, накопления и утилизации биомассы, циклов углерода и воды и других все более обостряющихся проблем, без изучения грибных ценозов, их строения и состава, консортивных взаимоотношений в экосистемах, без правильного определения того места и значения, которое они занимают в растительных сообществах как деструктивный и формирующий элемент биогеоценоза [3, 4]. Грибы – как макромицеты, так и микромицеты – играют важную роль в жизни лесных биогеоценозов, являясь гетеротрофным компонентом, тесно связанным с автотрофными растениями. Данные о видовом составе грибов, экологических группах и их распределении крайне необходимы для понимания сложных взаимоотношений между компонентами биоценозов.

**Целью** работы является изучение особенностей структурной и экологической организации микобиоты в рекреационных лесах (на примере лесопарков г. Йошкар-Ола).

**Задачи** исследования: 1) изучить видовое разнообразие макро- и микромицетов с выделением экологических групп; 2) выявить тенденцию изменения в структурной организации микобиоты в условиях рекреации.

**Методика исследования.** Микобиота в лесопарках изучалась в 2005 – 2006 гг. на пробных площадях (10 x 10 м) и маршрутных ходах. Описание объектов исследования

приведено ранее [5]. Определение макромицетов проводили по базидиомам в полевых и камеральных условиях, пользуясь определителями [6, 7]. Экологические группы грибов выделяли по Бондарцеву и Частухиной [6]. Одновременно отбирали почвенные образцы из органо-минерального слоя 0–20 см для микологического анализа. Численность и видовой состав макромицетов определяли на среде Чапека со стрептомицином. Структуру комплекса микроскопических грибов характеризовали по показателям обилия и частоты встречаемости [8]. Общую микробную биомассу определяли методом регидратации [9]. Идентификацию макромицетов проводили с использованием стандартных определителей [10 – 12].

**Интерпретация результатов.** По данным учетов на пробных площадях и маршрутных ходах было выявлено 83 вида грибов-макромицетов, обитающих на различных органических субстратах (табл.1). По способу питания все изученные грибы рассматривались в составе экологических групп (табл. 2).

Таблица 1

## Результаты учетов грибов-макромицетов на пробных площадях

№ пр.пл.	Квартал /выдел	Состав	ТЛУ	Полнота	Бонитет	Возраст, лет	Количество видов макромицетов, шт.	
							Почвенных и подстилочных	Ксилотрофных
Сосновая роща								
1	8 /12	7С2Б1Ос	С2	0,9	Іб	55	9	3
2	8 /25	7Д1Ос1Б1В	Д2	0,9	І	55	1	4
3	8 /13	9С1Ос	С2	0,9	Іб	65	5	4
4	8 /15-16	4Ос2Б2С1Д1	С2	0,7	Іа	45	7	5
		Е 4Ос2Б2С2Лп	С2	0,7	І	45		
5	11 /6	5Д2В2Лп1Ос	Д2	0,6	ІІІ	Д-135 В-115 Лп-55	3	5
6	8 /2-7	7Лп2С1Б	С2	0,7	Іа	53	3	5
		6Лп3С1Б	С2	0,8	Іа	54		
7	8 /4	9С1Е	С2	0,9	Іб	56	6	6
8	8 /10	7Б1Лп1С1Ос	С2	0,7	Іа	45	5	3
9	8 /11	4С3Б2Ос1Е	С2	0,8	Іб	49	5	4
10	8 /3	4Д2Б3С1Лп	Д2	0,3	І	45	6	1
Дубовая роща								
1	2/29	10Лп	С2	0,9	Іа	45	12	1
2	2/36	10Лп	С2	0,9	Іа	47	10	7
3	2/24	10Т	Д2	0,8	Іа	55	5	7
4	2/17	8Ос1Д1П	Д2	0,8	І	50	5	7
5	1/16	160Т	Д2	0,8	І	55	6	4
6	1/22	4Д3Лп2П1Ос	Д2	0,4	ІІІ	Д-145 Лп-125 П-105 Ос-60	9	4

Для лесных биоценозов важна и необходима деятельность разных экологических групп грибов.

Микоризообразователи (симбиотрофы) – наиболее чувствительная группа к воздействию антропогенного фактора. Большинство выявленных микоризных макромицетов

относились к семействам *Tricholomataceae* и *Russulaceae*. Из семейства *Boletaceae* были отмечены четыре представителя, и лишь один относился к семейству *Amanitaceae*. К часто встречающимся видам из этой группы относится *Russula vesca*. Во всех исследованных ситуациях отмечалось очень бедное видовое разнообразие симбиотрофов, что указывает на антропогенный прессинг в лесопарках.

Таблица 2

**Распределение выявленных видов макромицетов по экологическим группам**

Ксилотрофы			Микоризные	Подстилочные	Копротрофы и гумусовые
Сапротрофы	Факультативные паразиты	Факультативные сапротрофы			
Всего выявлено видов					
12	16	9	17	19	10
В Дубовой роще					
9	9	5	8	11	3
В Сосновой роще					
10	13	8	11	13	10

Подстилочные грибы играют существенную роль в процессе гумификации и минерализации растительного опада. Количество подстилочных макромицетов имеет прямую связь с образованием элементов питания для автотрофов. Все выявленные подстилочные макромицеты были представителями семейства *Tricholomataceae* и *Hygrophoraceae*, кроме *Psilocybe semilanceata*, который относится к семейству *Strophariaceae*.

Видовое разнообразие подстилочных сапротрофов было несколько выше микоризообразователей (2–6 видов), кроме ситуаций, где в составе преобладал дуб (2 и 5 пр. пл. в Сосновой роще), где вся подстилка состояла исключительно из дубового опада. К часто встречающимся видам этой группы можно отнести *Mycena pura*, *M. alcalina*, *M. galericulata*, *Marasmius scorodoni*, *Collybia dryophila*. Это виды, способные разрушать как лигнин, так и клетчатку, играют существенную роль в разложении лесного опада.

Доля гумусовых сапротрофов и копротрофов обычно связана с появлением нарушенных участков, занятых луговой и рудеральной растительностью. Все встреченные виды грибов-макромицетов из этой группы присутствовали в Сосновой роще и относились к родам *Coprinus*, *Auriscalpium*, *Ramaria* и *Lycoperdon* (базидиомицеты) и только один вид – *Aleuria aurantia* – из отдела сумчатых грибов. К доминирующим видам в этой экологической группе относится *Laccaria laccata* и грибы, которые довольно часто встречаются не только на почве, но и на древесном детрите – *Pluteus atricapillus* и *Cyathus striatus*. Определение общей микробной биомассы методом регидратации показало, что наибольшая микробная биомасса сапротрофов отмечалась в дубово-вязовой и дубово-пихтовой парцеллах (рис. 1). Наименьшая численность и активность отмечалась в сосновых и лиственничных насаждениях.

Ключевым моментом в функционировании лесных экосистем в пространстве и времени является участие организмов-редуцентов, способствующих отпаду старых деревьев и осуществляющих деструкцию отмершей древесины. В этих процессах определенное значение имеют организмы-гетеротрофы из разных царств и классов, однако ведущая роль принадлежит дереворазрушающим грибам, которые развиваются на древесине, находящейся на различных стадиях разложения – от свежего отпада до почти гумифицированных остатков.

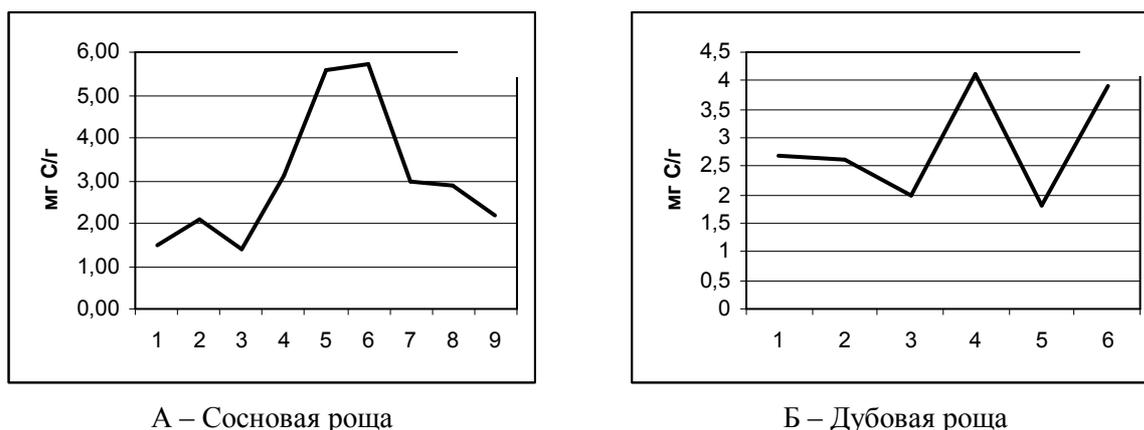


Рис. 1. Микробная биомасса сапротрофов

Ксилотрофные грибы в лесных фитоценозах выполняют двойственную функцию. Среди ксилотрофов есть группа грибов, поражающих живые деревья, вызывая гнили и этим ослабляя их. Другая группа ксилотрофных грибов разлагает сухой, валеж и опад, вызывая ксилолиз образовавшейся в биоценозе мортмассы. Они могут быть использованы в качестве индикаторов антропогенной трансформации лесов [5, 13, 14].

Грибы-биотрофы осуществляют биологический контроль за другими организмами, в частности за древесными растениями, участвуют в изменении структур фитоценозов, то есть в формировании возрастной, вертикальной и горизонтальной структур биоценозов; грибы-сапротрофы – в подготовке субстрата для питания автотрофов, разложения его до грубого гумуса, способствуют появлению естественного возобновления новых поколений леса. Одним из положительных качеств сапротрофов является их антагонизм ко многим видам грибов, обладающих высокими патогенными свойствами. В этом заключается формирующая функция ксилотрофных грибов.

Из 37 видов выявленных ксилотрофных макромицетов 12 относятся к сапротрофам, которые активно участвуют в разложении мортмассы и тем самым служат агентами, осуществляющими биологический круговорот. 80% из встреченных ксилотрофных грибов относились к группе афиллофоровых, среди которых были представители различных родов: *Stereum*, *Fomitopsis*, *Poria*, *Fomes*, *Phellinus*, *Polyporus* и др. Среди фитотрофных грибов-патогенов абсолютное доминирование составляли факультативные паразиты: *Stereum hirsutum*, *S. Purpureum*, *Fomitopsis pinicola* и другие виды, которые обычно развиваются в отмерших тканях растений и только в определенных условиях могут переходить к паразитическому образу жизни. Из факультативных сапротрофов на сырораствующих стволах были отмечены в основном виды из рода *Phellinus*: на сосне – *Phellinus pini*, на дубе – *P. Robustus*, на осине – *P. Tremulae*. К наиболее патогенным видам принадлежит *Inonotus dryophilus*, поражающий только живые деревья дуба и относящийся в наших исследованиях к редко встречающимся видам. Распределение грибов-макромицетов на различных древесных субстратах имело следующий вид (табл.3). Наибольшая частота встречаемости среди ксилотрофных макромицетов была у видов, которые можно отнести к антропофильным и антропотолерантным: *Stereum hirsutum*, *Trametes versicolor*, *Fomitopsis pinicola*, *Bjerkandera adusta*,

которые проявляют максимальную биотическую активность в рудеральных местообитаниях.

Таблица 3

## Приуроченность макромицетов к различным состояниям субстрата

№ экологической ниши	Тип субстрата	Виды грибов
1	Живое дерево	<i>Phellinus tremulae</i> , <i>Phellinus pini</i> , <i>Phellinus robustus</i> , <i>Armillaria mellea</i> , <i>Polyporus squamosus</i> , <i>Oxyporus populinus</i> , <i>Laetiporus sulphureus</i> , <i>Pleurotus dryinus</i> , <i>Inonotus obliquus</i> , <i>Fomitopsis pinicola</i> , <i>Inonotus dryophilus</i> .
2	Сухостой текущего года	<i>Fomitopsis pinicola</i> , <i>Fomes fomentarius</i> , <i>Ganoderma applanatum</i> , <i>Bjerkandera adusta</i> , <i>Stereum hirsutum</i> , <i>Stereum frustulosum</i> , <i>Daedaleopsis confragosa</i> , <i>Trichaptium biforme</i> , <i>Trametes hirsuta</i> , <i>Stereum sanguinolentum</i> , <i>Pholiota aurivella</i> .
3	Старый сухостой	<i>Fomes fomentarius</i> , <i>Ganoderma applanatum</i> , <i>Trametes versicolor</i> , <i>Fomitopsis pinicola</i> , <i>Stereum hirsutum</i> , <i>Daedaleopsis confragosa</i> , <i>Auricularia mesenterica</i> .
4	Свежий валеж	<i>Fomitopsis pinicola</i> , <i>Fomes fomentarius</i> и <i>Stereum hirsutum</i> , <i>Schizophyllum commune</i> , <i>Stereum rufum</i> , <i>Cortizium lacteum</i> , <i>Рычопорус cinnabarinus</i> , <i>Fuligo septica</i> , <i>Bjerkandera adusta</i> , <i>Trichaptium biforme</i> , <i>Ganoderma applanatum</i> , <i>Trametes versicolor</i> , <i>Auricularia mesenterica</i> .
5	Старый валеж	<i>Fomitopsis pinicola</i> , <i>Fomes fomentarius</i> и <i>Stereum hirsutum</i> , <i>Mycena alcalina</i> , <i>Тыромыцес semipileatus</i> , <i>Aleurodiscus amorphus</i> , <i>Lycoperdon pyriforme</i> .
6	Пни	<i>Phaeolus Schweinitzii</i> , <i>Fomitopsis pinicola</i> , <i>Flammulina velutipes</i> , <i>Fomes fomentarius</i> , <i>Bjerkandera adusta</i> , <i>Stereum hirsutum</i> , <i>Schizophyllum commune</i> , <i>Hipholoma fasciculare</i> , <i>H. sublateritium</i> , <i>Trichaptium biforme</i> , <i>Ganoderma applanatum</i> , <i>Hymenochaete cinnamomea</i> , <i>Pluteus cervinus</i> , <i>Trametes versicolor</i> , <i>Fuligo septica</i> , <i>Lucoperdon pyriforme</i> .

Чем выше видовое разнообразие и биотическая активность синантропных видов грибов, тем сильнее антропогенная трансформация грибных сообществ. Одним из последствий антропогенной трансформации экосистем является унификация микобиоты – снижение ее видового богатства, что приведет к снижению стабильности и активности микогенных процессов и отразится на состоянии фитоценозов.

При сборах учитывали не только грибы, растущие на живых, сухостойных или валежных деревьях, а также детрите разной степени разложения, но и почвенные микромицеты, завершающие деструкцию органических веществ в почве. Из исследованных почв выделено и идентифицировано 49 видов микромицетов, относящихся к отделам *Zygomycota*-4, *Ascomycota*-1, *Deuteromycota*-44, а также темно- и светлоокрашенный стерильный мицелий. В основном преобладали *Hyphomycetes* (*Moniliaceae*–40 видов, *Dematiaceae*–4). По видовому разнообразию в комплексе почвенных грибов преобладали представители рода *Penicillium* (33%). Всего выделено 16 видов этого рода: секция *Monoverticillata*-3, *Asymmetrica*-11, *Biverticillata*-2. По частоте встречаемости среди видов, относящихся к роду *Penicillium*, доминировали предста-

вители секции *Asymmetrica*. Представители рода *Penicillium* выявлены во всех почвах и ценозах с общим обилием от 16,5% в тополиниках до 57,7% в дубняке пихтовом (рис. 1 – 3).

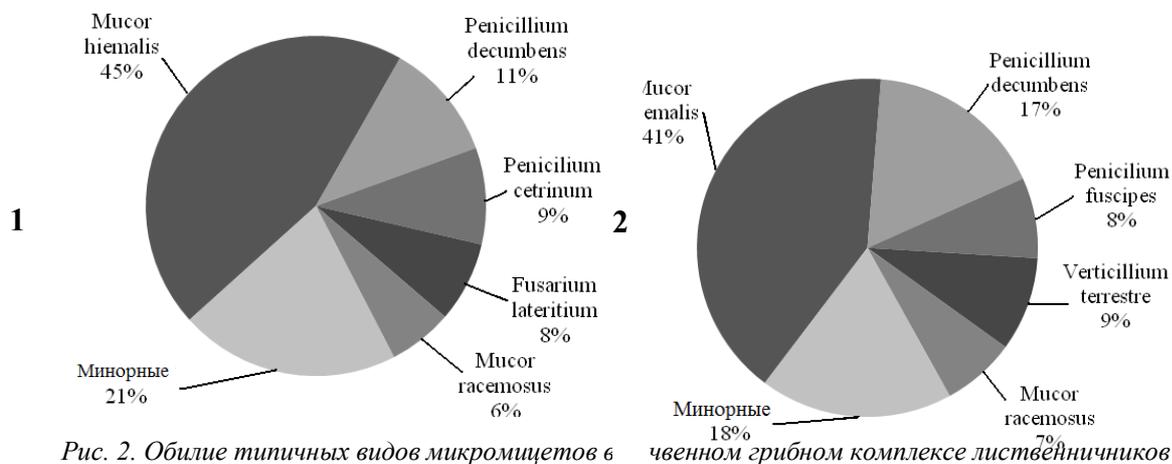


Рис. 2. Обилие типичных видов микромицетов в почвенном грибом комплексе листьевничников

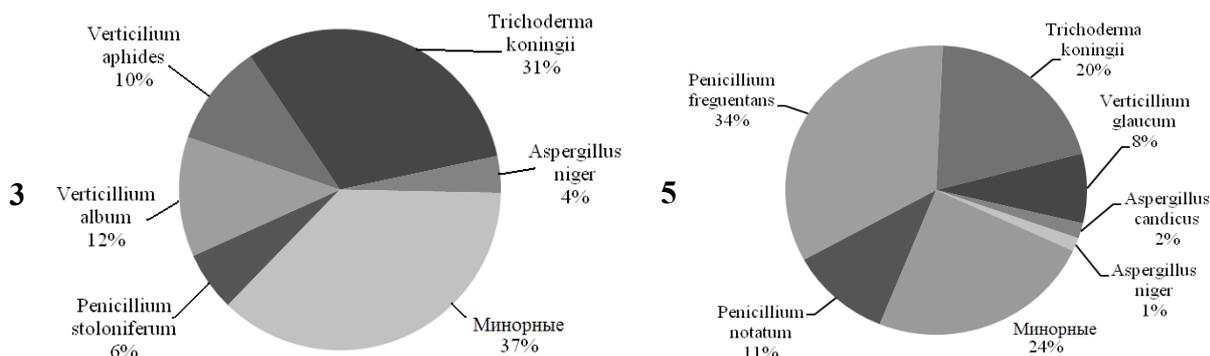


Рис. 3. Обилие типичных видов микромицетов в почвенном грибом комплексе тополиников

Однако численность микромицетов данной группы была несколько ниже, чем в почвах лесных экосистем. Отмечается достаточно большое разнообразие фузариев. Виды рода *Fusarium Link* встречаются в лесных почвах значительно реже, чем в луговых и окультуренных. В наших исследованиях их участие в микобиоте почв достаточно высокое – 18,4%, что обусловлено развитием травянистой луговой растительности.

Важным фактором ограничения фузариев являются пенициллы. В почве под пологом леса эту функцию выполняют также микоризные грибы и сапротрофы. Снижение численности микоризных грибов и сапротрофов также обусловило увеличение доли фузариев в почвах лесопарков.

Достаточно слабо представлены темноокрашенные гифомицеты, большинство которых относятся к целлюлозоразрушающим формам. Они занимают 9% в структуре почвенной микобиоты и представлены 4 родами: *Alternaria Ness*: *Cladosporium Link*: *Nigrospora (Sreg) Mason*: *Stachybotrys (Srinivasan) Barron*. Частота встречаемости их была невелика.

Установлено участие представителей родов *Alternaria Ness* и *Cladosporium Link* в процессах гумусообразования и устойчивости почв к загрязнению тяжелыми метал-

лами. Группа мукоральных грибов составляет 8,2% от всей выделенной почвенной микобиоты. Наибольшая частота встречаемости (100%) и обилие (41 – 45%) представителей порядка Mucorales наблюдалось в почвах лиственничников. Мукоральные грибы приурочены в основном к верхним горизонтам почвы и, обладая слабым ферментативным аппаратом, способны расщеплять в основном белки, пектиновые вещества и другие, сравнительно нестойкие органические соединения.

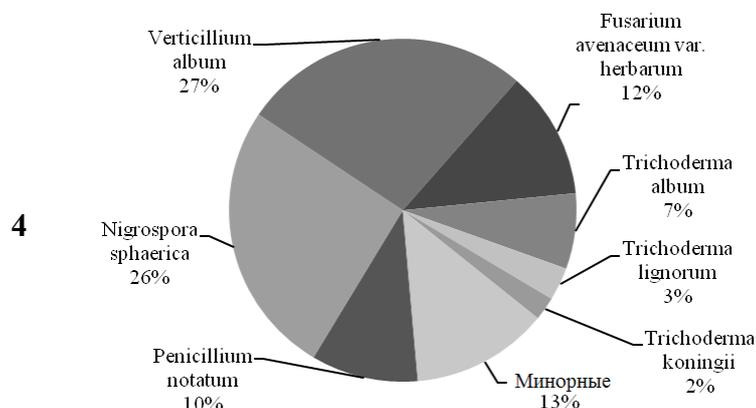


Рис.4. Обилие типичных видов микромицетов в почвенном грибном комплексе осинника

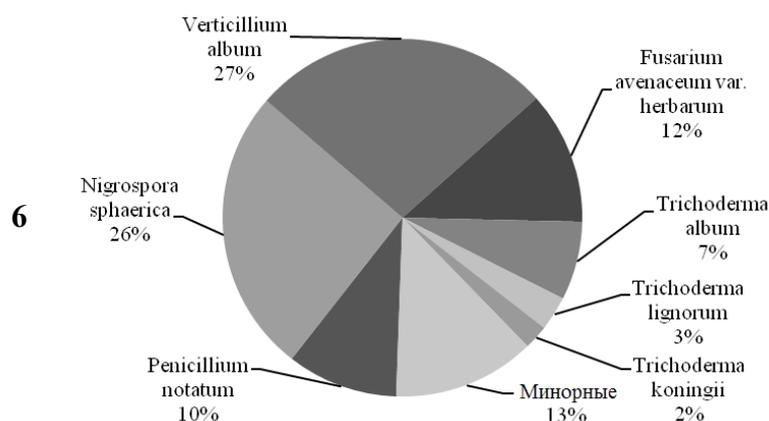


Рис.5. Обилие типичных видов микромицетов в почвенном грибном комплексе пихтового

Анализ структуры изучаемых сообществ микромицетов показал, что преобладали виды, относящиеся к роду *Penicillium*. Типичными частыми, выявляемыми с частотой более 60% являлись представители родов: *Mucor*, *Trichoderma*, *Verticillium*, *Nigrospora*, *Fusarium* (табл. 4). Более половины выявленных микромицетов попадали в разряд редких и случайных видов, имеющих низкую частоту встречаемости, менее 30%. Большинство из них являются «сорными», эвритопами видами. Это такие виды, как: *Aspergillus flavus* Link; *A. versicolor* (Vuill) Tieroboschi; *Chaetomium globosum* Fres; *P. funiculosum* Thom; *P. chrysogenum* Thom. Виды *Penicillium funiculosum* Thom, *P. chrysogenum* Thom, *P. purpurogenum* Stoll. более типичны для урбаноземов и луговых почв.

Известно, что споры таких эвритопадных видов легко переносятся воздушными потоками. Довольно часто выделяется стерильный мицелий *Mycelia sterilia*.

Таким образом, проведенные исследования микобиоты лесопарков показали, что воздействие рекреации приводит к обеднению видового состава симбиотрофных грибов и увеличению количества видов с более широкой экологической амплитудой. Эти изменения отражаются на состоянии древостоя. По итогам проведенного обследования лесопатологического состояния древостоя в лесопарках наблюдается тенденция к уменьшению количества деревьев первой категории санитарного состояния и увеличения числа ослабленных и усыхающих стволов.

Таблица 4

## Структура сообществ микромицетов лесопарка «Дубовая роща»

№ пробн. площади	Доминанты	Типичные
1	<i>Mucor hiemalis</i> Wehmer; <i>Penicillium decumbens</i> Thom; <i>P. citrinum</i> Thom.	<i>M. racemosus</i> Fres; <i>P. lanosum</i> Westling; <i>P. notatum</i> Westling; <i>Trichoderma lignorum</i> (Tode) Harz; <i>Nigrospora sphaerica</i> (Speg) Mason; <i>Verticillium terrestre</i> (Link) Lindau; <i>Botrytis cinerea</i> Persoon ex Freise; <i>T. koningii</i> Oudem.
2	<i>Mucor hiemalis</i> Wehmer; <i>Penicillium decumbens</i> Thom; <i>Saccardo</i> ; <i>P. fuscipes</i> Saccardo; <i>Verticillium terrestre</i> (Link) Lindau.	<i>P. lanosum</i> Westling; <i>P. citrinum</i> Thom; <i>P. cyclopium</i> Westl; <i>V. glaucum</i> Bonorden; <i>V. nubilum</i> Pethybr; <i>T. koningii</i> Oudem; <i>F. sporotrichella</i> Bilai; <i>M. hiemalis</i> Wehmer; <i>F. sambucinum</i> Fuck.
3	<i>Penicillium stoloniferum</i> Thom; <i>Trichoderma koningii</i> Oudem; <i>Verticillium album</i> (Preuss) Pidopliczko; <i>Verticillium aphides</i> Baumler.	<i>P. notatum</i> Westling; <i>P. digitatum</i> Saccardo; <i>P. Jenseni</i> Zaleski; <i>P. chrysogenum</i> Thom; <i>Aspergillus niger</i> van Tiegh; <i>T. lignorum</i> (Tode) Harz; <i>Fusarium lateritium</i> Nees; <i>F. oxysporum</i> Schlecht; <i>F. avenaceum</i> (Fr) Sac.
4	<i>Penicillium notatum</i> Westling; <i>Nigrospora sphaerica</i> (Speg) Mason; <i>Fusarium avenaceum</i> var. <i>herbarum</i> (Corda) Sacc; <i>Verticillium album</i> (Preuss) Pidopliczko.	<i>Trichoderma album</i> Preuss; <i>P. cyclopium</i> Westl; <i>P. nigricans</i> (Bain) Thom; <i>P. citrinum</i> Thom; <i>P. frequentans</i> Westl; <i>Verticillium aphides</i> Baumler; <i>V. puniceum</i> Cooke; <i>T. lignorum</i> (Tode) Hanz; <i>T. koningii</i> Oudem; <i>Mucor hiemalis</i> Wehmer; <i>F. sporotrichella</i> Bilai.
5	<i>Penicillium frequentans</i> Westl; <i>Penicillium notatum</i> Westling; <i>Trichoderma koningii</i> Oudem; <i>Verticillium glaucum</i> Bonorden.	<i>P. digitatum</i> Saccardo; <i>P. Jenseni</i> Zaleski; <i>Aspergillus candidus</i> Link; <i>Alternaria tennis</i> Nees; <i>V. album</i> (Preuss) Pidopliczko; <i>P. canescens</i> Sopp; <i>A. niger</i> van Tiegh; <i>Fusarium avenaceum</i> var. <i>herbarum</i> (Corda) Sacc; <i>P. funiculosum</i> Thom; <i>Stachybotrys bisbyi</i> Barron.
6	<i>Penicillium lanosum</i> Westling; <i>Penicillium notatum</i> Westling; <i>Verticillium album</i> (Preuss) Pidopliczko; <i>Verticillium puniceum</i> Cooke.	<i>P. digitatum</i> Saccardo; <i>P. canescens</i> Sopp; <i>P. cyclopium</i> Westl; <i>P. spinulosum</i> Thom; <i>Mortirella ramaniana</i> ; <i>Mucor hiemalis</i> Wehmer; <i>Cladosporium herbarum</i> (Persoon) Link ex Fies; <i>Trichoderma koningii</i> Oudem; <i>T. album</i> Preuss; <i>Fusarium avenaceum</i> var. <i>herbarum</i> (Corda) Sacc; <i>T. lignorum</i> (Tode) Hanz; <i>Nigrospora sphaerica</i> (Speg) Mason.

**Вывод.** Стадии развития сукцессий фитотрофных макро- и микромицетов, включая конкуренцию, стабилизацию в разных по степени нарушенности лесных экосистемах, исходя из экологических особенностей конкретных популяций грибов, дают материал для реконструкции и предсказания дальнейшей эволюции сообществ грибов и их влияния

на лесные породы – центральные виды консорций и на экосистему в целом. Эти материалы могут быть использованы для разработки новых подходов к оценке и прогнозированию экологических ситуаций в лесных экосистемах с помощью микологического мониторинга.

### Список литературы

1. Марфенина, О.Е. Антропогенные изменения комплексов микроскопических грибов в почвах / О.Е. Марфенина // Микология и фитопатология. – 2002. – Т.36. Вып.4. – С. 45–57.
2. Бондарцева, М.А. Эколого-биологические закономерности функционирования ксилотрофных базидиомицетов в лесных экосистемах / М.А. Бондарцева // Грибные сообщества лесных экосистем. – М., 2000. – С. 9–26.
3. Звягинцев, Д.Г. Разнообразие грибов и актиномицетов и их экологические функции / Д.Г. Звягинцев, И.П. Бабьева, Г.М. Зенова // Почвоведение. – 1996. – №6. – С. 705–713.
4. Билай, В.И. Основы общей микологии / В.И. Билай. – Киев: Высшая школа, 1989. – 392 с.
5. Гаврицкова, Н.Н. Влияние антропогенного фактора на формирование микобиоты в лесопарке «Сосновая роща» / Н.Н. Гаврицкова, Т.Х. Гордеева, А.А. Даминова // Современные проблемы почвоведения и экологии. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. – С. 25 – 29.
6. Бондарцев, А.С. Трутовые грибы европейской части СССР и Кавказа / А.С. Бондарцев. – М.-Л., 1953. – 1106 с.
7. Журавлев, И.И. Определитель грибных болезней деревьев и кустарников: справочник / И.И. Журавлев, Т.Н. Селиванова, Н.А. Черемисинов. – М.: Лесная промышленность, 1979. – 247 с.
8. Теппер, Е.З. Практикум по микробиологии / Е.З. Теппер, В.К. Шильникова, Г.И. Переверзева. – М.: Дрофа, 2004. – 256 с.
9. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.
10. Курсанов, Л.И. Определитель низших растений / Л.И. Курсанов. – М.: Изд-во Советская наука, 1956. – 449 с.
11. Литвинов, М.А. Определитель микроскопических почвенных грибов / М.А. Литвинов. – Л.: Наука, 1967. – 303 с.
12. Пидопличко, Н.М. Грибы – паразиты культурных растений: справочник / Н.М. Пидопличко. – Киев: Наукова Думка, 1977. – 299 с.
13. Стороженко, В.Г. Научные основы устойчивости лесов к дереворазрушающим грибам / В.Г. Стороженко, М.А. Бондарцева, В.А. Соловьев, В.И. Крутов. – М.: Наука, 1992. – 221 с.
14. Domsh, K.H. Compendium of soil fungi / K.H. Domsh, W. Gams, T.H. Andersen. – London: Acad. Press, 1993. – Vol. 1. – 859 p.

Поступила в редакцию 17.09.07

УДК 625.072:531.8

*М. Г. Салихов, С. Я. Алибеков, Ю. Е. Щербаков,  
Е. В. Вайнштейн, В. П. Сапцин*

## **О НЕТРАДИЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ПРОИЗВОДСТВА И УКЛАДКИ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЛЕСНОЙ ЗОНЕ**

*Рассмотрены примеры технологических карт при производстве и укладке некоторых дорожно-строительных материалов с учетом эффекта акад. П.А.Ревбиндера при объединении щебня карбонатных пород с вяжущими.*

**Введение.** Дорожная отрасль отличается от большинства других линейностью и сравнительно большой материалоёмкостью. Технологии приготовления с применением традиционных каменных материалов и вяжущих, таких как щебень, песок строительный, минеральный порошок, битумы и портландцементы, сводятся к подбору составов, нагреву, просушке или увлажнению компонентов, дозированию, перемешиванию и уплотнению различными способами. Конечная цель технологии – формирование оптимальной микро- и макроструктуры бетонов в дорожных сооружениях. Взаимные связи между элементами структуры достигаются за счет межмолекулярного сцепления и внутреннего трения частиц минеральных материалов, клеящих свойств пленки вяжущих, химических и физико-химических процессов на разделах фаз при достижении (плотной) оптимальной упаковки. Влияние физико-механических свойств компонентов, химических процессов между ними, однородности смесей и степени уплотнения изучены достаточно хорошо и технологически учитываются. Однако межфазные процессы до настоящего времени либо учитываются не в полной мере, либо не учитываются вовсе. Их учет, особенно при применении в смесях относительно малопрочных и неконденционных каменных материалов (например, щебня из малопрочных карбонатных пород и мелкозернистого песка), может явиться большим резервом повышения эффективности дорожного строительства.

**Теоретическое обоснование и постановка задачи.** Устойчивость конгломератных систем зависит и от прочности межфазных связей. Так, согласно уравнению Дюпре [1, 2], работа адгезии пленки вяжущего к поверхности твердого тела

$$W_{адз} = \sigma^{ж-г} \cdot (1 + \cos \theta), \quad (1)$$

где  $\sigma^{ж-г}$  – свободная поверхностная энергия на границе раздела фаз «жидкость – воздух», т.е. поверхностное натяжение жидкости;

$\theta$  – краевой угол смачивания капли жидкости на поверхности твердого тела (камня).

Согласно эффекту академика П.А.Ревбиндера [3], при контакте с активной жидкостью или дисперсными частицами у камня происходит снижение свободной поверхностной энергии  $W_{св}$ , которая может быть найдена из выражения:

$$\Sigma W_{св} = \sigma^{т-ж} \cdot \Sigma S, \quad (2)$$

где  $\Sigma S$  – суммарная площадь контактных зон;

$\sigma^{т-ж}$  – свободная поверхностная энергия на границе раздела фаз «твердое тело – жидкость».

При условии наступления равновесия в контактных зонах из уравнения Неймана можно записать:

$$\sigma^{m-ж} = \sigma^{m-в} - \sigma^{ж-в} \cdot \cos\theta, \quad (3)$$

где  $\sigma^{m-в}$  – свободная поверхностная энергия на границе раздела фаз «твердое тело – воздух».

Подставив (3) в (2), получаем:

$$W_{св} = (\sigma^{m-в} - \sigma^{ж-в} \cdot \cos\theta) \cdot \Sigma S. \quad (4)$$

Отсюда видно, что падение (снижение) свободной поверхностной энергии, и соответственно прочности межфазных связей, прямо пропорционально изменению свободной поверхностной энергии твердого тела, поверхностному натяжению жидкости, краевому углу смачивания жидкости и суммарной площади контактных зон. Известно, что чем мельче каменный материал, тем больше значение суммарной площади его поверхностей, тем больше его потенциальная активность. Соответственно, тем больше падение его свободной поверхностной энергии и работа адгезии. Это говорит о том, что при увеличении площади контактных зон пропорционально усиливаются межфазные связи и устойчивее получается система. При использовании в смесях щебня малопрочных карбонатных пород с развитой внутренней поверхностью обеспечение большего контакта с активной жидкостью происходит легче, чем у изверженных пород. Это связано с наличием на их поверхности большого количества открытых пор и трещин, по которым жидкости и активные дисперсные частицы проникают вглубь под действием фильтрационных и диффузионных процессов. Процесс движения жидкостей во внутренней структуре камня может быть облегчен действием избыточных давлений, нагрева, вакуумирования, воздействием ультразвукового и вибрационного поля и т.д. по отдельности или комплексно [4, 5]. Эти положения были проверены и подтверждены многочисленными экспериментами.

**Предложения по практическому решению проблемы.** Авторами разработаны нетрадиционные технологии производства работ. Примеры некоторых технологических карт представлены в табл. 1, 2.

Таблица 1

**Технологическая карта производства черного известнякового щебня методом объёмной пропитки нефтяным гудроном для конструктивного слоя дорожной одежды толщиной 10 см на 1000 м<sup>2</sup>**

№ процессов	Источник обоснования	Описание рабочих процессов	Ед. измерения	Кол-во работ	Производительность в смену	Потребность в маш/см
1	ВНиР, В45-27	Транспортировка щебня к сушильному барабану бульдозером, питателем и ковшовым элеватором	м <sup>3</sup>	1100	296,3	3,71
2	Расчет	Просушка щебня(при 200–220 °С	м <sup>3</sup>	1100	160	6,88
3	СниП 1V-3-84. Приложение	Транспортировка щебня от суш. барабана передвижным ленточным транспортером на расстояние до 5 м	м <sup>3</sup>	1100	480	2,29
4	ЕНиР, Е1-2	Транспортировка щебня от склада до установки для пропитки одноковшовым погрузчиком на расстояние до 50 м и его разгрузка в бадью	м <sup>3</sup>	1100	109,1	10,1

Окончание табл. 1

№ процессов	Источник обоснования	Описание рабочих процессов	Ед. измерения	Кол-во работ	Производительность в смену	Потребность в маш/см
5	Расчет	Транспортировка щебня в бадье кран-балкой от пункта загрузки до приямка гудронохранилища	м <sup>3</sup>	1100	320	3,44
6	ЕНиР, Е-17-19	Нагрев гудрона до 90 °С	м <sup>3</sup>	1100	4,21	4,58
7	Расчет	Пропитка щебня	м <sup>3</sup>	1100	80	13,75
8	Расчет	Транспортировка бадьи до пункта загрузки щебнем	м <sup>3</sup>	1100	-	-
9	Расчет	Вибрирование черного щебня и его укладка в склад	м <sup>3</sup>	1100	400	2,75
10	ВНиР, Сб. В45	Погрузка черного щебня на автосамосвалы погрузчиком		1100	307,7	3,57

Таблица 2

**Технологическая карта производства черного объемно-силикатизированного щебня для конструктивного слоя толщиной 10 см дороги 3-й категории**

№ процессов	Источник обоснования	Описание рабочих процессов	Ед. измерения	Кол-во работ	Производительность в смену	Потребность в маш/см
1	ЕНиР, Е1-1	Погрузка известнякового щебня фр. 10 – 20 мм в кузов автосамосвала погрузчиком ТО-18	м <sup>3</sup>	13,4	267	0,05
2	Расчет	Подвоз щебня на АБЗ автосамосвалами КамАЗ-5511 на расстояние до 30 км	м <sup>3</sup>	13,4	35,9	0,37
3	ЕНиР, Е2-1-22	Загрузка щебня в бункер-питатель погрузчиком ТО-18 (или надвигка бульдозером ДЗ-29)	м <sup>3</sup>	13,4	267 (851)	0,05 (0,02)
4	Расчет	Просушка щебня в сушильном агрегате	м <sup>3</sup>	13,4	160	0,08
5	Расчет	Выгрузка просушенного щебня в кузов автосамосвала и транспортирование на расстояние до 500 м	м <sup>3</sup>	13,4		
6	Е1-1	Погрузка просушенного щебня в перфорированные бочки (15 шт) погрузчиком ТО-18	м <sup>3</sup>	3,0	267	0,01
7, 8	Е-2527	Снятие крышки с цистерны № 1 при помощи ручной лебедки и заполнение её натриевым жидким стеклом при помощи шестеренного насоса	шт.	1	11	0,1
9	Е1-5	Подъем и опускание перфорированной бочки со щебнем в раствор жидкого стекла автокраном КС-2561 Е	т	0,5	11	0,05
10	Е25-27	Снятие крышки с цистерны № 2 и заполнение её раствором хлористого кальция	шт.	1	11	0,1
11	Е1-5	Подъем автокраном 1-й бочки из цистерны № 1, опускание её в бак № 2 до погружения	т	0,5	11	0,05
12	Е1-5	Подъем автокраном 1-й бочки из цистерны № 2 и опускание на разгрузочную площадку	т	0,5	11	0,05
13	Е25-27	Выгрузка пропитанного стабилизированного щебня из 1-й бочки при помощи ручной лебедки	шт.	1	11	0,1
14	Е1-5	Подъем автокраном 2-й бочки из цистерны № 1, опускание её в цистерну № 2 до погружения	т	0,5	11	0,05
15	Е1-5	Подъем автокраном 2-й бочки из бака № 2 и опускание на разгрузочную площадку	т	0,5	11	0,05

Окончание табл. 2

№ процес-сов	Источник обоснования	Описание рабочих процессов	Ед. измерения	Кол-во работ	Производительность в смену	Потребность в маш/см
16	E25-27	Выгрузка пропитанного и стабилизированного щебня из 2-й бочки при помощи ручной лебедки	шт.	1	11	0,1
17		Повторить с п. 7 по п. 11 ещё 13 раз	т	0,5		12,4
18	E25-27	Подъём и установка крышки на цистерну № 1 ручной лебедкой	шт.	1	11	0,1
19		Подъём и установка крышки на цистерну № 2 ручной лебедкой	шт.	1	11	0,1
20		Повторить с п. 6 по п. 17 включительно ещё 3 раза (II, III, IV циклы 45 бочек или 9 м <sup>3</sup> щебня), итого: -автокран -ручная лебедка -погрузчик	т шт. м <sup>3</sup>	0,5 1 12		0,32 37,2 48,0
21	E1-1	Погрузка просушенного щебня в бочки (15 шт) погрузчиком ТО-18				
22	E25-27	Снятие крышки с цистерны при помощи ручной лебедки и заполнение жидким стеклом (№ 1)	шт.	1	11	0,1
23	E1-5	Подъём и опускание бочек с щебнем (7 шт) в раствор жидкого стекла (в цистерну № 1) автокраном КС 2561 Е	т	0,5	11	0,05
24	E1-5	Подъём автокраном 61-й бочки из цистерны №1, опускание её в цистерну № 2 до погружения	т	0,5	11	0,05
25	E1-5	Подъём автокраном 62-й бочки из цистерны № 2 и опускание на разгрузочную площадку	т	0,5	11	0,05
26	E25-27	Выгрузка пропитанного и стабилизированного щебня из 61-й бочки при помощи ручной лебедки	шт.	1	11	0,1
27		Повторить с п. 22 по п. 24 ещё раз	т	0,5		6,0
28	E2527	Подъём и установка крышки на цистерну № 1 ручной лебедкой	т.	1	11	0,1
29		Итого для пропитки 13,4 м <sup>3</sup> щебня (67 бочек по 0,2 м <sup>3</sup> ) требуется: -автокран -ручная лебедка -погрузчик	т шт. м <sup>3</sup>	0,5 1 12		43,2 56,8 0,36
30	Расчет	Подвоз пропитанного щебня к агрегату питания фронтальным погрузчиком	м <sup>3</sup>	13,4		
31	E1-1	Загрузка щебня в бункер-питатель погрузчиком ТО-18	м <sup>3</sup>	13,4	267	0,05
32		Просушка объёмно-силикатизированного щебня в сушильном агрегате				
33		Перемешивание объёмно-силикатизированного щебня с битумом (3 % от массы щебня) в смесителе в течение 1 мин.				
34		Выпуск черного объёмно-силикатизированного щебня из смесителя в кузов автосамосвала (потребителю)				

Часть предложенных нами технологий, основанных на принципах использования потенциала свободной поверхностной энергии внутренних поверхностей малопрочных каменных материалов, принята производителями и реализована на практике.

Так, например, объёмная пропитка известнякового щебня путем создания избыточных давлений столбом пропитываемых жидкостей – нефтяным гудроном

осуществлена на Фомичевском АБЗ Куженерского ДРС ГУП Республики Марий Эл в августе 1997 года и натриевым жидким стеклом – в Балтасинском ДУ Республики Татарстан в сентябре 2001 года.

В связи с обострением проблемы дорожно-транспортных происшествий на дорогах в зимний период из-за резкого повышения интенсивности движения и образования на покрытиях льда и снежного наката авторами в 2006 году разработаны и переданы в производство (заказчик – ГУ «Марийскавтодор») составы антигололедных асфальтобетонных смесей с пониженной адгезией льда длительного действия [6]. Разработаны соответствующие технологии их производства и укладки (табл. 3).

В настоящее время идет процесс их производственной проверки в Килемарском ДРС ГУП РМЭ. Суть одной из предложенных технологий состоит в замене некоторой части песчаной фракции асфальтобетонных смесей для верхнего слоя покрытия кристаллической противоморозной солью. В качестве последней используется хлористый натрий. Соль NaCl можно вносить в процессе приготовления, в процессе укладки асфальтобетонной смеси в покрытие или в виде заранее приготовленной песчано-соляной смеси.

Резкое возрастание интенсивности движения и подвижных нагрузок на автомобильных дорогах России и во всем мире, особенно за последние 10 – 15 лет, побудило создание многощелебных асфальтобетонных смесей на прочном щебне с повышенной сдвигоустойчивостью, известных под названием щебеночно-мастичных асфальтобетонов (ЩМА) [7]. Однако они обладают сравнительно высокой себестоимостью, требуют переоборудования технологических линий по выпуску традиционных смесей, перерасхода битума и дорогостоящих импортных связующих добавок.

Таблица 3

**Технологическая карта устройства верхнего слоя покрытия автомобильной дороги толщиной 5 см и шириной 8,0 м со скоростью потока 250 м/см из антигололедной асфальтобетонной смеси**

№ процессов	Источник обоснования	Описание рабочих процессов	Единица измерения	Количество работ	Производительность в смену	Потребность в маш/см
1	ЕНиР, Е17-5	Разбивочные работы. Подгрунтовка основания розливом жидкого битума в количестве 0,8 л/м <sup>2</sup> автогруднатором при дальности возки 20 км	т	6,40	8,51	0,76
2	Расчет	Подвозка асфальтобетонной смеси на 20 км автосамосвалами (10 т) с разгрузкой в бункер асфальтоукладчика	т	249,3	24,4	10,2
3	ЕНиР, Е17-6	Укладка асфальтобетонной смеси асфальтоукладчиком слоем 5 см	м <sup>2</sup>	2000	4705,8	0,42
4	ЕНиР, Е17-7	Подкатка асфальтобетонной смеси катком с массой 6 т при 5 проходах по одному следу	м <sup>2</sup>	2000	2580,7	0,77
5	ЕНиР, Е17-7	Укатка асфальтобетонной смеси тяжелым катком с массой свыше 10 т при 10 проходах по одному следу	м <sup>2</sup>	2000	1269,8	1,57

С целью снижения себестоимости ЩМА в Чувашской Республике в качестве стабилизирующей добавки опробованы отходы и побочные продукты местной промышленности, в частности целлюлозно-бумажной и текстильной промышленности, после обработки их огнестойким антипиреном [8]. Исследования опытных участков, проведенные сотрудниками УПРДОР «Волга» совместно с ППС Волжского филиала МАДИ (ГТУ), показали работоспособность и эффективность ЩМА с использованием вышеуказанных добавок. На кафедре автомобильных дорог МарГТУ подобраны составы ЩМА и испытаны их образцы с использованием отсевов дробления известнякового камня Новоторьяльского КДЗ без добавления стабилизирующей добавки [9]. Получены также обнадеживающие результаты. Исследования в этом направлении продолжаются.

**Вывод.** Широко используемые традиционные технологии производства и укладки различных дорожно-строительных материалов исчерпали свои возможности в плане дальнейшего улучшения эксплуатационных свойств дорожных конструкций. В связи с этим нетрадиционные технологии производства и укладки могут дать новый импульс в развитие дорожной отрасли и явиться резервом повышения эффективности и качества дорожно-строительных работ в целом.

### Список литературы

1. Битумные материалы (асфальты, смолы, пеки) / под ред. А.Дж. Хойберга; пер. с англ. С.Ш. Абрамовича. – М.: Химия, 1974.– 247 с.
2. Королев, И.В. Пути экономии битума в дорожном строительстве / И.В. Королев. – М.: Транспорт, 1986. – 149 с.
3. Ребиндер, П.А. Поверхностные явления в дисперсных средах / П. А. Ребиндер // Избр. труды. – М.: Наука, 1979. – С. 31 – 32.
4. Салихов, М.Г. Разработка научно-практических основ объёмной пропитки малопрочных каменных материалов жидкими вяжущими для дорожного строительства: автореф. дисс. ... д-ра техн. наук. – М.: МАДИ (ГТУ), 1999. – 37 с.
5. Баронова, Л.Г. Разработка технологии строительства одежд лесовозных дорог с использованием черного объёмно-силикатизированного щебня: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2003. – 19 с.
6. Салихов, М.Г. О разработке составов, производстве и укладке асфальтобетонов с пониженной адгезией льда / М.Г.Салихов, М.Х.Хамзин, Ю.Е.Щербаков и др. // Современные научно-технические проблемы транспортного строительства: сб. науч. трудов Всеросс. науч.-практической конф. – Казань: КазГАСУ, 2007. – С. 104 – 106.
7. ГОСТ 31015-2002. Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон щебеночно-мастичные. Технические условия: Принят Межгос. НТК по стандартизации и сертификации в строительстве и ЖКХ Госстроя России 17.10.2002. – М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2003. – 22 с. (Введен в действие с 01.05.2003 г.).
8. Салихов, М.Г. Опытно-промышленная апробация асфальтобетонной смеси с использованием местных стабилизирующих добавок / М. Г. Салихов, И. В. Лотков //Наука в условиях современности: сб. статей студентов, аспирантов, докторантов и профессорско-преподавательского состава по итогам науч.-техн. конф. МарГТУ в 2006 году. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. – С. 159 – 161.
9. Вайнштейн, Е.В. Проектирование состава минеральной части щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси с заполнителем из отсевов дробления известняков без стабилизирующей добавки Viator-66 / Е. В. Вайнштейн //Научному прогрессу – творчество молодых: сб. материалов Всерос. науч. студ. конф. по естественно-научным и техническим дисциплинам. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. – С. 275.

Поступила в редакцию 01.08.07.

## РАСЧЕТ ТОННЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ВАРИАЦИОННОГО МЕТОДА В. З. ВЛАСОВА

*Эксплуатация транспортных систем связана с экологической безопасностью. Поэтому проектирование и расчет тоннелей является актуальной задачей. Разрабатывается методика расчета тоннелей с учетом нелинейной диаграммы деформирования материала. Получены основные уравнения и представлен пример расчета.*

**Введение.** В связи с экологической безопасностью и перегруженностью наземного транспорта возникает острая необходимость проектирования подземных транспортных систем. Наиболее экологически безопасным является метрополитен. Тоннели метрополитена короткой длины можно представить как призматические системы, контактирующие с упругой средой. В случае, когда отдельные участки испытывают сжатие в продольном направлении, то эти участки тоннеля необходимо рассматривать как пространственные задачи. Если оболочка тоннеля достаточно протяженная, то ее можно рассматривать как плоскую задачу теории упругости.

**Целью работы** является разработка методики расчета оболочки тоннелей.

**Интерпретация результатов.** Расчетная схема предлагается в виде однослойной модели Власова-Леонтьева [1, 2]. Как указывает В.З.Власов, данная модель является более совершенной, чем винклеровская модель, вследствие того, что она способна «распределять» нагрузку. В основу разрабатываемой методики расчета закладывается модель нелинейно-упругого материала оболочечной системы. Экспериментальные данные таких материалов, как бетон, различные сплавы, композиты, показывают, что зависимость между интенсивностями напряжений  $\sigma_i$  и деформаций  $e_i$  можно принять в виде кубического полинома

$$\sigma_i = E \cdot e_i - E_1 e_i^3, \quad (1)$$

где  $E$  – начальный модуль упругости,  $E_1$  – постоянная, учитывающая степень нелинейности материала (принимаются на основании экспериментальных данных).

Учитываем гипотезы Кирхгофа-Лява. Полагаем, что направляющие тензоров напряжений и деформаций совпадают. Используем известные соотношения между деформациями и перемещениями:

$$\varepsilon_x = e_x - z\chi_x; \quad \varepsilon_s = e_s - z\chi_s; \quad \varepsilon_{xs} = e_{xs} - 2z\chi_{xs}, \quad (2)$$

где  $e_x = \frac{\partial u}{\partial x}$ ;  $e_s = \frac{\partial v}{\partial s}$ ;  $e_{xs} = \frac{\partial u}{\partial s} + \frac{\partial v}{\partial x}$ ;  $\chi_x = \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}$ ;  $\chi_s = \frac{\partial^2 w}{\partial s^2}$ ;  $\chi_{xs} = \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial s}$ .

Величины  $u$ ,  $v$  и  $w$  соответствуют компонентам вектора перемещений точки  $K$  срединной поверхности пластинчатой системы в продольном  $x$ , поперечном  $s$  и нормальном  $z$  направлениях (рис.1).

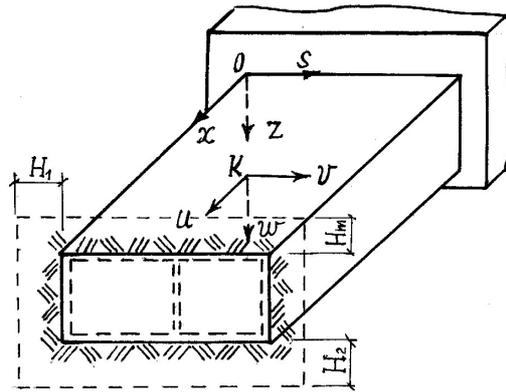


Рис. 1. Схема участка оболочки тоннеля в упругой среде

Двумерная задача сводится к одномерной. Перемещения выражаются по В.З.Власову [1] и принимаются в виде разложений:

$$\begin{aligned} u(x, s) &= \sum_i U_i(x) \varphi_i(s); & v(x, s) &= \sum_k V_k(x) \psi_k(s); \\ w(x, s) &= \sum_d W_d(x) f_d(s), \quad (i=1,2,3,\dots,m; k,d=1,2,3,\dots,n). \end{aligned} \quad (3)$$

Выражения интенсивности деформаций  $e_i$  и объемной деформации  $\theta$  с учетом гипотез Кирхгофа-Лява и сжимаемости материала ( $\sigma_z = 0$ ,  $\varepsilon_{xz} = 0$ ,  $\varepsilon_{sz} = 0$ ) можно записать следующим образом:

$$e_i = \frac{\sqrt{2}}{2(1+\nu)} \sqrt{(\varepsilon_x - \varepsilon_s)^2 + (\varepsilon_s - \varepsilon_z)^2 + (\varepsilon_z - \varepsilon_x)^2 + \frac{3}{2} \varepsilon_{xs}^2} \quad (4)$$

$$\theta = \frac{1-2\nu}{1-\nu} (\varepsilon_x + \varepsilon_s), \quad (5)$$

а деформация

$$\varepsilon_z = -\frac{\nu}{1-\nu} (\varepsilon_x + \varepsilon_s). \quad (6)$$

Составим удельную энергию изменения объема и формы [3]

$$\Phi = \frac{1}{2} K \theta^2 + \frac{2}{3} \int_0^{e_i} (1+\nu) \cdot \sigma_i \cdot de_i, \quad (7)$$

где  $K = E/[3(1-2\nu)]$  – модуль объемного сжатия.

Работа, отнесенная к единице площади поверхности оболочки, равна

$$A = \int_{-\delta/2}^{\delta/2} \Phi dz, \quad (8)$$

где  $\delta$  – толщина элемента оболочки.

Следуя методу В.З. Власова [1], призматическую систему принимаем дискретно-континуальной. Выбор координатных функций  $\varphi_i(s)$ ,  $\psi_k(s)$ ,  $f_d(s)$  осуществляется по виду деформированного состояния системы. Искомые функции  $U_i(x)$ ,  $V_k(x)$  и  $W_d(x)$  являются обобщенными перемещениями и подлежат определению из

решения задачи. В дальнейших записях функций переменные, указанные в скобках, опускаем.

Составляем полную энергию для системы

$$\Pi = \iint (A + q_x \sum_i U_i \varphi_i + q_s \sum_k V_k \psi_k + q_z \sum_d W_d f_d) dx ds, \quad (9)$$

где  $q_x, q_s, q_z$  – интенсивности внешних нагрузок, действующих на систему в продольном, поперечном и нормальном направлениях.

Из условий совместности деформаций в местах соединений пластин оболочки можно принять при  $d = k$

$$W_d = V_k. \quad (10)$$

Углы между пластинами учитываются при выборе координатных функций.

Определим минимум функционала (9), используя уравнения Эйлера-Лагранжа [4]:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dx} \frac{\partial F}{\partial U_i'} - \frac{\partial F}{\partial U_i} &= 0; \\ -\frac{d^2}{dx^2} \frac{\partial F}{\partial V_k''} + \frac{d}{dx} \frac{\partial F}{\partial V_k'} - \frac{\partial F}{\partial V_k} &= 0, \end{aligned} \quad (11)$$

где  $F$  – подынтегральная функция (11), штрихи означают обычные производные от функций по переменной  $x$ .

Полагаем, что прогибы пластин, составляющих систему, совпадают с осадкой упругой среды. Развернув уравнения (11) и присоединив работу реактивных давлений  $Q_j^{осн.}, Q_v^{осн.}$  упругой среды [1] соответственно в продольном и нормальном направлениях:

$$Q_j^{осн.} = \sum_i a_{ji}^0 U_i; \quad Q_v^{осн.} = 2 \sum_k \rho_{hk}^0 V_k'' - \sum_k s_{hk}^0 V_k, \quad (12)$$

получим уравнения равновесия.

Принимая, что деформированное состояние соответствует моменту потери устойчивости системы в упругой среде, в точках поперечного сечения системы все обобщенные поперечные нагрузки  $Q_v$  выразим через параметр продольной силы  $P$  и кривизну образующей срединной поверхности оболочки [1]

$$Q_v = P \sum_k \tilde{r}_{hk} V_k'', \quad (13)$$

приходим к системе обыкновенных нелинейных дифференциальных уравнений продольно-поперечного изгиба и устойчивости оболочки в упругой среде:

$$\begin{aligned} \gamma_1 \sum_i a_{ji} U_i'' - \sum_i \bar{b}_{ji} U_i - \sum_k c_{jk} V_k' &= \Phi_j; \\ -\gamma_1 \sum_k e_{hk} V_k^{IV} + \sum_k \left[ \frac{P}{G} \tilde{r}_{hk} + \bar{r}_{hk} + \frac{2\gamma}{1+\nu} (m_{hk} - \frac{\nu}{1-\nu} \alpha_{hk}) \right] V_k'' - \sum_k \bar{s}_{hk} V_k + \\ + \sum_i c_{hi} U_i' + \bar{Q}_v &= \Phi_h, \end{aligned} \quad (14)$$

где 
$$\bar{Q}_v = \frac{1}{G} \int_s (q_h \psi_h + q_z f_h) ds;$$

$$\begin{aligned} \bar{b}_{ji} &= b_{ji} + \frac{1}{G} a_{ji}^0; & \bar{r}_{hk} &= r_{hk} + \frac{1}{G} \rho_{hk}^0; & \bar{s}_{hk} &= \gamma_1 s_{hk} + \frac{1}{G} s_{hk}^0; & \gamma_1 &= \frac{E}{G(1-\nu^2)}; \\ a_{ji}^0 &= \frac{E_0}{2(1+\nu_0)H_m} \int_s \varphi_j \varphi_i ds; & \rho_{hk}^0 &= \frac{E_0 H_m}{12(1+\nu_0)} \int_s f_k f_h ds; \\ s_{hk}^0 &= \frac{E_0}{H_m(1-\nu_0^2)} \left\{ \int_s f_k f_h ds + \frac{H_m^2(1-\nu_0)}{6} \int_s f_k' f_h' ds \right\}. \end{aligned} \quad (15)$$

В уравнениях и в коэффициентах приняты следующие обозначения:  $E_0$ ,  $\nu_0$  – соответствуют модулю деформации и коэффициенту Пуассона упругой среды; выражения  $\Phi_j$  и  $\Phi_h$  в (15) учитывают физическую нелинейность материала оболочки [5].

Для решения данной задачи составлена программа на языке Фортран. Интегрирование нелинейных дифференциальных уравнений ведется численным методом Рунге-Кутты. Поиск недостающих краевых условий нелинейной задачи проводится итерационным методом типа Ньютона.

Для определения критической нагрузки применяется шаговый метод. За ведущий параметр принимается продольная нагрузка. Момент расхождения итерационного процесса принимается за критическое состояние оболочки.

В качестве примера рассчитывалась на сжатие с кручением оболочка тоннеля замкнутого поперечного сечения, контактирующая с упругой средой. Геометрические параметры оболочки следующие:  $\delta/a=1/48$  – отношение толщины стенки оболочки к поперечному размеру,  $l/a=15$  – отношение длины к наибольшему поперечному размеру,  $a/b=1,5$  – отношение большей стороны поперечного сечения к меньшей. Отношение деформируемого слоя упругой среды к поперечному размеру системы равно  $H/a=2,5$ , а отношение  $E_0/G=0,001$ . Степень физической нелинейности принималась  $E_1/E=10^5$ . Сжимающие силы прикладываются к торцам оболочки (рис. 2). Края оболочки опираются на диафрагмы, которые считаются абсолютно гибкими из своей плоскости и абсолютно жесткими в ней.

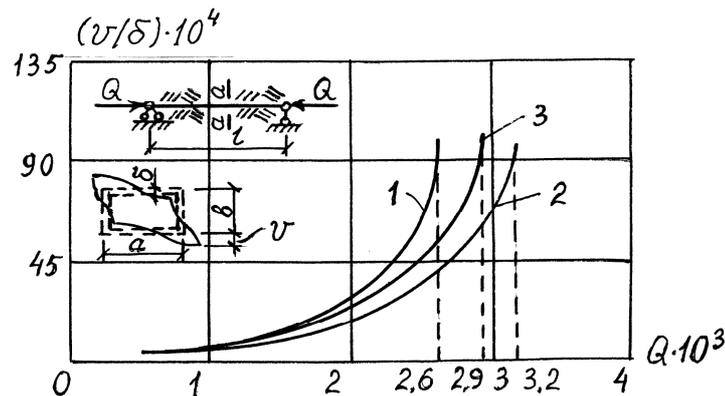


Рис. 2. Относительное перемещение угловой точки контура поперечного сечения  $a-a$  оболочки в зависимости от действия нагрузки: 1, 2 – по линейной теории соответственно без учета и с учетом упругой среды; 3 – с учетом физической нелинейности и упругой среды

**Вывод.** На основании проведенных исследований можно сделать заключение, что полученные уравнения позволяют рассчитывать на устойчивость оболочки тоннеля с учетом нелинейного деформирования материала.

*Список литературы*

1. *Власов, В.З.* Тонкостенные пространственные системы / В.З. Власов. – М.: Госстройиздат, 1958. – 502 с.
2. *Власов, В.З.* Балки, плиты и оболочки на упругом основании / В.З. Власов, Н.Н. Леонтьев. – М.: ГИФМЛ, 1960. – 491 с.
3. *Лукаш, П.А.* Основы нелинейной строительной механики / П.А. Лукаш. – М.: Стройиздат, 1978. – 204 с.
4. *Смирнов, В.И.* Курс высшей математики / В.И. Смирнов. – М. – Л.: ГИТЛ, 1957. – 627 с.
5. *Иванов, С.П.* Расчет нелинейных пластинчатых систем вариационным методом В.З. Власова / С.П. Иванов // Известия вузов. Строительство. – 2002. – №6. – С. 18 – 23.

Поступила в редакцию 10.08.07.

## ДАТЫ, СОБЫТИЯ, КОММЕНТАРИИ

### Дрезденский технический университет стал нам ближе

В сентябре 2007 года представительная делегация Марийского государственного технического университета из 16 человек, представляющих профессорско-преподавательский состав, директоров лесхозов и преподавателей лесных техникумов Чувашии, Кировской, Ярославской и Нижегородской областей, посетила с деловым визитом Дрезденский технический университет в рамках проекта Темпус IV-ЖЕР\_26038\_2005 «Тренинг, расширение международного сотрудничества и развитие потенциала для устойчивого лесопользования в Поволжье». В течение двух недель нашего визита проходил семинар по вопросам проекта, а также состоялись встречи ректора Марийского государственного технического университета профессора Е.М. Романова с администрацией Дрезденского технического университета и Университета прикладных наук г. Миттвейда.

Напомним, что программа «Темпус» направлена на создание благоприятных условий для развития экономических, научных, образовательных и культурных связей между Европейским сообществом и странами бывшего СССР. Одна из главных ее целей – совершенствование систем высшего образования в европейских странах.

МарГТУ в 2006 г. стал координатором этого крупного, рассчитанного на три года, международного гранта, грантодержателем которого является один из крупнейших европейских вузов – Хельсинкский университет.

Среди других участников проекта – Университет Аристотеля (Греция), Университет природных ресурсов и прикладных наук о Земле (Австрия), Дрезденский технический университет (Германия), Институт защиты сельского и лесного хозяйства и Университет Падовы (Италия), а также консалтинговая компания Woodscape Consult (Дания).

В течение ближайших трех лет в МарГТУ будут проходить стажировку лучшие специалисты ведущих европейских школ лесного хозяйства. Кроме того, десятки специалистов марийского вуза отправятся в зарубежные командировки в ведущие университеты Европы. В стенах МарГТУ пройдут многочисленные международные семинары, тренинги и конференции по проблемам устойчивого управления лесами.

Семинар в Германии подготовили и провели сотрудники кафедры лесоводства Дрезденского технического университета под руководством профессора Свена Вагнер. Программа семинара, включающая лекции профессоров о лесной промышленности, лесоводственных, экономических и лесоустроительных особенностях в современной Германии, была подготовлена с учетом наших пожеланий и насыщена интересной информацией. Поминутное расписание всех визитов, презентаций, встреч и полевых экскурсий было точно расписано и выполнялось с немецкой точностью.

Немецкие коллеги старались подробно объяснить делегации МарГТУ все последние тенденции в развитии лесного хозяйства и образования в Германии после ее объединения в 1990 году. Наибольшие экономические и демографические перемены с этого

времени произошли в Восточной Германии. В частности, инвестиции в развитие инфраструктуры (дороги, здания, образовательные учреждения) особенно заметны в этой части Германии. Нам удалось побывать в Саксонии, Тюрингии (бывшая Восточная Германия) и Нижней Саксонии (бывшая Западная Германия). Дороги (автобаны) были лучше на востоке, новые корпуса факультета гео-, гидро- и лесных наук также были более современны, чем в Геттингене. Тем не менее, экономическая активность значительно выше на западе, что привело к оттоку восточных немцев на заработки в крупные западные города: Бонн, Мюнхен, Ганновер.

В современной Германии высшее лесное образование можно получить в четырех университетах – Дрезденском техническом университете, Университете имени Георга Августа в Геттингене, Техническом университете Мюнхена и Университете Фрейбурга. Все они являются государственными учреждениями (частных вузов лесного профиля в Германии нет). Срок обучения для бакалавров в среднем составляет 3 – 4 года, для дипломированных специалистов и магистров – от 4 до 6 лет. Каждый год эти вузы выпускают в среднем 300 специалистов.

Кроме этих вузов, лесное образование можно получить в пяти университетах прикладных наук (Applied sciences). В таких вузах срок обучения достигает 4 лет, по окончании которого выпускникам выдается диплом. Университеты прикладных наук ежегодно выпускают до 400 инженеров лесного хозяйства.

В Германии, имеющей федеративное устройство, по Конституции все задачи по ведению лесного хозяйства и лесопользованию переданы на уровень федеральных земель (Bundeslaender), которые проводят эту работу в строгом соответствии с Федеральным лесным актом. В свою очередь, каждая федеральная земля имеет свои нормативные акты и положения по ведению лесного хозяйства на своей территории. Как считают сами лесоводы (немецкое общество лесоводов), такое устройство вызывает проблемы во время обсуждения вопросов по лесному хозяйству на европейском и международном уровнях.

Большое внимание во время семинара было уделено лесоводственным аспектам формирования лесов в Германии и выращиванию особо ценных древесных пород (noble trees), имеющих большую коммерческую ценность на европейском рынке. К ним относятся отдельные виды клена, ясеня, рябины (*Sorbus Terminates*) и другие деревья. Профессор Вагнер, занимающийся такими исследованиями уже более 20 лет, показал нашей группе свои экспериментальные участки, представляющие собой отдельные «окна» (gaps) открытых участков в спелом буковом лесу Нижней Саксонии.

В Геттингене состоялась встреча с менеджером Ассоциации лесоводов Германии, во время которой он рассказал нам о структуре и функциях этой ассоциации, насчитывающей 7000 лесоводов по всей стране. Ассоциация издает свой журнал и ставит целью объединить лесные хозяйства всех федеральных земель.

Во время семинара продолжило формироваться международное профессиональное сообщество (network) по вопросам окружающей среды и леса, включающее в себя представителей лесхозов, университетов и техникумов, министерств лесного хозяйства, ученых, экспертов в этой области. Консорциум планирует расширение этого сообщества с целью распространения идей проекта и привлечения большего количества заинтересованных участников в его осуществлении. Информация по данному сообществу специалистов будет постоянно обновляться на сайте проекта ([www.marstu.net](http://www.marstu.net)).

Оценивая результаты семинаров, его участники отмечали, что подобные форумы чрезвычайно важны для изучения опыта ведения лесного хозяйства в Европе и его практического использования в России. Слушатели (от преподавателей до представителей министерств) получают эксклюзивную профессиональную информацию, практикуются в знании европейских языков, плодотворно общаясь с зарубежными коллегами.

Таким образом, происходит интеграция МарГТУ и других российских образовательных учреждений в европейское образовательное пространство, растет взаимопонимание между консорциумом проекта, устанавливаются новые, подчас беспрецедентные, деловые связи, направленные на использование современных европейских инновационных технологий в России.

**Э. А. Курбанов**

Поступила в редакцию 08.10.07

## **SUMMARIES OF THE PAPERS IN ENGLISH**

*E. M. Romanov, N. V. Eryomin, T. V. Nureyeva*

### **CONDITION AND PROBLEMS OF WOODS REPRODUCTION IN RUSSIA**

*The dynamics analysis of condition of the Russian Federation wood fund at the stage of transition to the new Wood code is given; the estimation of wood grounds usage is provided. Productivity of artificial forest regeneration, the role of wood cultures in restoration of woods in Russia and the problems connected with forest regeneration are considered. Efficiency and expediency of wood cultures creation is confirmed, and the necessity to improve the system of account and control over conditions of artificial plantations to provide sustainable forest reproduction and increase of its economic value in the context of decentralization of management and long-term rent relations is proved.*

*V. I. Sukhikh*

### **MODERN PROBLEMS OF FOREST REGULATION**

*Ways of improvement of forest regulation (forest stock-taking) works methodology are considered in view of the requirements to forest regulation under the Wood code accepted in 2006.*

*E. M. Romanov, D. I. Mukhortov*

### **USAGE OF ORGANIC WASTE PRODUCTS IN FORESTRY**

*Substantive provisions of ecologically safe usage of organic waste products are determined and the basic ways of their application in forestry are revealed.*

*S. M. Lazareva*

### **SEED-BEARING OF CONIFEROUS INTRODUCED SPECIES OF THE MSTU BOTANICAL GARDEN**

*The data on the dynamics of entering the phase of seed-bearing by the plants of family Pinacea introduced in the Botanical garden of the MSTU are given. Earlier terms of transition into a generative phase of ontogenesis are characteristic for the samples of more northern origin and local seed reproduction. By the example of Korean pine the detailed analysis of variability patterns of cones and seeds formed in ecological conditions of the place of introduction is given.*

*Yu. A. Shirnin, N. I. Rozhentsova*

### **MODELLING OF THE PROCEDURE OF WOOD CUTTING DOWN TECHNOLOGY CHOICE APPLYING GIS**

*The process of cutting area development technological map creation applying GIS and software is analyzed and automated. The algorithm of the system work is submitted, allowing to carry out a choice of ways of cutting area development, as well as the process of cutting area reduction to rectangular geometrical forms with subsequent splitting into plots.*

*N. G. Grounina, R. I. Vinokurova*

### **FEATURES OF SORPTION PROCESSES IN THE SYSTEM CELLULOSE - ELECTROLYTE WATER SOLUTION**

*The character of adsorption processes in the system cellulose - electrolyte water solution was investigated with the methods of NMR-relaxation and ionometry. It is established, that adsorption of cations  $\text{Na}^+$  leads to loosening of cellulose matrixes while adsorption of ions  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Mg}^{2+}$  is accompanied by condensation of amorphous areas of various kinds of cellulose and increase of their degree of crystallinity. The analysis of a stabilizing role of bivalent ions in the processes of artificial cellulose materials ageing is given.*

*N. G. Grounina, R. I. Vinokurova*

**ANALYSIS OF LOW-TEMPERATURE IMPACT INFLUENCE ON  
THE CONDITION OF BOUND WATER IN CELLULOSE**

*The analysis of low-temperature impact influences on the condition of bound water in cellulose is given with the methods of isopiestic series and the NMR-relaxation. Absence of ice formation in samples with less than 15 % humidity is established. Freezing of water less bound with cellulose leads to the increase of its macroporosity and reduction of micropore volume. The estimation of energy of the electric field created by the active centers in the pores of cellulose and deforming the structure of the water adsorbed is given.*

*Yu. P. Demakov, M. G. Safin*

**ESTIMATION OF CARBON SEQUESTRATION ABILITIES OF  
ECOSYSTEMS OF OLIGOTROPHIC BOGS PROBLEM AND THE  
WAYS OF ITS SOLUTION**

*The substantiation and structuring of the estimation of carbon sequestration abilities of ecosystems of oligotrophic bogs problem is carried out, the block diagram of carbon streams in them is constructed and the algorithm of problem solving is developed. The results of field observation carried out on the territory of Mari Polesye are stated, and their comparison with the data of other authors is given. It is shown, that at a modern level of knowledge it is impossible to judge unequivocally about the role of oligotrophic bogs in a global carbon cycle and the reduction of a greenhouse effect, as the speed of accumulation of carbon by phytocenosis and its transformation in trophic circuits by numerous kinds of organisms is beyond an exact quantitative estimation because of the great space-time variability.*

*N. N. Gavritskova, T. H. Gordeyeva*

**BIOINDICATOR POTENTIALS OF MYCOBIOTA FOR THE ES-  
TIMATION  
OF FOREST ECOSYSTEMS CONDITION IN RECREATION  
ZONES**

*The problem of the possibility to use mycobiota as indicators of anthropogenous transformation of phytocenoses is considered. The structure and species diversity of macromycets and soil micromycets in forest parks of Yoshkar-Ola with allocation of ecological groups is given.*

*M. G. Salikhov, S. Ya. Alibekov, Yu. E. Shcherbakov,  
E. V. Weinstein, V. P. Saptsin*

**ON NONCONVENTIONAL METHODS OF ROAD-BUILDING MA-  
TERIALS  
PRODUCTION AND LAYING DOWN**

*Examples of technological maps in manufacture and laying down of some road-building materials in view of the effect of academician P.A. Re-binder at mixing of macadam of carbonate strata with cementing ones are considered.*

*S. P. Ivanov*

**CALCULATION OF TUNNELS ON THE BASIS OF VARIATIONAL  
METHOD  
OF V.Z. VLASSOV**

*Operation of transport systems is connected with ecological safety. Therefore designing and calculation of tunnels is the task of current importance. In the work the design procedure of tunnels in view of the nonlinear diagram of deformation of a material is developed. Basic equations are received and the example of calculation is submitted.*

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

*АЛИБЕКОВ Сергей Якубович* – доктор технических наук, профессор кафедры машиностроения и материаловедения.

*ВАЙНШТЕЙН Евгений Викторович* – аспирант кафедры автомобильных дорог МарГТУ.

*ВИНОКУРОВА Раиса Ибрагимовна* – доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой химии МарГТУ.

*ГАВРИЦКОВА Наталья Николаевна* – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры управления природопользованием и лесозащиты МарГТУ.

*ГОРДЕЕВА Татьяна Харитоновна* – кандидат биологических наук, доцент кафедры садово-паркового строительства, ботаники и дендрологии МарГТУ.

*ГРУНИНА Нагима Газизовна* – кандидат химических наук, доцент кафедры физики МарГТУ.

*ДЕМАКОВ Юрий Петрович* – доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой управления природопользованием и лесозащиты МарГТУ.

*ЕРЁМИН Николай Васильевич* – кандидат сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесных культур и механизации лесохозяйственных работ МарГТУ.

*ИВАНОВ Сергей Павлович* – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой сопротивления материалов и прикладной механики МарГТУ.

*КУРБАНОВ Эльдар Аликрамович* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесоводства МарГТУ.

*ЛАЗАРЕВА Светлана Михайловна* – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры садово-паркового строительства, ботаники и дендрологии МарГТУ.

*МУХОРТОВ Дмитрий Иванович* – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесных культур и механизации лесохозяйственных работ МарГТУ.

*НУРЕЕВА Татьяна Владимировна* – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесных культур и механизации лесохозяйственных работ МарГТУ.

*РОЖЕНЦОВА Наталья Игоревна* – старший преподаватель кафедры информатики МарГТУ.

*РОМАНОВ Евгений Михайлович* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой лесных культур и механизации лесохозяйственных работ, ректор МарГТУ.

*САЛИХОВ Мухаммет Габдулхаевич* – доктор технических наук, профессор кафедры автомобильных дорог МарГТУ.

*СУХИХ Василий Иванович* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН.

*САПЦИН Валерий Петрович* – доктор технических наук, профессор кафедры водных ресурсов МарГТУ.

*САФИН Масхут Гумарович* – директор государственного природного заповедника «Большая Кокшага», аспирант МарГТУ.

*ЩЕРБАКОВ Юрий Евгеньевич* – аспирант кафедры автомобильных дорог МарГТУ.

*ШИРНИН Юрий Александрович* – доктор технических наук, профессор кафедры технологии и оборудования лесопромышленного производства МарГТУ.

## ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

Редакция журнала «Вестник Марийского государственного технического университета» принимает к публикации статьи, соответствующие профилю издания, объемом не более 15 страниц, включая рисунки.

Статья должна содержать только оригинальный материал, отражающий результаты исследований автора, завершенных не более чем за год до публикации.

К печати будут приниматься материалы, которые не опубликованы и не переданы в другие редакции. Статьи подвергаются обязательному рецензированию. Рецензенты назначаются редколлегией журнала. Мнение рецензента доводится до автора представленных работ. В «Вестнике ...» печатаются только статьи, получившие положительные рецензии.

### Требования к оригиналам представляемых работ

#### *Структура научной статьи*

1. Аннотация (3-4 предложения).
2. Введение (оценка состояния вопроса, основанная на обзоре литературы с мотивацией актуальности; выявленное противоречие, позволяющее сформулировать проблемную ситуацию).
3. Цель работы, направленная на преодоление проблемной ситуации (1-2 предложения).
4. Решаемые задачи, направленные на достижение цели.
5. Математическое, аналитическое или иное моделирование.
6. Техника эксперимента и методика обработки или изложение иных полученных результатов.
7. Интерпретация результатов или их анализ.
8. Выводы, отражающие новизну полученных результатов, показывающих, что цель, поставленная в работе, достигнута.

#### *Требования к оформлению статьи*

Статья должна быть представлена в электронном виде и компьютерной распечатке (2 экз.) на бумаге формата А4. Размер шрифта 12 пт, межстрочный интервал одинарный.

На первой странице статьи слева печатается УДК (размер шрифта 12 пт, прямой, светлый). Ниже, справа – инициалы, фамилия автора (размер шрифта 14 пт, курсив, жирный). Ниже, по центру – название статьи (размер шрифта 14 пт, прямой, жирный).

Далее размещается аннотация. Аннотация статьи представляется на **русском и английском языках**.

Рисунки, графики, таблицы должны иметь нумерационный и тематический заголовки (размер шрифта 10 пт).

Таблицы и рисунки должны быть вставлены в текст после абзацев, содержащих ссылку на них.

Список литературы оформляется согласно порядку ссылок в тексте (где они указываются в квадратных скобках) и обязательно в соответствии с ГОСТ 7.1-2003.

**Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.**

Статья должна быть подписана автором. После подписи автора и даты указываются его фамилия, имя, отчество (полностью), место работы, должность, телефон, домашний адрес.

К статье прилагаются следующие **документы**:

- выписка из протокола заседания кафедры;
- экспертное заключение о возможности опубликования.

Материалы представляются в папке с завязками (каждая статья в отдельной папке).