



<http://www.volgatech.net/>

ВЕСТНИК

3(19)
2013

июль – сентябрь

ПОВОЛЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Научный журнал

Издаётся с ноября 2007 года

Выходит четыре раза в год

СЕРИЯ «Лес. Экология. Природопользование»

Журнал включен в **ПЕРЕЧЕНЬ** ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук

Учредитель и издатель:

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-51790 от 23 ноября 2012 г.)

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) 68-78-46, 68-28-41

Факс (8362) 41-08-72

E-mail: vestnik@volgatech.net

Редактор *Т. А. Рыбалка*

Дизайн обложки *Л. Г. Маланкина*

Компьютерная верстка

А. А. Кислицын

Перевод на английский язык

М. А. Шалагина

Подписано в печать 25.09.13.

Формат 60×84 1/8. Усл. п. л. 12,55.

Тираж 500 экз. Заказ

Дата выхода в свет: 30.09.13.

Цена свободная

Поволжский государственный технологический университет
424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3

Отпечатано с готового оригинал-макета в ООО «Стринг»
424002, Йошкар-Ола,
ул. Кремлевская, 31

Главный редактор **Е. М. Романов**

Первый зам. главного редактора

Д. В. Иванов, д-р физ.-мат. наук, профессор

Ответственный секретарь

А. В. Артамонова, канд. филос. наук

Редакционный совет серии:

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

А. Х. Газизуллин, д-р с.-х. наук, профессор (Казань)

Ioannis Gitas, д-р философии, доцент (Тессалоники, Греция)

А. С. Исаев, д-р биол. наук, профессор, академик РАН (Москва)

Cecil S. Konijnendijk, д-р наук, профессор (Уппсала, Швеция)

А. И. Писаренко, д-р с.-х. наук, профессор, академик РАСХН (Москва)

В. С. Сюнёв, д-р техн. наук, профессор (Петрозаводск)

Редакционная коллегия серии:

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

(зам. гл. редактора – редактор серии)

В. П. Бессчетнов, д-р биол. наук, профессор

(Нижний Новгород)

О. Н. Бурмистрова, д-р техн. наук, профессор (Ухта)

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

А. Б. Голованчиков, д-р техн. наук, профессор (Волгоград)

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

Э. А. Курбанов, д-р с.-х. наук, профессор

А. М. Носов, д-р биол. наук, профессор (Москва)

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

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

С. А. Угрюмов, д-р техн. наук, профессор (Кострома)

Е. М. Царев, д-р техн. наук, профессор

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

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

VESTNIK

3(19)

2013

july – september

VOLGA STATE UNIVERSITY
OF TECHNOLOGY
Academic Periodical

Has been published since 11, 2007

Is issued 4 times a year

Series «Forest. Ecology. Nature Management»

The journal is included in the list of leading peer-reviewed journals and publications that publish the main research outcomes of Doctoral and Candidate Theses

Founder and Publisher:

Federal Budget State Educational Institution of Higher Vocational Training «Volga State University of Technology»

The journal is included in the register of Federal Service for Supervision in the Sphere of Communications, Information Technology and Mass Communications (Certificate of registration ПИ № ФС77-51790 dated 23 November, 2012)

Any use of articles without the written consent of the editorial board is strictly prohibited.

Address:

424006, Yoshkar-Ola, 17, Panfilova St.,

Tel. (8362) 68-78-46, 68-28-41

Fax (8362) 41-08-72

E-mail: vestnik@volgatech.net

Editor *T. A. Rybalka*

Cover design *L. G. Malankina*

Computer assisted make up

A. A. Kislitsyn

Translation

M. A. Shalagina

Passed for printing 25.09.13.

format 60×84 ¹/₈. No. of press sheets 12,55.

Printing run 500 copies. Order No

Release date: 30.09.13.

Open price

Volga State University of Technology

424000, Yoshkar-Ola, 3, Pl. Lenina

Printed from the layout original

At LLC «String»

424002, Yoshkar-Ola,

31, Kremlevskaya St.

Editor in Chief **E. M. Romanov**

Vice Editor in Chief

D. V. Ivanov, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor

Executive Secretary

A. V. Artamonova, Candidate of Philosophical Sciences

Editorial Board:

E. M. Romanov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

A. H. Gazizullin, Doctor of Agricultural Sciences, Professor (Kazan)

Ioannis Gitas, PhD, Associate Professor (Thessaloniki, Greece)

A. S. Isaev, Doctor of Biological Sciences, Professor, Member of the Russian Academy of Sciences (Moscow)

Cecil C. Konijnendijk, PhD, Professor (Uppsala, Sweden)

A. I. Pisarenko, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Member of the Russian Academy of Agricultural Sciences (Moscow)

V. S. Syuneyev, Doctor of Technical Sciences, Professor (Petrozavodsk)

Editorial team:

S. A. Denisov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

(*Vice Editor in Chief – the Editor of Series*)

V. P. Besschetnov, Doctor of Biological Sciences, Professor

(Nizhny Novgorod)

O. N. Burmistrova, Doctor of Technical Sciences, Professor (Ukhta)

P. F. Voytko, Doctor of Technical Sciences, Professor

A. B. Golovanchikov, Doctor of Technical Sciences, Professor (Volgograd)

Y. P. Demakov, Doctor of Biological Sciences, Professor

E. A. Kurbanov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

A. M. Nosov, Doctor of Biological Sciences, Professor (Moscow)

A. G. Pozdeev, Doctor of Technical Sciences, Professor

M. G. Salikhov, Doctor of Technical Sciences, Professor

S. A. Ugryumov, Doctor of Technical Sciences, Professor (Kostroma)

E. M. Tsarev, Doctor of Technical Sciences, Professor

V. L. Chernykh, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

Yu. A. Shirnin, Doctor of Technical Sciences, Professor

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Е. М. Романов, Т. В. Нуреева, Н. В. Еремин. Искусственное лесовосстановление в Среднем Поволжье: состояние и задачи по совершенствованию 5

Д. И. Мухортов, Е. М. Романов. Утилизация органических отходов при искусственном лесовосстановлении 20

С. М. Лазарева. Изменчивость и перспективность сосновых в культуре ex situ в подзоне южной тайги 36

В. Л. Мешкова, А. В. Товстуха, Т. С. Пивовар. Ветровалы и буреломы в сосновых лесах на северо-востоке Украины 53

ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ ЛЕСНОГО ДЕЛА

Г. Н. Кононов, А. А. Федотов, С. А. Угрюмов. Химические процессы, протекающие при горячем прессовании в структуре древесностружечных плит на основе фурфуролацетонного мономера ФА 65

М. Ю. Смирнов, И. Р. Бакулина. Продолжительность рабочего цикла навесного гидроманипулятора 72

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ. БИОТЕХНОЛОГИИ

Э. А. Курбанов, О. Н. Воробьев, С. А. Незамаев, А. В. Губаев, С. А. Лежнин, Ю. А. Полевщикова. Тематическое картирование и стратификация лесов Марийского Заволжья по спутниковым снимкам Landsat 82

И. А. Алексеев, А. В. Захаров, О. Н. Гусева. Влияние подтопления Чебоксарского водохранилища на лесопатологические характеристики древостоев 93

ДАТЫ. СОБЫТИЯ. КОММЕНТАРИИ

И. П. Курненкова, Н. Н. Попова. Ивану Алексеевичу Алексееву 85 лет 104
Информация для авторов 107

CONTENTS

FORESTRY

E. M. Romanov, T. V. Nureeva, N. V. Eremin. Artificial forest regeneration in the Middle Volga: present-day situation and problems to be solved 5

D. I. Mukhortov, E. M. Romanov. Organic recycling in artificial forest regeneration 20

S. M. Lazareva. Variation and prospects of conifers in the culture of ex situ in the southern taiga subzone 36

V. L. Meshkova, A. V. Tovstukha, T. S. Pivovarov. Windfalls and windbreaks in pine forests of the north-eastern Ukraine 53

FORESTRY TECHNOLOGIES AND MACHINES

G. N. Kononov, A. A. Fedotov, S. A. Ugryumov. Chemical processes occurring in chipboards under hot pressing (based on furfuroacetone monomer FA) 65

M. Yu. Smirnov, I. R. Bakulina. Wall-mounted hydraulic manipulator work cycle time 72

PROBLEMS IN ECOLOGY AND RATIONAL NATURE MANAGMENT. BIOTECHNOLOGIES

E. A. Kurbanov, O. N. Vorobyev, S. A. Nezamayev, A. V. Gubayev, S. A. Lezhnin, Y. A. Polevshikova. Thematic mapping and stratification of forests in Middle Zavolsgie by Landsat satellite images 82

I. A. Alekseev, A. V. Zakharov, O. N. Guseva. Cheboksary hydro-electric power station rased water table impact on forest pathological characteristics of stands 93

DATES. EVENTS. COMMENTS

I. P. Kurnenkova, N. N. Popova. Ivan Alexeyevich Alexeev is 85 104
Information for the authors 107

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630*232

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

ИСКУССТВЕННОЕ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЕ В СРЕДНЕМ ПОВОЛЖЬЕ: СОСТОЯНИЕ И ЗАДАЧИ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ

Рассматриваются результаты искусственного способа воспроизводства леса и роль лесных культур в повышении производительности лесов Среднего Поволжья. Обсуждены проблемы повышения результативности лесовосстановления на примере сосны обыкновенной и предложены пути его совершенствования.

Ключевые слова: лесовосстановление; Среднее Поволжье; искусственное лесовосстановление; лесные культуры; продуктивность; запас; естественное лесовосстановление.

Введение. Накопление в результате интенсивного лесопользования не покрытых лесом площадей в Среднем Поволжье потребовало в конце пятидесятих годов прошлого столетия более широкого внедрения лесокультурных методов при воспроизводстве насаждений ценных древесных пород. Результатом активной хозяйственной деятельности по лесовосстановлению стали площади искусственных лесов, доля которых составляет 16 % от покрытых лесом земель Приволжского федерального округа (ПФО). Высокая потребность в лесных ресурсах в данном промышленно развитом густонаселенном регионе вызывает необходимость поиска способов ускоренного получения древесины в искусственно созданных лесах, возможности повышения ресурсного и экологического потенциала которых в полной мере не используются.

Основная **цель** работы – повышение

эффективности воспроизводства лесов в Среднем Поволжье на основе изучения результатов использования на практике технологий искусственного лесовосстановления, обеспечивающих ускоренное лесовыращивание и повышение продуктивности насаждений. Обобщение регионального опыта искусственного способа восстановления лесов может стать основой для совершенствования действующей нормативно-технологической базы по лесовосстановлению и разработки региональных рекомендаций по выращиванию устойчивых древостоев высокой продуктивности и хозяйственной ценности.

Решаемые **задачи** в процессе проведения исследований заключались:

- в выявлении роли искусственных насаждений в повышении продуктивности и улучшении качественного состояния лесов в Среднем Поволжье;

- в оценке состояния искусственных насаждений сосны обыкновенной, созданных в различные периоды 20 и 21 веков;

- в изучении закономерностей формирования насаждений сосны в зависимости от способа лесовосстановления;

- в разработке мероприятий по повышению результативности искусственного лесовосстановления.

Электронная поведенческая база данных лесоводственно-таксационных показателей насаждений, представленных в материалах лесостроительства, нашла математическое отражение в моделях хода роста древостоев естественного и искусственного происхождения. Для моделирования запаса была использована асимптотическая функция Митчерлиха. Адекватность ее применения доказана многими исследователями [1], а надежность показателей обоснована коэффициентом детерминации, превышающим 0,9, и количеством проанализированных значений – характеристик насаждений на 1800 и более выделах.

Техника эксперимента и методика обработки. Сбор экспериментального материала состоял из нескольких этапов. Сначала был осуществлен поиск информации о состоянии искусственных насаждений в республиках и областях Среднего Поволжья по статистическим данным Государственного учета лесного фонда [2,3]. Затем на уровне лесного фонда лесничеств была сформирована база данных лесоводственно-таксационных показателей насаждений сосны обыкновенной на период проведения последнего лесостроительства с подразделением по способам лесовосстановления – естественное и искусственное [4]. Полученные обобщенные характеристики древостоев в зависимости от способа лесовосстановления позволили на примере сосны обыкновенной выявить особенности роста и формирования естественных и искусственных насаждений.

Последним этапом сбора первичной информации были полевые исследования,

закладка временных пробных площадей в наиболее продуктивных насаждениях сосны обыкновенной, подобранных по материалам лесостроительства, с целью подтверждения информации, содержащейся в базе данных лесничества. Кроме того, была проанализирована нормативно-техническая документация, в соответствии с которой осуществлялось управление воспроизводством леса в РФ. Данный алгоритм исследований позволил выявить проблему, проанализировать ее и наметить пути решения.

Интерпретация результатов и их анализ. Проблема интенсификации ведения лесного хозяйства в настоящее время является одной из важнейших экономических, политических и социальных задач. Для вывода социально-экономической инфраструктуры страны на мировой уровень, поддержания ее обороноспособности необходимы средства, которые могут быть получены сегодня, прежде всего за счет нефти, газа и леса. Между тем, доля лесного комплекса в ВВП РФ в сравнении с дореформенным периодом значительно снизилась и соответствует всего лишь 1,3 %. Интенсивное лесопользование предполагает не только получение максимально возможного количества товарной древесины, но и требует эффективного лесовосстановления. Оно предполагает минимализацию сроков существования не покрытых лесом площадей, формирование молодняков из хозяйственно ценных пород, сокращение сроков законченного цикла производства – «посадка (посев) леса – вырубка древостоя», эффективный уход за насаждениями, минимизацию потерь от пожаров, вредителей, болезней и т.д.

Недостаточно эффективное лесовосстановление сплошных концентрированных вырубок привело к истощению лесосырьевых баз и массовой смене хвойных пород на лиственные в Европейско-Уральской зоне, где сосредоточено большинство деревоперерабатывающих предприятий и на 80 % населения страны

приходится лишь 17 % запасов древесины. Не лучшее положение в других регионах страны, особенно за Уралом. Кроме того, в результате многочисленных лесных пожаров прошлого и нынешнего столетий площадь гарей в целом по РФ составляет 25,3 млн. га. Учитывая, что восстановление гарей иногда затягивается на десятилетия, налицо «простой» земли и недополучение древесной массы.

Надо признать, что Лесной кодекс 2006 года [5], к сожалению, не повысил заинтересованности хозяйствующих объектов в восстановлении лесов, поскольку это затратное производство не дает «сиюминутной прибыли». Они, не желая вкладывать средства в то, чем будут пользоваться будущие поколения, минимизируют затраты на эти виды работ. В итоге, все чаще при воспроизводстве леса стремятся к естественному зарастанию, ежегодно теряя сотни миллионов рублей будущей прибыли от недополучения востребованной и качественной древесины. Ослабив требования к лесовосстановлению и снизив площади создаваемых лесных культур сосны с 90-х годов прошлого столетия, мы наблюдаем, например, снижение площадей сосновых молодняков 1 класса в Приволжском федеральном округе почти в 1,8 раза (табл. 1).

Результаты 46-летней хозяйственной

деятельности в ельниках привели к потере 1 гектара из 7, и при существенном увеличении площадей молодняков (в 5,1 раза) не было обеспечено восстановление данной породы на месте вырубленных насаждений.

Обеспокоенность по этому поводу в последние годы неоднократно высказывали ведущие ученые-лесоводы нашей страны, академики А.С.Исаев, А.И.Писаренко, член-корреспондент РАСХН И.В.Шутов, профессор В.И.Сухих, лесоводы-практики Н.Н. Кашпор, В.Н. Петров, А.А. Ермоленко и др.[6–12].

Роль лесных культур при воспроизводстве леса до настоящего времени вызывает споры среди лесоводов. С одной стороны, это довольно затратный способ с большими рисками при его реализации, с другой – именно созданием культур с большей гарантией обеспечивается восстановление насаждений ценных пород и снижается период простоя земель лесного фонда. Так, в республиках и областях Среднего Поволжья доля лесных культур варьирует от 8 до 32 %, увеличиваясь от северных областей к более южным (рис. 1). За 65 лет площадь не покрытых лесом земель в ряде областей и республик региона снизилась в 12 – 23 раза. Площадь искусственно посаженных лесов за 70 лет увеличилась в 6 – 7,5 раза [13,14].

Таблица 1

Динамика распределения покрытой лесом площади насаждений сосны и ели по группам возраста в гослесфонде ПФО за период 1961–2007 гг. (в эксплуатационных зонах лесов I,II,III групп)

	Сосна обыкновенная				Ель европейская			
	1961 г.	2007 г.	увеличение	уменьшение	1961 г.	2007 г.	увеличение	уменьшение
Общая площадь, тыс.га	3715,4	4288,7	573,3	-	7212,2	6174,0		-1038,2
в том числе:			-	-				-
молодняки 1 класса	1153,8	649,6		-504,2	334,6	1550,0	1215,4	-
молодняки 2 класса	471,7	1364,3	892,6	-	225,7	1325,0	1099,3	-
средневозрастные	599,3	1228,3	629	-	639,5	711,0	71,5	-
приспевающие	540,1	476,3		-63,8	859,2	452,0		-407,2
спелые	575,6	455,78		-119,82	3001,9	1154,0		-1847,9
перестойные	374,9	114,42		-260,48	2151,3	983,0		-1168,3
средний возраст, лет	61	60	-	- 1	102,2	67,0		-35,2
общий средний запас, м ³ /га	119,5	139,8	20,29	-	182,6	131,8	-50,8	-

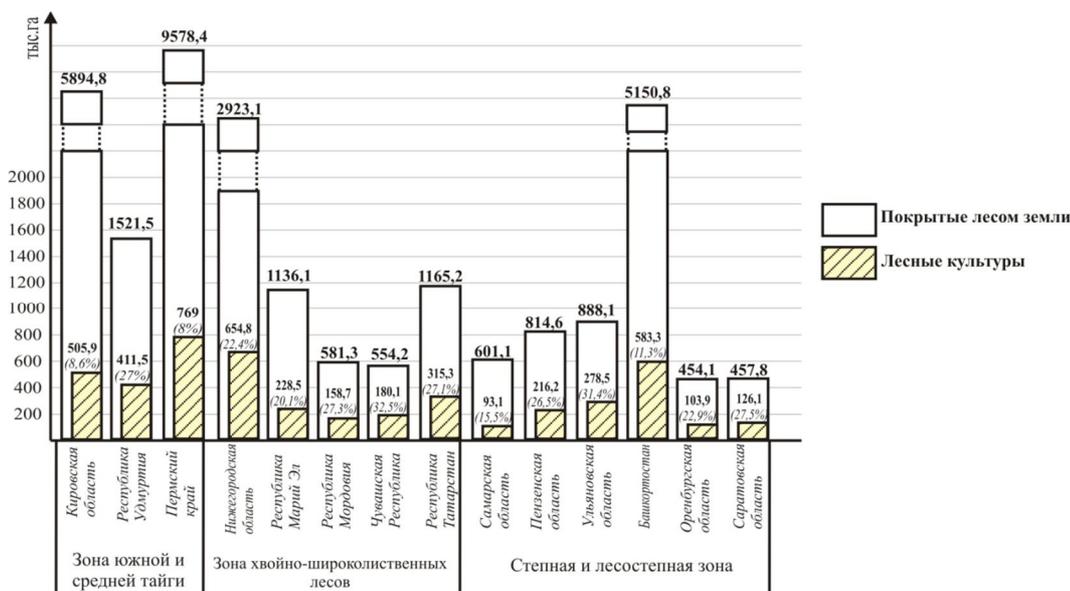


Рис. 1. Доля лесных культур в лесном фонде республик и областей ПФО

В Приволжском федеральном округе доля сосновых насаждений составляет 21,1 % от покрытых лесом земель (каждый пятый гектар). При этом третья из всех учтенных насаждений сосны создана человеком. Таков результат интенсивного лесопользования и лесовосстановления данной породы, широко практиковавшийся в 50 – 80-е годы прошлого столетия.

Произрастающие в лесном фонде искусственные насаждения – это результат управления воспроизводством леса с использованием действующей в то время нормативно-технической документации.

В настоящее время требования к восстановлению лесов в РФ, включая параметры посадочного материала, отражены в утвержденных МПР РФ в 2007 году «Правилах лесовосстановления». При этом большую тревогу вызывают требования к первоначальной густоте закладываемых лесных культур, минимальное значение которой колеблется в пределах от 1,6 тыс. шт/га для дуба черешчатого на слабосолонцеватых черноземах зоны полупустынь и пустынь и до 3,2 тыс. шт/га для сосны обыкновенной в лишайниковых типах леса южно-таежного района европейской части.

Это значительно меньше (почти в два раза), чем было установлено в действующей

ранее «Наставлениях по проведению лесовосстановительных работ в зоне хвойно-широколиственных лесов европейской части РСФСР», утвержденных Минлесхозом РСФСР в 1986 году. Там эти цифры составляли от 3 до 6 тыс.шт/га [15]. Еще раньше, в «Указаниях по проведению лесовосстановительных работ в Государственном лесном фонде европейской части РСФСР», действие которых продолжалось с 1963 по 1987 гг., первоначальная густота культур сосны в условиях А₂ была установлена в пределах 6–7 тыс.шт/га, В₂ – 4,8–6,6 тыс.шт/га, С₂ – 3,0–6,0 тыс.шт/га [16].

Г.Ф. Морозов указывал, что пора «всероссийских рецептов миновала». Подтверждением правоты великого лесовода может служить пример Республики Марий Эл, где в 1969 году Министерством лесной промышленности были утверждены и приняты к действию «Типы лесных культур», разработанные Г.К. Незабудкиным и Н.В. Ереминым [17]. За 80-летний период в лесном фонде республики произошло не только общее снижение не покрытых лесом площадей с 272 до 22 тыс. га (рис. 2). Доминирующее положение сохранила сосна, площадь насаждений которой увеличилась с 396 до 457 тыс. га.

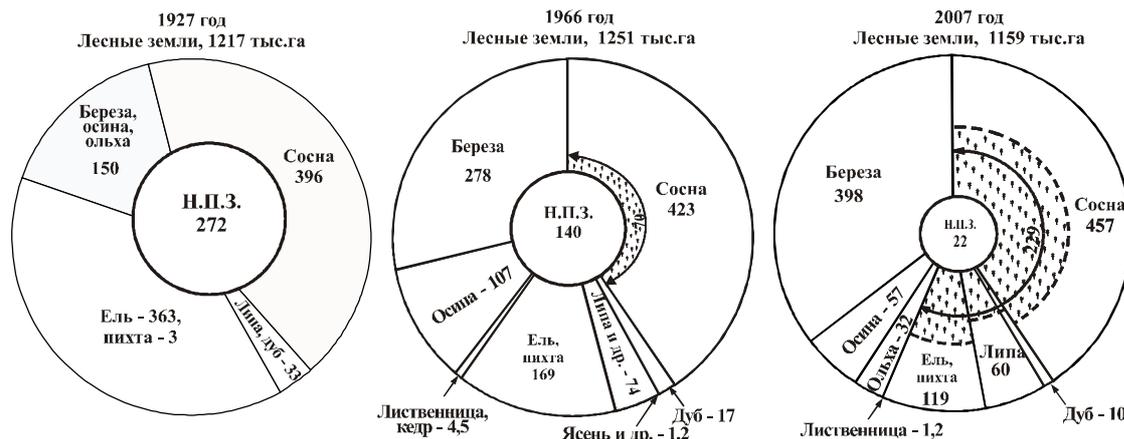


Рис. 2. Динамика лесного фонда Республики Марий Эл (лесная площадь в тыс. га) – площадь сомкнутых лесных культур, переведенных в покрытые лесом земли

Прежде всего, это связано с облесением гарей 1921–1922 гг. Начиная с 50-х годов прошлого столетия на данных и других площадях более активно стали создаваться лесные культуры и выполняться комплекс лесозащитных мероприятий. По состоянию на 1 января 2007 года в республике искусственное происхождение имеет каждый третий гектар сосновых и каждый второй – еловых насаждений.

Анализ средних лесоводственно-таксационных показателей древостоев сосны обыкновенной в возрасте до 20 лет в семи лесничествах, расположенных в пяти областях и республиках Среднего Повол-

жья, показал, что средняя полнота искусственных насаждений сосны хотя и выше естественных, но не превышает 0,7. Более того, в четырех из семи лесничествах доля сосны в культурах ниже, чем в естественных насаждениях. Какого результата следует ожидать через 20 лет при новых правилах, в том числе сниженной почти в два раза густоты посадки? Время покажет. В возрасте 21 год и старше, когда насаждения создавались с более высокой начальной густотой, средняя полнота насаждений и коэффициент состава в культурах были выше во всех лесничествах, кроме Воскресенского Нижегородской области (рис. 3).

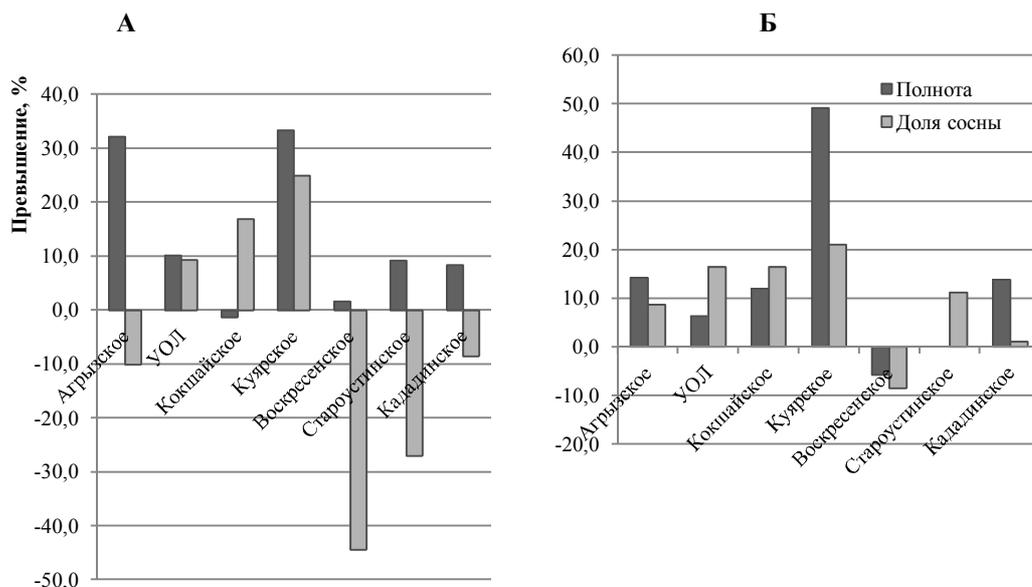


Рис. 3. Различия между насаждениями сосны искусственного и естественного происхождения по средней полноте и доле сосны в составе в условиях свежих боров (А) (А – в возрасте до 20 лет, Б – в возрасте 21-50 лет)

Густота должна способствовать более быстрому смыканию крон растений главной породы, очищению стволов от сучьев, более интенсивному росту в высоту и повышению устойчивости насаждений, поэтому в затраты на выращивание культур следует включать как работы до периода их перевода в покрытые лесом земли, так и на проведение рубок ухода – осветлений и прочисток. Прореживания в 30–40-летних культурах могут приносить прибыль за счет использования сырья в целлюлозно-бумажной промышленности, энергетике и других отраслях.

Снижение первоначальной густоты действующими с 1987 года «Наставлениями...» [15], возможно, повлияло на потенциальную продуктивность искусственных древостоев сосны. Так, молодняки культур до 20 лет отличаются более низкой производительностью во всех исследованных лесничествах, кроме Учебно-опытного (Республика Марий Эл) и Агрызского (Республика Татарстан) (рис. 4). В возрасте 21–50 лет средний бонитет искусственных сосняков в условиях свежих боров не уступает или выше естественных древостоев.

Более высокая производительность культур по сравнению с естественными

неоднократно доказана результатами исследований многих авторов – В. В. Успенского и В. К. Попова (1974), Л.Ф. Ипатова (1974), В.И. Рубцова (1969), А.Н. Полякова с соавт. (1986) и многих других [18–21]. Достоверность полученных ими выводов базируется на материалах многочисленных пробных площадей. Доказательства преимущества искусственно созданных древостоев сосны получены и нами при анализе лесного фонда семи лесничеств Среднего Поволжья. На базе материалов более чем 1400 выделов получены математические зависимости роста естественных и искусственных насаждений в различных почвенно-экологических условиях. Для описания моделей хода роста запаса древостоев сосны была использована асимптотическая функция Митчерлиха ($Y = K \times \{1 - \exp[-a \times t]\}^b$), которая дает объяснение биологическим явлениям. В уравнении константа K характеризует верхний предел функции, т.е. потенциальные возможности организма и среды обитания. Константы a и b математической модели определяют характер кривых и отражают интенсивность (быстроту) роста деревьев и их конкурентоустойчивость или силу противодействия среды [1].

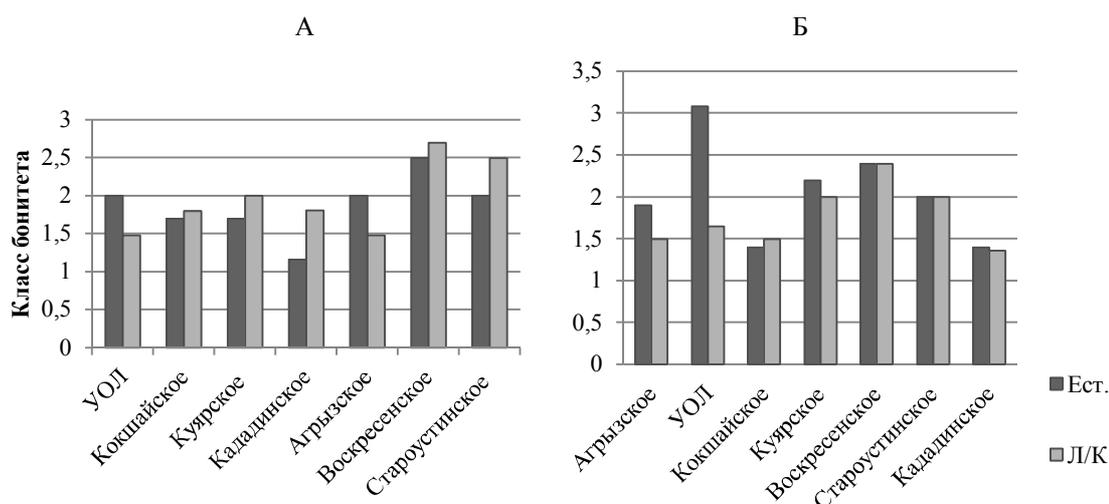


Рис. 4. Средний класс бонитета насаждений сосны естественного и искусственного происхождения в ТЛУ A_2 (А – возраст до 20 лет, Б – 21-50 лет)

Построенные модели вполне убедительно доказывают преимущества лесных культур в темпах роста и накопления стволового запаса, достоверность уравнений подтверждается высоким коэффициентом детерминации ($R^2=0,66$ и выше). Верхний предел (коэффициент k) близок рассчитанному в 100-летнем возрасте запасу. К возрасту спелости бонитет сосны в искусственных древостоях выше на 1 класс, чем естественных. Запас вполне закономерно увеличивается от более бедных к богатым трофотопам (табл. 2).

Данные преимущества недостаточно учитываются и используются для интенсификации прироста древостоев с целью выращивания древесины целевого назначения за более короткий срок.

Более высокий потенциал роста искусственных сосняков по сравнению с

естественными можно объяснить рядом факторов, в т.ч. созданием на начальных этапах роста одинаково благоприятных условий для культивируемой породы при равномерной посадке до периода смыкания. Тенденция ускоренного по сравнению с естественными насаждениями накопления запаса ясно прослеживается в молодняках лесных культур до 20-летнего возраста, что подтверждается кривой тренда выравнивания значений (рис. 5).

Доказательством ускоренного роста лесных культур по сравнению с естественными насаждениями послужил фактический средний прирост насаждений сосны в отдельных лесничествах Среднего Поволжья (табл. 3). Отсутствие контроля за состоянием лесных культур после перевода их в покрытые лесной растительностью земли, хотя и приравняло их

Таблица 2

Параметры математической модели зависимости запаса стволовой древесины от возраста

Происхождение	Параметры уравнения	Запас фактический				Запас нормированный			
		A1	A2	B2	C2	A1	A2	B2	C2
Искусственное	N, шт.	2206	3892	1423	9927	2206	3892	1423	9927
	K	216	311	400	318	409	520	593	573
	a	4,94	4,32	3,5	5,55	3,11	3,08	2,9	3,59
	b	3,5	3,34	2,53	3,23	2,47	2,56	2,21	2,41
	M_{100}, M^3	211	297	370	315	365	461	524	535
	R^2	0,844	0,907	0,922	0,878	0,907	0,953	0,953	0,954
Естественное	N, шт.	736	4701	2717	2088	736	4701	2717	2088
	K	215	248	270	304	419	426	462	518
	a	5,75	9,14	8,96	4,3	3,41	5,4	4,68	3,23
	b	5,59	15,97	11,51	2,87	2,8	5,2	3,51	2,35
	M_{100}, M^3	211	248	248	292	382	416	447	471
	R^2	0,835	0,715	0,663	0,688	0,929	0,905	0,862	0,829

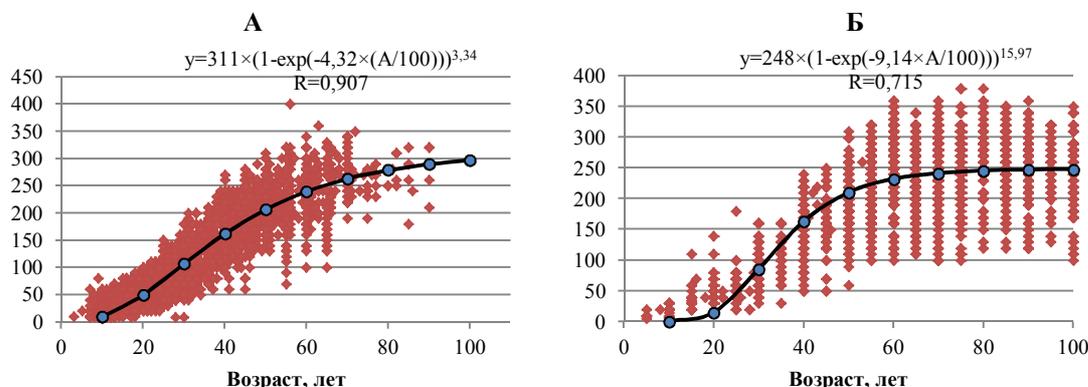


Рис. 5. Возрастная динамика фактического запаса в искусственных (А) и естественных (Б) древостоях сосны в типах лесорастительных условий A_2

Таблица 3

Роль лесных культур в повышении фактического среднего прироста запаса насаждений сосны в условиях А2 (по материалам лесоустройства лесничеств)

Лесничество	Средний прирост, м ³ /га в год							
	Все насаждения				Насаждения в возрасте до 70 лет			
	естественные	искусственные	различия		естественные	искусственные	различия	
м ³ /га			%	м ³ /га			%	
Кададинское (ПО)	3,53	4,41	0,88	24,8	4,37	4,46	0,09	2,1
Семеновское (НО)	3,09	3,36	0,27	8,7	3,20	3,36	0,16	5,0
Воскресенское (НО)	3,2	3,49	0,29	8,9	3,41	3,49	0,08	2,1
Староустинское (НО)	3,42	5,59	2,17	63,3	4,53	5,62	1,08	23,9
Агрызское (РТ)	3,92	5,09	1,17	29,8	4,43	5,16	0,73	16,6
Учебно-опытное (РМЭ)	3,1	3,4	0,3	9,7	3,31	3,47	0,16	4,7
Кокшайское (РМЭ)	3,11	3,57	0,46	14,8	3,58	5,04	1,46	40,9
Куярское (РМЭ)	3,06	3,67	0,62	20,2	3,54	3,67	0,13	3,7

Примечание: ПО – Пензенская область, НО – Нижегородская область, РТ – Республика Татарстан, РМЭ – Республика Марий Эл

к естественным насаждениям, но ускоренные темпы роста искусственных древостоев сохраняются. Так, прирост их по запасу на 9–63 % выше естественных во всех исследованных лесничествах.

По итогам государственного учета лесного фонда по состоянию на 1 января 2007 года площадь насаждений искусственного происхождения в РФ составляет 17,425 млн.га. За последние 25 лет они увеличились почти вдвое [14]. Однако, по данным Н.Н. Кашпора, 2/3 всех искусственных насаждений в Новгородской, Кировской, Ярославской и Тверской обла-

стях имеют долю участия в составе таксационного выдела главной породы 3–4 единицы (включая культуры, оказавшиеся под пологом леса в связи с отсутствием лесоводственного ухода) [10]. Это не удовлетворительные лесные культуры и, скорее всего, к очередному ревизионному периоду они будут отнесены к категории погибших [12]. В целом по Российской Федерации с 1997 по 2003 гг. гибель 61 % площадей лесных культур связана с заглушением культивируемых пород мягколиственными видами из-за отсутствия осветлений и прочисток (рис. 6).

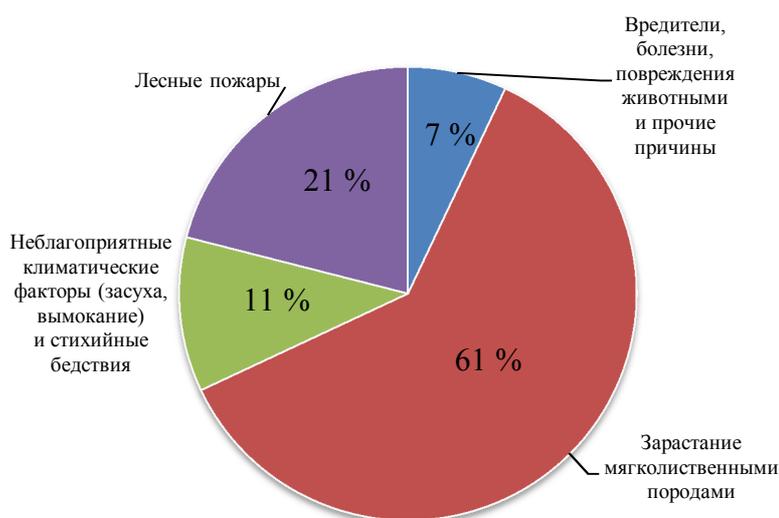


Рис. 6. Причины гибели лесных культур (данные А.А. Ермоленко, 2008 г.)

Почему они не проводятся? Только ли из-за отсутствия средств?! Одна из причин – не совсем продуманная система мониторинга за культурами, который должен осуществляться не только до момента перевода их в покрытые лесом земли, но в течение всего цикла завершения лесокультурного производства. Как правило, он наступает во втором классе возраста главной породы и характеризуется установлением ее господства в верхнем ярусе древостоя. Кроме того, и само понятие «ввод молодняков в категорию хозяйственно ценных насаждений» страдает недостоверностью и субъективностью.

Между тем, как справедливо указывает в своей статье Н.Н. Кашпор, вся система подчинена практически одному показателю – переводу несомкнувшихся лесных культур в покрытые лесом земли. Отчитались и о лесных культурах «забыли», как минимум, до следующего лесоустройства. При существующих нормативных документах – предъявить спрос за гибель культур некому – все уровни исполнения и контроля действовали по инструкции, а значит – «правильно»?

Значительная часть леса в настоящее время отдана в аренду. Есть надежда, что разграничение функций исполнения и контроля изменят ситуацию и красивые цифры будут рисоваться в отчетах не с такой легкостью, как раньше. Спрос за состояние особенно рукотворных лесов должен быть повышен со стороны государства, как их владельца. Именно за счет четко налаженного контроля за выполняемыми работами и порой жесткого спроса за допущенный брак объясняется сохранность большинства культур, созданных в довоенное и первое послевоенное время. *Из выделяемых ежегодно регионами субвенций, на наш взгляд, большая часть должна пойти не на создание новых посадок (за исключением территорий, где в 2010 году бушевали лесные пожары), а на уход за ранее созданными культурами, предотвращая их заглошение, а затем и*

гибель. Первоочередное проведение рубок ухода за молодняками и прореживаний необходимо считать главным критерием при оценке эффективности деятельности каждого арендатора.

Для повышения эффективности искусственного способа лесовосстановления необходимо усиление контроля за своевременным выполнением лесоводственных уходов, а также формирование фонда ускоренного лесовыращивания на базе лесных культур, отвечающих специально разработанным идентификационным критериям и показателям [22]. Насаждения, из которых может быть создан фонд ускоренного лесовыращивания, должны иметь возраст менее 30 лет, I–II класс бонитета, полноту не ниже 0,6, доленое участие целевой породы в составе от 8 и выше. Запас учитывается не всего древостоя, а только верхнего полога. Важными критериями служат высота и диаметр насаждения, однако, данные показатели требуют доработки. Выделение этого фонда следует планировать в период инвентаризации и проведения лесоустроительных работ с разработкой мероприятий по формированию целевых насаждений. Это позволит не только получать мелкотоварную древесину при промежуточном пользовании, но и обеспечить условия для ускоренного роста насаждений и получения крупной древесины.

Недостаточная эффективность лесовосстановления при значительных объемах заготовки древесины в ПФО, где сосредоточена значительная часть деревообрабатывающих предприятий, привела к истощению лесосырьевых баз и массовой смене хвойных пород лиственными. Это, а также благоприятные лесорастительные условия, относительно развитая транспортная инфраструктура и, наконец, накопленный лесоводами положительный опыт свидетельствуют о целесообразности превратить данный регион в зону интенсивного лесовыращивания. Эту мысль высказывали ученые-лесоводы В.И. Су-

хих (1999), В.Н. Петров (2006), Н.Н. Кашпор (2006), И.В. Шутов, Е.Л. Маслаков, И.А. Маркова (1984) [8, 9, 10, 23,24].

В данном регионе, как ни в каких других, должны быть сконцентрированы затраты на искусственное лесовыращивание. Учитывая, что доход от вкладываемых средств при традиционном подходе к использованию может быть получен не менее, чем через 40–50 лет, арендаторы не спешат, как они иногда говорят, «закапывать в землю свои деньги». В связи с этим есть резон, опираясь на статью 42 Лесного кодекса, интенсифицировать работы по целевому выращиванию древесины на лесных плантациях. Законодательство в этом случае позволяет интенсифицировать лесопользование, не нанося ущерба лесу и окружающей среде, сокращая время получения прибыли от затраченных средств. В странах Европы, Америки и Азии площади плантаций ежегодно увеличиваются. Причем, в Китае, Бразилии, Чили, Франции и других странах, где государство оказывает активную поддержку и финансирование создания плантационных лесов, значительную долю древесины, от 70 % и выше, получают с плантаций, снижая давление на естественные леса. В 70-х годах прошлого века в ряде областей Центральной России и Поволжья

также были заложены тысячи га лесных культур плантационного типа. Необходимо этот опыт изучить и обобщить. Уже сейчас в лесном фонде лесничеств Среднего Поволжья произрастают культуры сосны обыкновенной, прирост которых в несколько раз выше среднего для данной породы по лесничеству и составляет от 5,6 до до 9,2 м³ с 1 га площади (табл. 4).

Созданные с высокой первоначальной густотой – от 4,3 до 9,8 тыс. шт./га, культуры относятся к высокополнотным, с безусловным доминированием культивируемой породы, запас которой к 35–40-летнему возрасту составил более 300 м³/га. Технологии их выращивания можно успешно реализовывать при плантационном лесовыращивании, делая акцент на получение целевых сортиментов.

При создании плантаций необходимо широкое внедрение индустриальных технологий, обеспечивающих сокращение сроков получения древесины нужного качества. Реализация этих технологий требует обеспеченности селекционно-улучшенным посадочным материалом, квалифицированными кадрами, современной техникой, ну и, конечно, новыми нормативно-методическими разработками. Потребуются, очевидно, и новые поправки в Лесной кодекс.

Таблица 4

Лесоводственно-таксационные характеристики культур сосны, созданных в различные периоды в лесном фонде лесничеств Среднего Поволжья

Лесничество	Состав	ТЛУ	Возраст, лет	Первоначальная густота, тыс.шт/га	Густота факт, шт./га.	Средние		Полнота		Запас, м ³ /га	Прирост по запасу, м ³ /га в год
						диаметр, см	высота, м	абс., м ²	отн.		
Арское	10С	C ₂	37	4250	935	21,6	20	34,1	1,0	322	8,7
Учебно-опытное	10С	A ₂	58	13300	1245	19	20,4	36,7	1,1	324	5,6
Сернурское	10С	B ₂	39	5000	1805	17,0	17,7	39,0	1,1	369	9,5
Кададинское	10С	C ₂	15	7700	5160	7,1	7,3	13,3	-	92	5,8
Яранское	10С	C ₂	18	6700	3713	12,4	12,8	20,3	0,7	117	5,9
Краснобаковское	10С	C ₂	36	9800	2300	14,6	20,8	34,7	1,0	330	9,2

Выводы

1. Лесное хозяйство Среднего Поволжья в наибольшей степени, чем другие регионы РФ, характеризуется высокой интенсивностью и может по большинству критериев соответствовать принципам неистощительного, непрерывного лесопользования. В связи с этим, требования к искусственному восстановлению, дающему устойчивый результат воспроизводства ценных древесных пород, должны не ослабевать, а, наоборот, усиливаться. Между тем, снижение площадей молодняков сосны 1 класса и уменьшение за период 1961–2007 гг. в ПФО площадей, занятых елью, связаны с недостаточным вниманием к искусственному восстановлению данных пород.

2. Лесные культуры разных возрастов занимают значительную долю площадей лесного фонда ПФО, особенно в лесостепной и зоне хвойно-широколиственных лесов. В 10 из 14 республиках и областях 2–3,3 гектара из 10 представлены рукотворными лесами. За прошедшие десятилетия, начиная с 50-60-х годов прошлого столетия, большое внимание уделялось воспроизводству сосны, по площади занимающей пятую часть покрытых лесом земель региона. Из всех сосняков более 30 % имеют искусственное происхождение.

3. Произрастающие в лесном фонде искусственные древостои по сравнению с естественными в целом характеризуются более высокими темпами роста, накопления стволового запаса, внося существенный вклад в повышение производительности сосновых лесов Среднего Поволжья. Между тем, данные преимущества недостаточно учитываются и используются для интенсификации прироста древостоев с целью выращивания древесины целевого назначения за более короткий срок.

4. Состояние и лесоводственно-таксационные характеристики искус-

ственно созданных сосновых древостоев отражают результаты действующей в различные периоды управления воспроизводством леса нормативно-технической документации. Снижение требований к первоначальной густоте приводит к уменьшению полноты, недостаточному участию культивируемой породы в составе насаждения, снижению его бонитета.

5. Результативность искусственного лесовосстановления может быть повышена за счет совершенствования системы мониторинга за состоянием лесных культур в течение цикла заверщенного лесокультурного производства, который характеризуется установлением господства культивируемой породы в верхнем ярусе и наступает, как правило, во втором классе возраста. Большое внимание при этом должно уделяться уходам за молодняками, снижая риски их зарастания лиственными породами. Первоочередное проведение рубок ухода за ними и проведение прореживаний необходимо считать главным критерием при оценке эффективности деятельности арендаторов.

6. Учитывая благоприятные лесорастительные условия, развитую транспортную инфраструктуру, высокую потребность в древесных ресурсах, а также накопленный лесоводами положительный опыт, целесообразно превратить Приволжский федеральный округ в зону интенсивного лесовыращивания и получения древесины целевого назначения. В этих целях необходимо продолжить прерванные в конце 80-х годов прошлого столетия работы по созданию лесосырьевых плантаций на базе региональных рекомендаций по их производству. Возможность получения в более ранние сроки целевой древесины может быть осуществлена за счет организации фонда ускоренного лесовыращивания на базе лесных культур, отвечающих специально разработанным идентификационным критериям и показателям.

7. Для повышения заинтересованности арендаторов в своевременном выполнении неотложных мероприятий по воспроизводству лесных насаждений хозяйственно

ценных древесных пород до периода прохождения стадии молодняков 1 и 2 класса возраста необходимо разработать систему их материального стимулирования.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках реализации ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы» (государственный контракт № 16.552.11.7089 от 12 июля 2012 г.) с использованием оборудования ЦКП «ЭБЭЭ» ФГБОУ ВПО «ПГТУ».

Список литературы

1. Демаков, Ю.П. Математические модели хода роста культур сосны для различных типов леса Марийского Заволжья / Ю.П. Демаков, И.А. Козлова // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2007. – Том 6, № 2. – С. 83-91.
2. Государственный учет лесного фонда. – М.: ООО «Экосервис», 2007. – 879 с.
3. Лесной фонд РСФСР: стат. сборник по материалам учета лесного фонда на 1 января 1961 г. – М.: Гослесбумиздательство, 1962. – 628 с.
4. Романов, Е.М. Методика определения оценочных показателей искусственных насаждений при устойчивом управлении воспроизводством леса / Е.М. Романов, Е.В. Еремин, Т.В. Нуреева. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2009. – 40 с.
5. Лесной кодекс Российской Федерации. Комментарии: изд. 2-е, доп. / Под общ. ред. Н.В. Комаровой, В.П. Рошчупкина. – М.: ВНИИЛМ, 2007. – 856 с.
6. Исаев, А.С. Актуальные проблемы государственной лесной политики / А.С. Исаев, Г.Н. Коровин. – М.: ООО «Типография ЛЕВКО», Институт устойчивого развития / Центр экологической политики России, 2009. – 108 с.
7. Писаренко, А.И. Устойчивое лесовосстановление – основа устойчивого лесопользования / А.И. Писаренко // Лесное хозяйство. – 2003. – № 5. – С. 2-5.
8. Шутов, И.В. Методология управления воспроизводством хвойных древостоев на сплош-

References

1. Demakov Yu.P., Kozlova I.A. Matematicheskie modeli hoda rosta kultur sosny dlya razlichnykh tipov lesa Mariyskogo Zavolzhya [Mathematical Models of Pine Plantations Growth Course for Different Forest Types in the Republic of Mari El.]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Vestnik of Kazan State Agrarian University.]. 2007. Volume 6. No 2. P. 83-91.
2. Gosudarstvennyy uchet lesnogo fonda [State Recording of Forest Fund.]. Moscow: LLC «Ekoservis», 2007. 879 p.
3. Lesnoy fond RSFSR: stat. sbornik po materialam ucheta lesnogo fonda na 1 yanvarya 1961 g. [RSFSR Forest Fund: statistical book on forest inventory as on the 1st of January 1961.]. Moscow, Goslesbumizdatelstvo, 1962. 628 p.
4. Romanov E.M., Eremin E.V., Nureeva T.V. Metodika opredeleniya otsenochnykh pokazateley iskusstvennykh nasazhdeniy pri ustoychivom upravlenii vosproizvodstva lesa [Definition Methods of Estimated Figures of Plantations under Forest Reproduction Sustainable Management.]. Yoshkar-Ola: MarSTU, 2009. 40p.
5. Lesnoy kodeks Rossiyskoy Federatsii. Kommentarii: izd. 2-e, dop. Pod obshh. red. N.V. Komarovoy, V.P. Roshchuykina [Forestry Code of the Russian Federation. Review: second supplemented edition. Under the editorship of Komarova N.V. and Roshchuykin.]. Moscow: VNIILM, 2007. 856 p.
6. Isaev A.S., Korovin G.N. Aktualnye problemy gosudarstvennoy lesnoy politiki [Current Problems of State Forest Policy.]. Moscow: LLC «Tipografiya LEVKO», Institut ustoychivogo razvitiya / Tsentr ekologicheskoy politiki Rossii [Institute of Sustainable Development/ Centre of Ecological Policy in Russia.]. 2009. 108 p.
7. Pisarenko A.I. Ustoychivoe lesovosstanovlenie - osnova ustoychivogo lesopolzovaniya [Sustainable Forest Regeneration is the Basis of Sustainable Forest Use.]. Lesnoe hozyaystvo [Forestry.]. 2003. No 5. P. 2-5.
8. Shutov I.V. Metodologiya upravleniya vosproizvodstvom khvoynykh drevostoev na sploshnykh

ных вырубках / И.В. Шутов. – Лесная газета. – 2012. – № 8-12.

9. Сухих, В.И. Лесопользование в России в начале XXI века / В.И. Сухих // Лесное хозяйство. – 1999. – № 6. – С. 8-13.

10. Кашпор, Н.Н. Воспроизводство лесов: состояние и перспективы / Н.Н. Кашпор // Российская лесная газета. – 2006. – № 18-19.

11. Петров, В.Н. Лесной сектор России: конкурентные преимущества и экономические выгоды / В.Н. Петров // Территория бизнеса. – 2006. – № 10-11. – С. 27-31.

12. Ермоленко, А.А. Ситуация с лесовосстановительными работами в Российской Федерации, проблемы и пути решения. <http://www.rosleshoz.gov.ru/media/appearance/> Свободный доступ (дата обращения: 25.02.2009).

13. Романов, Е.М. Состояние воспроизводства лесов в регионе Среднего Поволжья / Е.М. Романов, Н.В. Еремин, Т.В. Нуреева // Международное сотрудничество в лесном секторе: Баланс образования науки и производства. Материалы международной конференции 3-5 июня 2009 г. – Йошкар-Ола: МарГТУ. – С. 45-51.

14. Романов, Е.М. Состояние и проблемы воспроизводства лесов России / Е.М. Романов, Н.В. Еремин, Т.В. Нуреева // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2007. – №1. – С. 5-15.

15. Наставления по проведению лесовосстановительных работ в зоне хвойно-широколиственных лесов европейской части РСФСР. – М.: Министерство лесного хозяйства РСФСР, 1987. – 75 с.

16. Указания по проведению лесовосстановительных работ в Государственном лесном фонде европейской части РСФСР. – М.: Гослесбумиздат, 1963. – 192 с.

17. Незабудкин, Г.К. Типы лесных культур на землях гослесфонда Марийской АССР / Г.К. Неза-

vyrubkakh [Management Methodology for Reproduction of Coniferous Stands at the Clean Fellings]. Lesnaya gazeta [Newspaper on Forestry]. 2012. No 8-12.

9. Sukhikh V.I. Lesopolzovanie v Rossii v nachale XXI veka [Russian Forest Use in the Early XXI Century]. Lesnoe khozyaystvo [Forestry]. No 6. 1999. P. 8-13.

10. Kashpor N.N. Vosproizvodstvo lesov: sostoyanie i perspektivy [Reproduction of Forests: Current Situation and Prospects]. Rossiyskaya lesnaya gazeta [Russian Newspaper on Forestry]. No 18-19 dated 02.05.2006.

11. Petrov V.N. Lesnoy sektor Rossii: konkurentnyye preimushchestva i ekonomicheskie vygody [Russian Forest Sector: Competitive Position and Economic Benefits]. Territoriya biznesa [Business Territory]. No10-11. 2006. P. 27-31

12. Ermolenko A.A. Situatsiya s lesovosstanovitelnyimi rabotami v Rossiyskoy Federatsii, problemy i puti resheniya [Current Situation in Forest Restoration in the Russian Federation: Problems and Possible Solutions.]. URL: <http://www.rosleshoz.gov.ru/media/appearance/> Svobodnyj dostup (reference date: 25.02.2009).

13. Romanov E.M., Eremin N.V., Nureeva T.V. Sostoyanie vosproizvodstva lesov v regione Srednego Povolzhya [Situation with Forest Reproduction in the Middle Volga.]. Mezhdunarodnoe sotrudnichestvo v lesnom sektore: Balans obrazovaniya nauki i proizvodstva [International Cooperation in Forestry: Balance of Education, Science and Industry.]. Materialy mezhdunarodnoy konferentsii 3-5 ijunya 2009 g. [Materials of International Conference (June 3-5, 2009, Yoshkar-Ola.]. Yoshkar-Ola: MarSTU, p. 45-51.

14. Romanov E.M., Eremin N.V., Nureeva T.V. Sostoyanie i problemy vosproizvodstva lesov Rossii [Present-Day Situation and Problems of Forest Regeneration in Russia.]. Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie. [Vestnik of Mari State Technical University. Series «Forest. Ecology. Nature Management»]. 2007. No 1. P. 5-15.

15. Nastavleniya po provedeniju lesovosstanovitelnykh rabot v zone khvoyno-shirokolistvennykh lesov evropeyskoy chasti RSFSR [The Guide on Forest Restoration Implementation in the Zone of Mixed Coniferous-Broad Leaved Forest in the RSFSR.]. Moscow: Ministry of Forestry of RSFSR, 1987. – 75 p.

16. Ukazaniya po provedeniju lesovosstanovitelnykh rabot v Gosudarstvennom lesnom fonde evropeyskoy chasti RSFSR [Instructions on Forest Restoration Implementation in the State Forest Fund of the European Part of RSFSR.]. Moscow: Goslesbumizdat, 1963. 192 p.

17. Nezabudkin G.K., Eremin N.V. Tipy lesnykh kultur na zemlyakh goslesfonda Mariyskoy ASSR

будкин, Н.В. Еремин. – Йошкар-Ола: Марийск. кн. изд-во, 1969. – 72 с.

18. *Успенский, В.В.* Особенности роста, продуктивности и таксации культур / В.В. Успенский, В.К. Попов. – М.: Лесная промышленность, 1974. – 129 с.

19. *Ипатов, Л.Ф.* Строение и рост культур сосны на Европейском Севере / Л.Ф. Ипатов. – Архангельск: Сев.-Запад. кн. изд., 1974. – 107 с.

20. *Рубцов, В.И.* Культуры сосны в лесостепи. / В.И. Рубцов. – М.: Лесная промышленность, 1969. – 228 с.

21. *Поляков, А.Н.* Продуктивность лесных культур / А.Н. Поляков, Л.Ф. Ипатов, В.В. Успенский. – М.: Агропромиздат, 1986. – 240 с.

22. *Романов, Е.М.* Обоснование критериев и показателей перевода лесных культур в режим ускоренного лесовыращивания / Е.М. Романов, Т.В. Нуреева, Н.В. Еремин // Известия Вузов. Лесной журнал. – 2012. – №5. – С. 7-13.

23. Лесные плантации (ускоренное выращивание ели и сосны) / И.В. Шутов, Е.Л. Маслаков, И.А. Маркова. – М.: Лесная промышленность, 1984. – 248 с.

24. Плантационное лесоводство / Под общ. ред. И.В. Шутова. – СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2007. – 366 с.

[Types of Artificial Stands at the Territory of State Forest Resource in Mari ASSR.]. Yoshkar-Ola: Mariysk. kn. izd-vo, 1969. 72 p.

18. *Uspenskiy V.V., Popov V.K.* Osobennosti rosta, produktivnosti i taksatsii kultur [Particular Features of Plantations in Growth, Productivity and Inventory Measures.]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1974. 129 p.

19. *Ipatov P.F.* Stroenie i rost kultur sosny na Evropeyskom Severe [Structure and Growth of Pine Plantations in the European North.]. Arkhangel'sk: Sev.-Zapad Kn.izd-vo, 1974. 107 p.

20. *Rubtsov V.I.* Kultury sosny v lesostepi [Pine Plantations in Forest-Steppe.]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1969. 228 p.

21. *Polyakov A.N., Ipatov L.F., Uspenskiy V.V.* Produktivnost lesnykh kultur [Plantations Productivity.]. Moscow: Agropromizdat, 1986. 240 p.

22. *Romanov E.M., Nureeva T.V., Eremin N.V.* Obosnovanie kriteriev i pokazateley perevoda lesnykh kultur v rezhim uskorennoy lesovyvashchivaniya [Grounding of Criteria and Indices of Transfer of Artificial Stands in the Mode of Accelerated Cultivation of Forests.]. Izvestiya Vuzov. Lesnoy zhurnal [University News. Forest Journal.]. 2012. No 5. P. 7-13.

23. *I.V. Shutov, E.L. Maslakov, I.A. Markova.* Lesnye plantatsii (uskorennoe vyrashchivanie eli i sosny) [Forest Plantations (Accelerated Cultivation of Fir and Pine Trees)]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1984. 248 p.

24. *Plantatsionnoye lesovodstvo* [Forestry for Cultivation of Artificial Stands.]. Pod obshh. red. I.V. Shutova [Under the editorship of I.V. Shutov.]. Saint-Petersburg: Izdatel'stvo Politekh. Universiteta. 2007. 366 p.

Статья поступила в редакцию 25.07.13.

РОМАНОВ Евгений Михайлович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесных культур и механизации лесохозяйственных работ, ректор, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – искусственное лесовосстановление. Автор более 150 публикаций.

E-mail: romanovem@volgatech.net

НУРЕЕВА Татьяна Владимировна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесных культур и механизации лесохозяйственных работ, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – искусственное лесовосстановление и лесоразведение. Автор 53 публикаций.

E-mail: nureevatv@volgatech.net

ЕРЕМИН Николай Васильевич – кандидат сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесных культур и механизации лесохозяйственных работ, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – исследование состояния и результативности искусственных лесных насаждений ели, сосны обыкновенной и кедровой сибирской в Среднем Поволжье. Автор более 130 публикаций.

E-mail: EreminNV@volgatech.net

ROMANOV Evgeny Mikhaylovich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Chair of Forest Plantations and Mechanization of Forestry Works, Rector, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Research interests – artificial forest regeneration. The author of more than 150 publications.

E-mail: romanovem@volgatech.net

NUREEVA Tatiana Vladimirovna – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Chair of Forest Plantations and Mechanization of Forestry Works, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Research interests – artificial forest regeneration and forest cultivation. The author of 53 publications.

E-mail: nureevatv@volgatech.net

EREMIN Nikolay Vasilevich - Candidate of Agricultural Sciences, Professor at the Chair of Forest Plantations and Mechanization of Forestry Works, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Research interests – research of condition and performance of artificial plantations of Fir, Scotch pine and Siberian stone pine in the Middle Volga. The author of more than 130 publications.

E-mail: EreminNV@volgatech.net

E. M. Romanov, T. V. Nureeva, N. V. Eremin

ARTIFICIAL FOREST REGENERATION IN THE MIDDLE VOLGA: PRESENT-DAY SITUATION AND PROBLEMS TO BE SOLVED

Key words: forest regeneration; Middle Volga; artificial forest regeneration; plantations; productivity; growing stock; natural forest regeneration.

The main goal of the research is to improve forest regeneration process in the Middle Volga with the use of the obtained results of artificial forest reproduction which assure accelerated forest cultivation and increase of stands productivity. As such, the following tasks were to be solved: revealing of the role and significance of planted stands in improvement of productivity of forests, assessment of their condition on the example of Scotch pine, study of the regularities of formation of crop depending on the way of forest regeneration and elaboration of the measures on improvement of performance of artificial forest regeneration in the Middle Volga.

The methods of the research included collection of experimental material from different RF regions (data of Forest Fund State Recording and data of different forestries). The collected material included data on forest surveying and field data of characteristics of stands at the temporary sample plots. Electronic data base of silvicultural valuation figures for plantations was used for simulation.

Changes in the area of Fir and Pine plantations was followed for a 46-year period. A significant role of artificial stands in forest fund of the regions of the Middle Volga, the area of which varies from 8 to 32 % and becomes larger from north to south, was specified.

Better growth rates of Pine plantations, excess of their density, share of the main species and their bonitet in comparison with natural stands were proved to be real. The obtained results are based on the analysis of the data base of silvicultural valuation figures of Scotch Pine stands in 7 forestries of the Middle Volga.

The problems of forest restoration in the Middle Volga and Russia on the whole were described. Some ways for improvement of efficiency of artificial forests reproduction for the Middle Volga by means of accelerated cultivation of trees in combination with intensive forest use were offered. They consist in enhancement of monitoring of condition of plantations during complete cycle of silvicultural production, timely silvicultural tendance of young growth, allocation of fund of accelerated forest cultivation with inclusion in it artificial stands, meeting specially elaborated criteria. Besides, the necessity of cultivation of artificial stands in the Middle Volga for meeting demands in target timber has reached its crisis point.

УДК 630*232

Д. И. Мухортов, Е. М. Романов

УТИЛИЗАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ПРИ ИСКУССТВЕННОМ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИИ

Приведены результаты исследований по изучению агроэкологических свойств органических отходов и продуктов на их основе с оценкой воздействия на окружающую среду, рост древесных и кустарниковых растений. Определены основные положения экологически безопасного использования отходов и выявлены основные направления их применения в лесном хозяйстве. Разработаны технологии переработки органических отходов в нетрадиционные удобрения и субстраты с использованием технических средств лесохозяйственного назначения и их применения в технологических процессах искусственного лесовосстановления.

Ключевые слова: органические отходы; аэробное компостирование; вермикомпостирование; нетрадиционные органические удобрения; субстраты; мелиорация почвы; мульчирование; искусственное лесовосстановление.

Введение. 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. При этом одной из основных задач лесохозяйственной деятельности является увеличение продуктивности лесов путем оптимизации условий их воспроизводства, что предусматривает получение достаточного количества качественных лесных семян, выращивание высококачественного посадочного материала, восстановление и повышение плодородия почв лесных питомников и лесокультурных площадей. Этого невозможно добиться без применения мелиорантов.

В современных рыночных условиях высокая стоимость традиционных органических и минеральных удобрений ограничивает возможность повышения продуктивности лесов. Для интенсификации воспроизводства лесов на различных этапах 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, обладают другими полезными свойствами [1], что позволяет использовать их при выращивании древесных и кустарниковых растений, повышении почвенного плодородия, для борьбы с сорняками и болезнями древесных растений, поэтому вопросы, связанные с изучением переработки органических отходов современными биоконверсионными способами и их использованием в лесном хозяйстве являются актуальными.

Скопившиеся во многих местах отходы часто выступают в роли техногенных загрязнителей, единственной формой утилизации которых во многих регионах России на сегодняшний день является захоронение. Наличие в них различных видов нежелательных ингредиентов требует комплексного подхода, учитывающего

множество факторов обращения с отходами, в том числе определение наиболее оптимальных методов и способов переработки, возможности использования в полезных целях в различных технологических процессах лесохозяйственного производства. Вместе с тем, нужно учитывать и то, что использование отходов в лесном хозяйстве исключает опасность включения нежелательных веществ в пищевые цепи человека, так как на данных площадях выращивают неиспользуемые в пищу древесные растения, поэтому утилизация органических отходов при лесовосстановлении позволит решать и экологическую проблему – из категории загрязнителей окружающей среды они перейдут в разряд удобрений или субстратов.

Целью исследований являлась разработка научно обоснованных технологий повышения интенсивности лесокультурного производства за счет переработки и экологически безопасного применения органических отходов в технологических процессах искусственного лесовосстановления.

Решаемые задачи:

– обосновать экологическую целесообразность и разработать практическое решение утилизации органических отходов при искусственном лесовосстановлении;

– изучить биотехнологические аспекты и разработать технологии переработки органических отходов в нетрадиционные удобрения и субстраты в лесном хозяйстве;

– изучить агролесоэкологические вопросы влияния нетрадиционных удобрений на свойства дерново-подзолистых почв, в том числе транслокацию подвижных форм тяжелых металлов по почвенному профилю;

– определить оптимальные дозы внесения нетрадиционных органических удобрений и оценить эффективность их использования для комплексной мелиорации почв путем агрохимической диагностики и изучения отзывчивости древесных и кустарниковых растений;

– изучить влияние способа и техноло-

гии переработки органических отходов на основные физико-химические и экологические показатели нетрадиционных корнезакрывающих субстратов для выращивания растений в условиях контролируемой среды, в том числе с закрытой корневой системой;

– обосновать возможность применения органических отходов и смесей на их основе в качестве мульчирующего материала для борьбы с сорной травянистой растительностью, оптимизации водного и температурного режимов почвы при выращивании древесных и кустарниковых растений.

Объекты и методика исследований.

Объектами исследований являлись органические отходы производства и потребления, процессы биodeградации органического вещества при их переработке в нетрадиционные удобрения и субстраты, комплексное воздействие органических отходов и продуктов на их основе на почву, древесные и кустарниковые растения. Опытные объекты располагались в пределах зоны хвойно-широколиственных лесов Приволжского федерального округа. Исследование свойств органических отходов производилось в республиках Марий Эл, Мордовия и Татарстан, Пензенской и Кировской областях. Опытные объекты по отработке технологий переработки органических отходов в нетрадиционные удобрения и субстраты располагались в Кададинском опытном лесном хозяйстве Пензенского управления лесами, Мушмаринском лесном питомнике Национального парка «Марий Чодра», лесных питомниках Ботанического сада и Учебно-опытного лесхоза ФГБОУ ВПО «ПГТУ» Республики Марий Эл, Санчурском лесхозе Кировской области. Опытные объекты по изучению влияния внесения нетрадиционных удобрений из органических отходов на изменение агрохимических свойств почвы, рост древесных и кустарниковых растений в открытом грунте лесного питомника и лесных культурах плантационного типа располагались

в Мушмаринском лесном питомнике Национального парка «Марий Чодра» и Кокшайском лесном питомнике Министерства лесного хозяйства Республики Марий Эл, питомнике Ботанического сада ФГБОУ ВПО «ПГТУ», Кададинском ОЛХ Пензенской области. Для изучения возможности использования органических отходов при выращивании посадочного материала в закрытом грунте полевые эксперименты проводились в теплицах Ардатовского лесхоза Республики Мордовия, Ботанического сада ФГБОУ ВПО «ПГТУ» Республики Марий Эл, Семеновского спецлесхоза Нижегородской области.

При изучении характеристик органических отходов полевые эксперименты проводились путем отбора проб отходов. Для этого с отвалов отходов из пяти различных точек брались навески, затем они смешивались, и из данной смеси отбирался образец органического отхода для проведения агроэкологических анализов в лабораторных условиях.

Для изучения влияния параметров аэробного компостирования и влияния состава компостных смесей на агрохимические показатели нетрадиционных удобрений и субстратов были сформированы смеси наиболее многотоннажных видов органических отходов, которые закладывались как в ящики объемом 3 м³, так и в бурты высотой 1,5–2,0 м, шириной 4 м по основанию и подвергались аэробной биодеградации. Интенсивность разложения органического вещества отходов в процессе компостирования определялась путем измерения температуры компостируемой массы и методом оценки целлюлозоразрушающей активности [2].

Отработка технологических параметров вермикомпостирования смесей органических отходов выполнялась с использованием популяции червей *Eisenia foetida* (Sav.). В ходе проведения исследований испытывались различные по составу смеси отходов, состоящие из осадков сточ-

ных вод, опилок, соломы и бумажных отходов, различающихся по токсичности.

Агроэкологические показатели органических отходов, нетрадиционных удобрений и субстратов определялись в смешанных образцах по общепринятым методикам. Отбор проб осуществлялся по ГОСТ 26712. Содержание массовой доли влаги – по ГОСТ 26713, содержание органического вещества – по ГОСТ 26714 и ГОСТ 27980, кислотность $pH_{\text{кол}}$ – по ГОСТ 27979, содержание общего и аммонийного азота – по ГОСТ 26715, ГОСТ 26716 и ГОСТ 28990, содержание общего фосфора и общего калия – по ГОСТ 26717 и ГОСТ 26718, содержание тяжелых металлов – по ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.36-02. Токсичность (класс опасности) отходов и нетрадиционных мелиорантов определялась по ПНД Ф Т 14.1:2:4.12-06 (ПНД Ф Т 16.1:2:3:3.9-06), ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.11-04 (ПНД Ф Т 16.1:2:3:3.8-04).

При изучении эффективности влияния внесения нетрадиционных удобрений из органических отходов на агрохимические показатели почв, рост сеянцев и саженцев древесных растений в лесных питомниках и лесных плантациях экспериментальные участки были заложены с последовательным и рендомизированным их размещением, в трех - четырехкратной повторности. Нетрадиционные удобрения вносились в дозах 15, 30, 60, 80, 120, 240, 360 и 480 т/га из расчета на влажность 65 %.

Исследования влияния нетрадиционных органических удобрений на агрохимические показатели почвы включали отбор смешанных проб почвы по ГОСТ 17.4.3.01. Физические и агрохимические свойства почвы были определены по общепринятым методикам: влажность – по ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.58-08, плотность сложения почвы – по методу Качинского (1958), гранулометрический состав – по методу пипеток, подвижный фосфор и калий – по Кирсанову (ГОСТ 26207), гумус – по методу И.В. Тюрина (ГОСТ 26213), азот аммонийный – по ГОСТ 26489, нит-

ратный – ионометрическим методом (ГОСТ 26951), щелочно-гидролизуемый – по методике Казанского филиала ЦИНАО по Корнфильду, гидrolитическая кислотность и сумма поглощенных оснований – по ГОСТ 26212 и ГОСТ 27821 соответственно, кислотность – по ГОСТ 26484. Содержание подвижных форм тяжелых металлов определяли атомно-абсорбционным методом (РД 52.18.289-90 и ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.36-02).

Для обоснования возможности выращивания растений в условиях закрытого грунта с использованием субстратов из органических отходов были испытаны компосты и вермикомпосты различного состава, полученные по разным технологиям, а также субстраты из низинного торфа, модифицированные органическими отходами (гидролизным лигнином и опилками) в отношении 10, 20, 30, 40, 50 % по объему. В качестве контроля использовался фрезерованный верховой и низинный торф.

Для изучения влияния применения органических отходов в качестве мульчирующего материала на рост древесных и кустарниковых растений и засоренность травянистыми растениями осуществлялось поверхностное внесение опилок и смеси нейтрализованного гидролизного лигнина слоем 1, 3, 5 и 7 см в посевном и школьном отделениях лесного питомника, лесных плантациях.

Наблюдения за всхожестью семян, ростом сеянцев и саженцев проводились по методике Н.А. Смирнова [3]. Выкопка производилась методом «глыбки» [4] с последующим измерением у них высоты стволика, текущего прироста, длины корней и диаметра корневой шейки, после чего растения разделялись на органы, высушивались при температуре 105°C и взвешивались.

Планируемое количество измерений и анализов обеспечивало, как правило, достоверность полученных данных не менее

чем на 5 %-ом уровне значимости. Для их оценки использовали методы большой выборки, дисперсионный, регрессионный и корреляционный анализ.

Результаты исследований. Многие виды отходов содержат органическое вещество и элементы минерального питания растений (табл. 1), обладают другими полезными свойствами, что позволяет использовать их в технологических процессах лесохозяйственного производства. 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, следовательно, нельзя допускать их бесконтрольного использования, а отходы, относящиеся к 1...2 классам опасности, применять в лесном хозяйстве без дополнительных мер по их обезвреживанию не целесообразно.

Эффективное использование органических отходов при искусственном лесовосстановлении (организации их транспортировки, внесения, переработки в нетрадиционные удобрения и т.д.) возможно только при определении их агрегатного состояния, агрохимических и экологических свойств. Это достигается путем проведения лабораторных анализов, но ориентировочно свойства отходов можно установить, используя Федеральный классификационный каталог отходов. Для планирования использования органических отходов в лесном хозяйстве их удобно разделять на три категории по основным показателям: наполнители (категория I), субстраты (категория II) и добавки (категория III) [5].

Для определения объектов и технологических процессов лесовосстановительных мероприятий, где существует возможность применения органических от-

Таблица 1

Основные агрохимические показатели органических отходов

Вид отходов	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
Бесподстилочный навоз КРС	20...87	1,1...3,0	0,1...0,7	0,1...1,7
Птичий помет	73...78	1,2...7,6	0,3...6,0	0,3...2,4
Солома	80...82	0,3...1,3	0,1...0,2	0,2...1,0
Сорная травяная растительность	71...93	0,2...1,9	0,4...1,2	1,9...4,5
Остатки с/х растений	-	0,7...2,3	0,7...0,9	1,9...5,6
Листовой опад	70...92	0,2...1,7	0,4...0,9	0,8...2,5
Опилки	70...99	0,0...0,2	0,1...0,4	0,0...0,3
Древесная кора	89...96	0,0...0,5	0,1...0,5	0,1...0,8
Гидролизный лигнин	87...94	0,1...0,4	0,02...0,1	0,04...0,06
Макулатура	73...99	0	0,0...0,5	0,01...0,20
Каньга	90	0,9	2,3	0,6
Отходы текстиля	96	0	0,45	0,02

ходов и продуктов на их основе, нужно учитывать, что более предпочтительным является применение отходов на ограниченной территории в достаточно большом (оптимальном) количестве. Это позволит обеспечить проведение постоянного мониторинга за состоянием окружающей среды. С целью снижения риска неблагоприятного воздействия отходов на окружающую среду и здоровье человека использование органических отходов для повышения продуктивности лесных насаждений возможно только в технологических процессах с относительно коротким циклом производства и на участках с высокой степенью воздействия человека на ход естественных процессов лесовосстановления. При оценке возможности применения органических отходов в технологическом процессе нужно учитывать продолжительность законченного цикла производства и сумму максимально допустимых агротехнических сроков для выполнения всех технологических операций с учетом их повторяемости с расчетом коэффициента «опаеваемости» (табл. 2). Безопасное использование органических отходов возможно при значении данного коэффициента $K_{on} \geq 0,1$. Этим значением расчетный коэффициент достигает в таких технологических процессах ис-

кусственного лесовосстановления, как создание ПЛСП, выращивание лесного посадочного материала, создание и эксплуатация лесосырьевых плантаций.

Учитывая физико-химические и токсикологические свойства органических отходов различных категорий и имеющийся опыт применения органогенных материалов в лесном хозяйстве, отходы могут применяться как в чистом виде, так и в качестве компонентов для получения нетрадиционных мелиорантов. Они могут быть использованы для повышения плодородия почв, в качестве мульчирующего материала и для производства корнезакрывающих субстратов с целью использования в закрытом грунте (рис. 1).

На каждом этапе переработки и применения отходов необходима оптимизация технологических приемов, поэтому в основу программно-методической концепции работы положены анализ взаимосвязей биотических и абиотических факторов с ходом естественно-биологических процессов биodeградации органического вещества отходов, искусственного лесовосстановления и разработка параметров, обеспечивающих повышение эффективности каждой технологической операции с целью повышения продуктивности искусственных насаждений.

Таблица 2

Определение коэффициента степени технологического воздействия на процессы искусственного лесовосстановления (коэффициента «опекаемости»)

Вид лесохозяйственного производства	Получаемая продукция	Сумма агротехнич. сроков выполнения операций, дней (С)	Продолжительность законченного цикла производства, дней (А)	Кoeff-т ($K_{on} = -$)
Создание и эксплуатация ПЛСУ	Семена	620...700	9125...10950	0,06...0,07
Создание и эксплуатация ПЛСП		835...945	9125...10950	0,09...0,10
Выращивание сеянцев в открытом грунте	Сеянцы	319...357	1460...1825	0,19...0,23
Выращивание сеянцев в теплицах		922...1763	365...730	2,42...2,53
Выращивание сеянцев с ЗКС		807...1873	365...730	2,21...2,57
Создание лесных культур	Лесные культуры	105...215	2555...5475	0,02...0,08
Создание и эксплуатация лесосырьевых плантаций	Ивовый прут	1100	6205	0,18

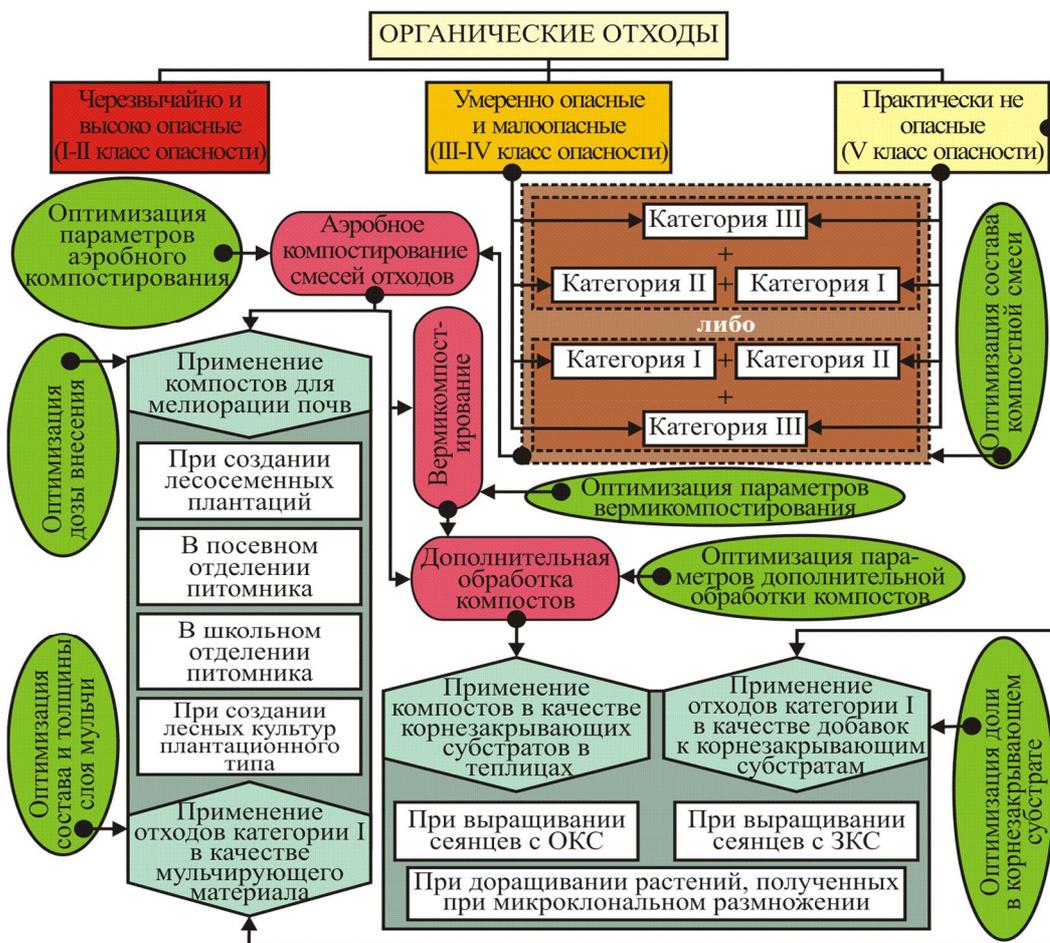


Рис. 1. Направления применения органических отходов в технологических процессах искусственного лесовосстановления

Наиболее доступным способом получения удобрений и субстратов на основе органических отходов в лесном хозяйстве является компостирование. Существует несколько принципиально отличающихся подходов их переработки в нетрадиционные удобрения и субстраты: аэробное, анаэробное и вермикомпостирование.

Установлено, что наиболее перспективным методом переработки органических отходов для использования при лесовосстановлении является их аэробное компостирование. В результате проведения исследований по изучению аэробной биодegradации органического вещества отходов доказано, что для достижения оптимальных условий компостирования нужно правильно формировать смесь отходов, с учетом отношения C:N и исходной влажности компостируемой смеси, выдерживать оптимальный режим компостирования, ориентируясь на показания температуры смеси при ее разогреве в результате жизнедеятельности аэробных микроорганизмов [5]. Получаемые в результате такой переработки компосты по своим агрохимическим свойствам не

уступают традиционным удобрениям из низинного торфа и навоза, а по некоторым параметрам и превосходят их (табл. 3). Кроме того, по себестоимости компосты из отходов в 2,5...8 раз дешевле, чем качественные торфоминеральные удобрения.

Вермипереработка отходов может применяться для повышения агроэкологической ценности получаемых продуктов. В ходе проведения исследований совместно с В.В. Усковой установлено, что перерабатывать органические отходы или их смеси с использованием червей *Eisenia foetida* (Sav.) можно лишь при условии, что они относятся к IV...V классам опасности [6]. Оптимальной плотностью первоначальной посадки при вермикомпостировании субстратов на основе органических отходов является 12 особей/дм³. При планировании вермипереработки отходов нужно учитывать, что наиболее эффективно переработка осуществляется 2...4 поколениями червей. С учетом того, что пятое поколение червей, появляющееся примерно через 12..15 месяцев после первоначального заселения червей, снижает интенсивность пере-

Таблица 3

Агрохимическая характеристика компостов из органических отходов

Состав органического удобрения (соотношение по массе)	Органич. вещ-во, %	pH _{сол}	Содержание общих форм, %			C:N
			азота	фосфора	калия	
Кададинское ОЛХ (Пензенская область)						
1ОСВ : 0,86ГЛ	63,2	6,2	1,0	0,6	0,40	31,6:1
Мушмаринский лесной питомник НП «Марий Чодра» (Республика Марий Эл)						
1ОСВ : 0,10ГЛ	45,6	7,8	1,05	0,87	0,17	16,8:1
1ОСВ : 0,15ГЛ	54,6	7,8	1,33	0,81	0,16	23,3:1
1ОСВ : 0,20ГЛ	57,0	7,9	1,49	0,78	0,18	19,5:1
1ОСВ : 0,50ГЛ	59,3	7,5	1,25	0,62	0,12	33,7:1
1ОСВ : 1,00ГЛ	67,9	7,7	1,02	0,78	0,16	39,9:1
Учебно-опытный лесхоз ПГТУ (Республика Марий Эл)						
1ОСВ : 0,30 опилок	85,31	5,9	1,3	1,6	0,30	34,1:1
1ОСВ : 0,74 опилок	84,65	6,7	1,5	1,9	0,30	28,2:1
Санчурский лесхоз (Кировская область)						
1навоза : 1,28 опилок	89,25	6,98	0,54	0,18	0,04	38,9:1
данные ЦИНАО						
ТМАУ	-	6,5	0,50...0,80	0,6...0,9	0,6...0,9	-
Подстилочный навоз КРС	-	7,7...8,5	0,41...0,46	0,51	0,20	-

Примечание: ОСВ – осадки сточных вод; ГЛ – гидролизный лигнин; ТМАУ – торфоминеральные удобрения; КРС – крупный рогатый скот.

работки отходов, целесообразно производить подселение свежих червей из маточника. Для ускорения процесса вермикомпостирования при изменении температуры воздуха наиболее целесообразно регулировать состав субстрата: при повышении температуры увеличивать, а при снижении уменьшать долю отходов, относящихся к категории I в составе перерабатываемой смеси в рамках оптимальных значений в зависимости от ее класса опасности (табл. 4). Тем не менее, себестоимость производства вермикомпостов остается высокой и их использование возможно только при выращивании элитного посадочного материала в условиях контролируемой среды.

Анаэробное компостирование можно осуществлять только на специализированном дорогостоящем оборудовании, и его применение в лесном хозяйстве в настоящее время несколько затруднительно. Кроме того, получаемые при анаэробной переработке органических отходов компосты имеют повышенную влажность, мелкую структуру [7] и могут быть использованы в практике лесохозяйственного производства только после дополнительной переработки.

Одним из основных направлений утилизации органических отходов при лесовосстановлении является использование компостов на их основе для повышения почвенного плодородия в лесных питомниках, на лесосеменных и лесосырьевых плантациях. Исследования, проведенные совместно с Т.В. Нуревой, показали, что при внесении в дерново-подзолистые поч-

вы нетрадиционных органических удобрений, в состав которых входят компоненты, содержащие соли тяжелых металлов, происходит некоторое увеличение их содержания в пахотном горизонте, хотя превышение уровня ПДК не установлено [8]. Большая часть соединений тяжелых металлов концентрируется в верхних горизонтах почвы. После внесения данных удобрений проникновение тяжелых металлов установлено лишь до глубины 60 см. При сборе урожая происходит их вынос с растениями и почвой на корнях, и таким образом происходит самоочищение пахотного горизонта почвы.

Нетрадиционные органические удобрения являются мощным средством для регулирования почвенного плодородия. При повышении дозы внесения нетрадиционных удобрений происходит изменение практически всех физико-химических показателей почв. Кроме того, использование компоста, изготовленного на основе органических отходов, активизирует почвенно-микробиологические процессы, в том числе, процессы минерализации органических веществ и накопление элементов питания для растений [9].

Эффективность нетрадиционных органических удобрений зависит от их состава, физико-химических характеристик исходных компонентов, дозы внесения, а также исходного плодородия мелиорируемых почв. Плотность сложения почвы достигает оптимальных значений при внесении 120...240 т/га мелиоранта, а близких к оптимуму агрохимических показателей – при дозе внесения 80...120 т/га

Таблица 4

Влияние состава смеси отходов (осадков сточных вод и листового опада) на плотность популяции червей при различных температурных режимах вермикомпостирования

Доля отходов категории I (листовой опад) в смеси	Плотность популяции червей при различных температурных режимах вермикомпостирования, особей/дм ³			
	15...17°C	16...18°C	20...23°C	22...25°C
60	143,3	154,7	120,0	70,7
50	125,3	127,7	165,7	96,0
40	94,3	98,0	110,7	99,3
<i>HCP₀₅</i>	<i>13,63</i>	<i>19,82</i>	<i>9,29</i>	<i>17,55</i>

нетрадиционных органических удобрений. Эффективность применения нетрадиционных удобрений повышается при их использовании с другими приемами мелиорации почв. Установлено, что положительное влияние мелиорации почв с применением нетрадиционных удобрений прослеживается на протяжении 7...10 лет.

Оптимальная доза внесения компоста на основе органических отходов зависит от гранулометрического состава почвы и вида выращиваемых растений (табл. 5). При выращивании листовых пород, например различных сортов ивы, на лозу однократная доза внесения может быть увеличена до 250...350 т/га [10]. Для суглинистых почв доза внесения может быть повышена при увеличении содержания в ней частиц илистой фракции, для почв легкого гранулометрического состава – со снижением содержания элементов минерального питания растений и органического вещества.

В результате исследований выявлено, что нетрадиционные органические удобрения нужно применять с учетом их состава. Для мелиорации легких по гранулометрическому составу почв рекомендуется использовать компосты с содержанием отходов категории II (субстраты) более 50 % (по массе), а почв с высоким содержанием агрегатов, относящихся к илистой фракции, в составе компоста должно быть более 40 % (по массе) отходов категории I (наполнители). Это позволит оптимизировать свойства почвы и интенсифицировать рост древесных и кустарниковых растений.

Другим направлением применения органических отходов является их использование в качестве основы для тепличных субстратов при выращивании семян в условиях контролируемой среды. Известно, что субстрат должен обеспечивать благоприятный для растений водно-воздушный режим, иметь оптимальную кислотность, содержать достаточное количество для роста семян доступных элементов минерального питания. Лучшей основой для получения субстрата является верховой торф, так как он имеет оптимальную плотность сложения, не слеживается, а высокая кислотность и недостаточное содержание питательных элементов восполняется внесением минеральных добавок [11]. Однако во многих регионах России промышленной заготовки верхового торфа не производится, а используемый в качестве субстрата низинный торф не обеспечивает получение высокого эффекта по причине его плохих физических свойств, поэтому в практике выращивания семян в теплицах в низинный торф целесообразно вводить добавки из органических отходов, обеспечивающих стабильность субстрата и улучшающих водно-воздушный обмен.

Установлено, что введение опилок или гидролизного лигнина в состав субстратов на основе низинного торфа позволяет существенно снизить процесс разложения органического вещества субстрата в процессе выращивания посадочного материала, но при этом в нем снижается содержание элементов минерального питания.

Таблица 5

Оптимальные дозы внесения нетрадиционных органических удобрений в дерново-подзолистые почвы лесных питомников при выращивании семян и саженцев хвойных пород

Почвы	Оптимальная доза внесения НОУ, т/га		
	Сосна обыкновенная	Лиственница сибирская	Ель европейская
Песчаные	80...100	-	-
Супесчаные	50	-	-
Легкосуглинистые	100	150	50...80
Среднесуглинистые	-	-	150

Исследованиями доказано, что древесные отходы можно использовать при производстве субстратов из низинного торфа, так как они имеют невысокую плотность сложения и практически не содержат патогенной микрофлоры. Оптимальная доля опилок – 40...50 % от объема субстрата, но для достижения максимальных значений биометрических показателей сеянцев при их выращивании на таких субстратах необходимо вносить минеральные удобрения и регулярно проводить подкормки в соответствии с потребностями растений [12].

В качестве корнезакрывающих субстратов возможно использование компостов из органических отходов. Но, как показали исследования, для этого к производству компостов должны предъявляться повышенные требования. При составлении компостной смеси нужно добиваться того, чтобы отношение углерода к азоту было в пределах 24...28:1, а в процессе компостирования строго выдерживать температурный режим биотермической переработки в пределах 55°C и обеспечивать доступ воз-

духа по всему объему компостируемой смеси. В этом случае процесс биотермической переработки отходов интенсифицируется, а сеянцы, выращиваемые на таких субстратах, будут обладать более крупными биометрическими показателями [13]. Кроме того, смесь органических отходов должна пройти все стадии компостирования, что позволит улучшить физические свойства субстрата за счет образования большего количества водопрочных агрегатов, которые не распадаются в процессе выращивания сеянцев (табл. 6).

Установлено, что для получения нетрадиционных субстратов из компостов на основе органических отходов необходимо их предварительное просеивание с оставлением частиц размером от 1 до 5 мм при выращивании сеянцев сосны (табл. 7) и от 3 до 7 мм при выращивании сеянцев лиственницы. В этом случае биометрические показатели растений будут достигать максимальных значений за счет улучшения водного и воздушного режима в зоне роста корневых систем.

Таблица 6

Влияние использования субстратов из органических отходов с различным сроком компостирования на линейные размеры сеянцев сосны обыкновенной

Вид субстрата	Высота стволика, см	Диаметр шейки корня, мм	Длина корневой системы, см	Сохранность, %
Верховой торф	7,44	1,46	16,69	52,38
Компост №1 (термофильная стадия)	3,48	0,87	12,22	32,65
Компост №2 (стадия созревания)	8,43	1,46	10,86	78,91
<i>HCP₀₅</i>	2,31	*	3,07	30,702

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

Таблица 7

Влияние просеивания компоста из органических отходов на рост сеянцев сосны обыкновенной в контейнерах

Субстраты	Размер частиц	Высота стволика, см		Диаметр шейки корня, мм		Длина корневой системы, см	
		$X_{\text{ср.}} \pm m_x$	$t_{\text{факт.}}^*$	$X_{\text{ср.}} \pm m_x$	$t_{\text{факт.}}$	$X_{\text{ср.}} \pm m_x$	$t_{\text{факт.}}$
Верховой торф	-	11,51±0,311	-	1,44±0,039	-	13,20±0,322	-
Компост	1-3 мм	10,92±0,212	1,572	1,78±0,036	6,330	17,89±0,605	6,845
	3-5 мм	10,13±0,223	3,610	1,72±0,036	5,242	17,73±0,632	6,388
	5-7 мм	9,38±0,226	5,523	1,54±0,040	1,706	18,09±0,788	5,740

Примечание: * - $t_{\text{табл.}} = 1,98$

При выращивании сеянцев древесных растений в условиях контролируемой среды существует возможность применения вермикомпостов. Для этого компосты, полученные из органических отходов, дополнительно должны быть подвергнуты переработке червями *Eisenia foetida* (Sav.). Анализ структурно-агрегатного и агрохимического состава полученных компостов и вермикомпостов показал, что вид переработки отходов существенно влияет на содержание агрономически ценных частиц и подвижных форм элементов минерального питания. По сравнению с компостами в вермикомпостах того же состава больше доля частиц размером от 0,5 до 1 см (на 6...10 %), содержание аммиачного азота (в 1,3...2,9 раза), подвижного фосфора (в 1,5...2 раза) и обменного калия (в 1,1...1,6 раза) [14].

При использовании вермикомпоста в качестве субстрата, закрывающего корни, всхожесть семян сосны на 30 %, лиственницы сибирской – на 10 % больше, а отпад от полегания соответственно в 1,3 и

2,5 раза меньше, чем при аналогичном использовании компоста. Линейные показатели однолетних сеянцев сосны и лиственницы, выращенных в контейнерах на субстратах из по-разному переработанных органических отходов, также неодинаковы. Данные свидетельствуют о различном влиянии вида переработки на линейные показатели сосны (рис. 2). Лиственница сибирская оказалась существенно отзывчивее при использовании вермикомпоста на основе ОСВ и хвойных опилок. Ее средняя высота на 1,2 см больше, чем при использовании компоста того же состава. Необходимо отметить, что линейные и весовые показатели сеянцев сосны и лиственницы, выращенных на вермикомпостах, больше или одинаковы по сравнению с сеянцами, выращенными на субстрате из верхового торфа.

Таким образом, вермикомпосты на основе органических отходов могут служить альтернативой традиционно применяемому субстрату на основе верхового торфа при выращивании сеянцев в контейнерах.

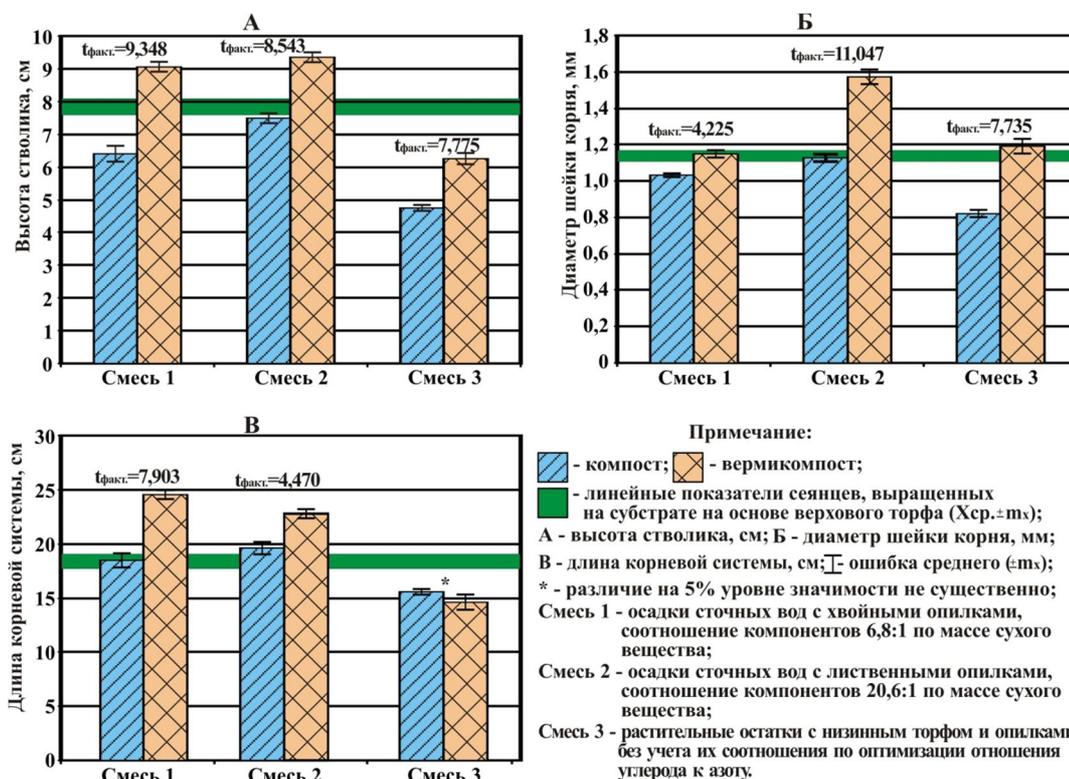


Рис. 2. Влияние вида переработки органических отходов в субстраты на линейные показатели однолетних контейнерных сеянцев сосны обыкновенной

Следующим направлением применения органических отходов при искусственном лесовосстановлении является их использование в качестве мульчирующего материала. Установлено, что при покрытии почвы смесью нейтрализованного гидролизного лигнина и песка снижается засоренность школьного отделения питомника травянистой растительностью. При увеличении толщины мульчирующего материала уменьшается биомасса и видовой состав сорных растений. При этом действие отходов на сорняки не связано с токсичным воздействием, а заключается в механическом подавлении их роста. Под слоем мульчирующего материала повышается влажность верхнего горизонта почвы, снижается ее плотность сложения. Колебания температуры почвы сглаживаются. Благодаря этому интенсифицировался рост саженцев ели. Установленная оптимальная величина слоя такого мульчирующего материала составляет 5 см [15].

Таких же результатов удалось достичь при мульчировании поверхности почвы опилками в посевном отделении питомника на второй год выращивания сеянцев сосны. Было отмечено сокращение проективного покрытия сорняков и их видового состава. Сеянцы сосны также имели лучшие биометрические параметры при толщине мульчирующего материала около 4...5 см (рис. 3).

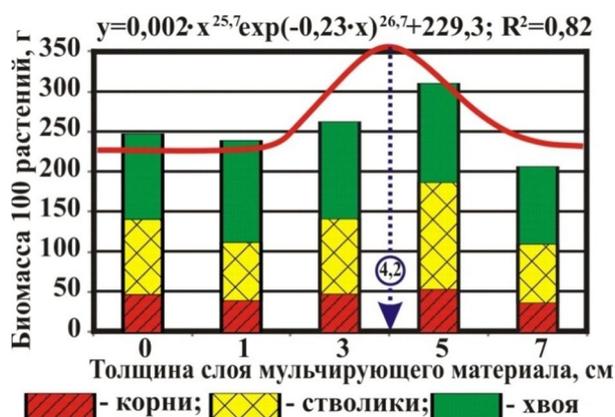


Рис. 3. Влияние толщины мульчирующего материала (опилок) на биомассу сеянцев сосны обыкновенной

Выводы

1. Многие виды органических отходов характеризуются высоким содержанием органического вещества и элементов минерального питания растений, поэтому могут с успехом использоваться при искусственном лесовосстановлении. Учитывая их физико-химические и токсикологические свойства, они могут применяться как в чистом виде, так и в качестве компонентов для получения нетрадиционных удобрений и тепличных субстратов. При этом для ориентировочного определения основных физических, химических и экологических свойств отходов удобно использовать Федеральный классификационный каталог отходов, а сами отходы нужно разделять на три основных категории, отличающиеся отношением C:N, влажностью и структурой.

2. Использование органических отходов в лесном хозяйстве требует комплексного подхода и возможно только в технологических процессах с относительно коротким циклом производства, на участках с высокой степенью воздействия человека на ход естественных процессов лесовосстановления. Для обоснования возможности применения отходов в технологическом процессе нужно рассчитать коэффициент «опекаемости», учитывающий продолжительность законченного цикла производства и сумму максимально допустимых агротехнических сроков для выполнения всех технологических операций с учетом их повторяемости. При этом значение коэффициента должно быть 0,1 и выше.

3. Наиболее доступным способом получения удобрений и субстратов на основе органических отходов в лесном хозяйстве является аэробное компостирование. Для достижения оптимальных условий компостирования нужно правильно формировать смесь отходов, с учетом отношения C:N=25...40:1 и исходной влажности компостируемой смеси (65...70 %), выдерживать оптимальный режим компо-

стирования, ориентируясь на показания температуры смеси при ее разогреве в результате жизнедеятельности аэробных микроорганизмов (около 55°C). Для достижения таких параметров компостирования достаточно иметь стандартные технические средства, которыми оснащены лесохозяйственные предприятия. При этом себестоимость получения нетрадиционных удобрений и субстратов в 2,5...8 раз ниже, чем качественных традиционных органоминеральных удобрений.

4. Одним из основных направлений утилизации органических отходов при лесовосстановлении является использование компостов на их основе для повышения почвенного плодородия в лесных питомниках, на лесосеменных и лесосырьевых плантациях. Дозы внесения нетрадиционных органических удобрений зависят от состава удобрения, физико-химических характеристик его компонентов, исходного плодородия и гранулометрического состава мелиорируемых почв, видов выращиваемых древесных и кустарниковых растений. Однократная доза внесения может колебаться от 50 до 350 т/га.

5. При использовании нетрадиционных органических удобрений в качестве почвенных мелиорантов нужно учитывать возможность содержания в них солей тяжелых металлов и не допускать их превышения уровня предельно допустимых концентраций в пахотном горизонте почвы.

6. Органические отходы могут быть использованы при производстве тепличных субстратов. Древесные отходы (опилки и гидролизный лигнин) можно применять в качестве добавки в субстрат на основе низинного торфа (40...50 % от объема). Это позволяет улучшить водно-физические свойства субстрата, снизить скорость его разложения, повысить линейные и весовые характеристики семян древесных растений, выращиваемых на

таком субстрате по сравнению с сеянцами, полученными при использовании чистого низинного торфа.

7. В качестве субстратов можно использовать компосты из смеси органических отходов. При этом требования к компостированию должны быть повышены: отношение C:N=24...28:1, в процессе компостирования строго выдерживать температурный режим и обеспечивать доступ воздуха по всему объему компостируемой смеси. Готовые компосты нужно просеивать с оставлением частиц размером от 1 до 5 мм при выращивании сеянцев сосны и от 3 до 7 мм при выращивании сеянцев лиственницы.

8. Для производства тепличных субстратов с целью получения элитного посадочного материала существует возможность дополнительной переработки компостов из органических отходов червями *Eisenia foetida* (Sav.). Это позволяет улучшить физические и агрохимические свойства субстрата, а сеянцы, выращенные на качественном вермикомпосте, по своим размерам не уступают и даже превосходят посадочный материал, полученный с использованием субстрата на основе верхового торфа.

9. Отходы переработки и обработки древесины можно применять в качестве мульчирующего материала для борьбы с сорной травянистой растительностью в посевном и школьном отделениях питомника, на лесосеменных или лесосырьевых плантациях. С увеличением толщины мульчирующего слоя сокращается биомасса и видовой состав сорняков, оптимизируется водно-воздушный баланс и тепловой режим в пахотном горизонте почвы. За счет этого интенсифицируется рост культивируемых растений. Оптимальная толщина мульчирующего слоя опилок или смеси гидролизного лигнина с песком составляет 4...5 см.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации по государственному контракту № 16.515.11.5053 в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы» и государственному заданию на выполнение НИР.

Список литературы

1. Романов, Е.М. Использование органических отходов в лесном хозяйстве / Е.М. Романов, Д.И. Мухортов // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2007. – № 1. – С. 22-29.

2. Звягинцев, Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии: учеб. пособие / под ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.

3. Методика полевого опыта по агротехнике выращивания сеянцев в лесном питомнике/ Под ред. Н.А. Смирнова; Гос. ком. лесн. хоз. Сов. Мин. СССР. – М.: ВНИИЛМ, 1969. – 36 с.

4. Кречетова, Н.В. Формирование корневых систем в лесных культурах: Учеб. пособие / Н.В. Кречетова. – Йошкар-Ола: МарПИ, 1990. – 80 с.

5. Романов, Е.М. Оптимизация технологических параметров производства нетрадиционных органических удобрений в лесных питомниках / Е.М. Романов, Д.И. Мухортов, А.А. Мамаев // Лесное хозяйство. – 2011. – № 3 – С. 21-23.

6. Мухортов, Д.И. Оптимизация параметров вермикомпостирования осадков сточных вод, различающихся по токсичности / Д.И. Мухортов, В.В. Ускова // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2008. – № 2. – С. 60-71.

7. Мичеева, Э.В. Изменение агрохимических свойств и класса опасности органических отходов при анаэробном компостировании / Э.В. Мичеева, Д.И. Мухортов // Научному прогрессу – творчество молодых: сб. материалов Междунар. молодеж. науч. конф. по естественно-научным и техническим дисциплинам. Ч. 2. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2011. – С. 206-208.

8. Романов, Е.М. Мелиорация почв лесных питомников с применением нетрадиционных органических удобрений / Е.М. Романов, Д.И. Мухортов, Т.В. Нуреева // Вестник Поволжского государ-

References

1. Romanov E.M., Mukhortov D.I. Ispolzovanie organicheskikh othodov v lesnom hozyaystve [Organic Wastes Use in Forestry.]. Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya «Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie» [Vestnik of Mari State Technical University. Series «Forest. Ecology. Nature Management.».]. 2007. No 1. P. 22-29.

2. Zvyagintsev D.G. Metody pochvennoy mikrobiologii i biokhimii: ucheb. posobiye pod red. D.G. Zvyagintseva [Methods of Soil Microbiology and Biochemistry: study guide under the editorship of Zvyagintsev D.G.]. Moscow: MSU Publ., 1991. 304 p.

3. Metodika polevogo opyta po agrotekhnike vyrashchivaniya seyantsev v lesnom pitomnike. Pod red. N.A. Smirnova; Gos. kom. lesn. khoz. Sov. Min. SSSR [Methods of Field Study in Agricultural Technics of Cultivation of Seedlings in the Nurseries. Under the editorship of Smirnov N.A. State Committee of Forestry of the Council of Ministers of the USSR.]. Moscow: VNIILM, 1969. 36 p.

4. Krechetova N.V. Formirovanie kornevykh sistem v lesnykh kulturakh: ucheb. posobie [Root Systems Formation in Planted Trees: study guide.]. Yoshkar-Ola: MarPI, 1990. 80 p.

5. Romanov E.M., Mukhortov D.I., Mamaev A.A. Optimizatsiya tekhnologicheskikh parametrov proizvodstva netraditsionnykh organicheskikh udobreniy v lesnykh pitomnikakh [Optimization of Technological Parameters of Production of Non-Traditional Organic Wastes in Forest Nurseries.]. Lesnoye khozyaystvo [Forestry.]. 2011. No 3. P. 21-23.

6. Mukhortov D.I., Uskova V.V. Optimizatsiya parametrov vermikompostirovaniya osadkov stochnykh vod, razlichajushchikhsya po toksichnosti [Optimization of Parameters of Worm Composting Wastewater Sludge Varying in Toxicity.]. Vestnik MarGTU. Seriya «Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie» [Vestnik of Mari State Technical University. Series «Forest. Ecology. Nature Management.».]. 2008. No 2. P. 60-71.

7. Micheeva, E.V., Mukhortov D.I. Izmenenie agrokhimicheskikh svoystv i klassa opasnosti organicheskikh othodov pri anaerobnom kompostirovanii [Changes in Agrochemical Property and Hazard Class of Organic Wastes under Anaerobic Composting.]. Nauchnomu progressu – tvorchestvo molodykh: sb. materialov Mezhdunar. molodezh. nauch. konf. po estestvennonauchnym i tekhnicheskim distsiplinam, Ch. 2 [Scientific Progress Needs Young Brains. Collected works of the International Youth Scientific Conference in Natural and Technical Disciplines. Part 2.]. Yoshkar-Ola: MarSTU, 2011. P. 206-208.

8. Romanov E.M., Mukhortov D.I., Nureeva T.V. Melioratsiya pochv lesnykh pitomnikov s primeneniem netraditsionnykh organicheskikh udobreniy [Melioration of Soils in Forest Nursery with the Use of

ственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2013. – № 2. – С. 59-73.

9. *Средин, А.Д.* Микробиологическая активность компостов из органических отходов при выращивании декоративных газонов / А.Д. Средин, Т.Х. Гордеева, Д.И. Мухортов, Н.Н. Гаврицкова // *Аграрный вестник Урала.* – 2011. – № 2(81). – С. 55-57.

10. *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.

11. *Жигунов, А.В.* Теория и практика выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой / А. В. Жигунов. – СПб.: СПбНИИЛХ, 2000. – С. 2-15.

12. *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.

13. *Мухортов, Д.И.* Субстраты на основе органических отходов для выращивания сеянцев с закрытой корневой системой / Д.И. Мухортов, Э.В. Мичеева // *Инновации и технологии в лесном хозяйстве. Материалы II Междунар. науч.-практич. конф., 06-07 февраля 2012 г. Ч.1.* – СПб: СПбНИИЛХ, 2012. – С.169-177.

14. *Романов, Е.М.* Субстраты на основе органических отходов для выращивания сеянцев в контейнерах / Е.М. Романов, Д.И. Мухортов, А.В. Ушнурцев, В.В. Ускова // *Лесное хозяйство.* – 2009. – № 2. – С. 35-37.

15. Пат. 2162875 РФ, МПК7 C09K17/52, A01G23/00 Способ борьбы с сорной растительностью и усиления роста саженцев в лесных питомниках / Е.М. Романов, Д.И. Мухортов, С.С. Гордеева; заявитель и патентообладатель Марийский государственный технический университет. – № 99113552/13; заяв. 21.06.1999; опубли. 10.02. 01; приоритет 21.06.1999.

Non-Traditional Organic Fertilizers.]. *Vestnik PGTU. Seriya «Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie» [Vestnik of Volga Tech. Series «Forest. Ecology. Nature Management»].* 2013. No 2. P. 59-73.

9. *Sredin A.D., Gordeeva T.Kh., Mukhortov D.I., Gavritskova N.N.* Mikrobiologicheskaya aktivnost kompostov iz organicheskikh othodov pri vyrashchivaniy dekorativnykh gazonov [Microbiological Activity of Composts from Organic Wastes in Cultivation of Decoratory Lawns.]. *Agrarnyy Vestnik Urala [Agrarian Vestnik of the Ural.].* 2011. No 2(81). P. 55-57.

10. *Romanov E.M., Mukhortov D.I., Tregubov D.A., Kopylov K.A.* Tekhnologiya mekhanizirovannogo vyrashchivaniya ivy na lozu s primeneniem netraditsionnykh organicheskikh udobreniy [Technology of Mechanized Cultivation of Willow for Withes with the Use of Nontraditional Organic Fertilizers.]. *Lesnoe khozyaystvo [Forestry.].* 2006. No 6. P. 43-45.

11. *Zhigunov A.V.* Teoriya i praktika vyrashchivaniya posadochnogo materiala s zakrytoy kornevoy sistemoy [Theory and Practice of Cultivation of Ball-Rooted Planting Stock.]. Saint-Petersburg: SPbNIILH, 2000. P. 2-15

12. *Romanov E.M., Ushnurtsev A.V., Mukhortov D.I., Gagarin Ju.N.* Vyrashchivanie seyantsev s zakrytoy kornevoy sistemoy v malykh teplichnykh kompleksakh [Growing of Seedlings with Closed Root System.] *Lesnoe khozyaystvo [Forestry.].* 2007. No 1. P. 26-27.

13. *Mukhortov D.I., Mischeeva E.V.* Substraty na osnove organicheskikh othodov dlya vyrashchivaniya seyantsev s zakrytoy kornevoy sistemoy [Substrates on the Basis of Organic Wastes for Cultivation of Seedlings with Closed Root Systems.]. *Innovatsii i tekhnologii v lesnom hozyaystve. Materialy II Mezhdunar. nauch.-praktich. konf., 06-07 fevralya 2012 g. [Innovations and Technologies in Forestry. Materials of II International Research and Practice Conference (February 6-7, 2012). Part.1.].* Saint-Petersburg: SPbNIILH, 2012. P. 169-177.

14. *Romanov E.M., Mukhortov D.I., Ushnurtsev A.V., Uskova V.V.* Substraty na osnove organicheskikh othodov dlya vyrashchivaniya seyantsev v konteynerakh [Substrates on the Basis of Organic Wastes for Cultivation of Seedlings in Containers.]. *Lesnoe hozyaystvo [Forestry.].* 2009. No 2. P.35-37.

15. *Romanov E.M., Mukhortov D.I., Gordeeva S.S.* Sposob borby s sornoy rastitelnostyu i usileniya rosta sazhentsev v lesnykh pitomnikakh [A Way of Struggle against Weed Vegetation and Intensification of Growth of Seedlings in Forest Nurseries.]. Patent RF, no. 2162875, 1999.

Статья поступила в редакцию 01.07.13.

МУХОРТОВ Дмитрий Иванович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесных культур и механизации лесохозяйственных работ, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – применение органических отходов при лесовосстановлении. Автор 93 публикаций.

E-mail: muhortovdi@volgatech.net

РОМАНОВ Евгений Михайлович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесных культур и механизации лесохозяйственных работ, ректор, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – искусственное лесовосстановление. Автор более 150 публикаций.

E-mail: romanovem@volgatech.net

MUKHORTOV Dmitry Ivanovich – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Chair of Forest Plantations and Mechanization of Forestry Works, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Research interests – organic wastes usage in forest regeneration. The author of 93 publications.

E-mail: muhortovdi@volgatech.net

ROMANOV Evgeny Mikhaylovich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Chair of Forest Plantations and Mechanization of Forestry Works, Rector, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Research interests – artificial forest regeneration. The author of more than 150 publications.

E-mail: romanovem@volgatech.net

D. I. Mukhortov, E. M. Romanov

ORGANIC RECYCLING IN ARTIFICIAL FOREST REGENERATION

Key words: *organic wastes; aerobic composting; worm composting; nontraditional organic fertilizers; substrates; soil improvement; mulching; artificial forest regeneration.*

Organic wastes have useful properties and can be used in forestry. In order to reduce risk, wastes may be used at the territories where anthropogenic activity is very intensive and they make a serious impact on natural forest restoration. Aerobic composting is the easiest way of obtaining nontraditional fertilizers and substrates. It can be carried out with the use of ordinary forestry devices. Organic fertilizers may be used for soil improvement in forest nurseries and at the seed and wood material plantations. The optimum doses of such fertilizers can vary from 50 to 350 t/ha. At that, it is important to take into account heavy metal content in it. Wastes can be used for hothouse substrates production. In order to improve hydrophysical properties of the substrates made from valley peat, it is possible to add 40...50 % wood wastes in it. For a hothouse, substrates composts made from organic wastes can be used. They shall be dressed but the particles as big as 1 - 5 mm for Pine seedlings and as big as 3 - 7 mm for Larch seedlings should be left apart. It is necessary to carry out worm composting of wastes to obtain elite seedlings. Wood wastes may be used for weed control. The optimum width of mulch cover is 4-5 cm.

УДК 630*11: 630*181.28:581.15:582.47

С. М. Лазарева

ИЗМЕНЧИВОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ СОСНОВЫХ В КУЛЬТУРЕ EX SITU В ПОДЗОНЕ ЮЖНОЙ ТАЙГИ

Представлены результаты исследований динамики сезонного развития, зимостойкости, засухоустойчивости, влияния количества осадков и сумм активных температур $+10^{\circ}\text{C}$ на величину текущих приростов побегов второго порядка, возраста возмужалости, мужской и женской генеративной сфер, семян местной семенной репродукции 29 экзотов и трех местных видов семейства *Pinaceae*.

Ключевые слова: Сосновые; культуры *ex situ*; изменчивость; устойчивость.

Введение. Современные представители семейства Сосновые (*Pinaceae* Lindl.) насчитывают 228 видов, объединенных в 11 родов, 3 подсемейства [1]. На текущий момент База данных сосудистых растений Королевских ботанических садов [2] содержит информацию о 265 видах (в т.ч. 17 нотовидах), 21 подвиде, 92 разновидностях и 3 формах Сосновых. Наиболее крупными родами являются *Pinus* L. (169 таксонов), *Abies* Mill. (85) и *Picea* A. Dietr. (58). Многие Сосновые являются важнейшими лесообразующими породами, выполняют средообразующие, водорегулирующие, почвозащитные, углерод-депонирующие и другие функции, пользуются широким коммерческим спросом, несут эстетические и духовные ценности. Усиление антропогенной нагрузки и экологического кризиса привели к угрозе исчезновения 55 видов Сосновых, еще 31 вид находится в состоянии, близком к угрожающему [3]. Решение проблемы сохранения их биоразнообразия может идти несколькими путями: вывод из эксплуатации популяций редких и исчезающих видов и создание на этих площадях особо охраняемых природных территорий; создание плантационных культур наиболее ценных лесопромышленных пород с выводом из эксплуатации важнейших эколо-

гических, эстетических, научных, рекреационных и религиозных насаждений естественного и искусственного происхождения; введение в культуру *ex situ*. Приоритета не может иметь ни один из подходов, только разработка комплексной программы сохранения биоразнообразия может предотвратить их исчезновение.

Интродукция древесных растений имеет более чем тысячелетнюю историю. Неудивительно, что интродукторами разработаны многочисленные методы и методики, объединяемые сегодня в группы методов предварительного изучения и выбора исходного материала, его мобилизации, освоения растений в культуре и подведения итогов [4].

Ботанический сад-институт ПГТУ (далее БСИ) имеет 74-летний опыт интродукции древесных растений. В данной статье обсуждаются основные результаты работы по интродукции и акклиматизации представителей родов *Pinus*, *Picea*, *Abies* и *Pseudotsuga*, что и было основной целью.

Объектами исследования были представители трех подсемейств: *Pinoideae* Pilg. (*Pinus* L., *Picea* A. Dietr.), *Laricoideae* Melcioret Werermann (*Pseudotsuga* Carriere), *Abietoideae* Pilg. (*Abies* Mill.) II–VI зон температурной устойчивости [5] (табл. 1).

Таблица 1

Краткая характеристика объектов исследования

Название таксона (№ образца)	Происхождение	Возраст на 2013 г., лет	Средняя мно- голетняя зимо- стойкость, балл	Зона темпера- турной устой- чивости*
1	2	3	4	5
<i>Pinus peuce</i> Griseb.	ГЛТА, г. Санкт-Петербург, семена	40	1,00	V
<i>Pinus strobus</i> L. (1-♂, ♀)	г. Вильнюс, семена	46	1,00	III
<i>P. strobus</i> (2)	г. Саласпилс, семена	15	1,00	
<i>Pinus cembra</i> L.	Ивано-Франковская обл., растения	40	1,00	V
<i>Pinus sibirica</i> Du Tour	Пермский край, растения	25	1,00	
<i>Pinus koraiensis</i> Siebold et Zucc.	Дальний Восток, семена	59	1,00	III
<i>Pinus mugo</i> Turra	Липецкая ЛОСС, семена	46	1,00	II
<i>Pinus banksiana</i> Lamb. (1)	Орловская ЛОСС, семена	72	1,00	II
<i>P. banksiana</i> (2)	Первая местная семенная репродукция	13	1,00	
<i>Pinus pumila</i> (Pall.) Regel	Магаданская обл., семена	36	1,00	V
<i>Pinus sylvestris</i> L. (K)	Растения местной семенной репродукции	~150	1,00	II
<i>Abies alba</i> Mill. (1)	Ивано-Франковская обл., растения	38	2,4	VI
<i>A. alba</i> (2)			1,9	
<i>Abies balsamea</i> (L.) Mill.	Липецкая ЛОСС, растения	68	1,00	III
<i>Abies concolor</i> (Gordon) Lindl. ex Hildebr. (1)	Липецкая ЛОСС, растения	43	1,03	V
<i>A. concolor</i> (2)	г. Прага, семена	25	1,00	
<i>Abies fraseri</i> (Pursh) Poir.	Липецкая ЛОСС, растения	43	1,00	IV-V
<i>Abies holophylla</i> Maxim.	Липецкая ЛОСС, растения	43	1,00	V-VI
<i>Abies lasiocarpa</i> (Hook.) Nutt.	Липецкая ЛОСС, растения	43	1,06	II
<i>Abies nephrolepis</i> (Trautv. ex Maxim.) Maxim.	Неизвестно	~ 63	1,00	III
<i>Abies sibirica</i> subsp. <i>semenovii</i> (B. Fedtsch.) Farjon	БС ННГУ, растения	54	1,00	-
<i>Abies veitchii</i> Lindl.	Липецкая ЛОСС, растения	45	1,03	III
<i>Abies sibirica</i> Ledeb. (K)	Местный вид, семена	~ 70	1,00	II-V
<i>Picea abies</i> (L.) H. Karst.	Карпаты, растения	36	1,00	III-VIII
<i>Picea asperata</i> Mast.	ГБС, г. Москва, растения	31	1,14	VI
<i>Picea x fennica</i> (Regel) Kom. (K)	Местный вид, семена	~ 80	1,00	-
<i>Picea glauca</i> (Moench) Voss	ГБС, г. Москва, растения	33	1,00	III
<i>Picea glehnii</i> (F. Schmidt) Mast.	Неизвестно	~58	1,00	VI
<i>Picea jezoensis</i> (Siebold et Zucc.) Carrière	Дальний Восток, семена	63	1,01	V
<i>Picea mariana</i> (Mill.) Britton, Sterns et Poggenb.	ГБС, г. Москва, растения	35	1,00	III
<i>Picea obovata</i> Ledeb.	Башкирия, растения	48	1,00	II
<i>Picea omorika</i> (Pancic) Purk.	ГБС, г. Москва, растения	33	1,02	V
<i>Picea pungens</i> Engelm.	Липецкая ЛОСС, растения	57	1,00	III
<i>Picea rubens</i> Sarg.	ГБС, г. Москва, растения	32	1,00	III
<i>Picea schrenkiana</i> Fisch. et C.A. Mey.	г. Хорог, растения	31	2,15	VI
<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco	Первая местная семенная репродукция	34	1,00	V

Примечания: ГЛТА – Государственная лесотехническая академия; г. – город; обл. – область; ЛОСС – Лесная опытная селекционная станция; БС – ботанический сад; ННГУ – Нижегородский государственный университет; ГБС – Главный ботанический сад РАН; * – по Энциклопедии Сосновых [5]; (K) – контроль

Методики. Определение ботанической достоверности образцов проводили подеревно методом сравнительного морфологического анализа по имеющимся источникам [5–14]. Номенклатура выверена по «The Plant List» [2], зимостойкость – по семибалльной шкале ГБС [15], фенологические наблюдения – по методике фенонаблюдений для ботанических садов СССР [16]. Линейные размеры текущего прироста побега, семян, шишек – с точностью до 0,1 см, показатели массы – весовым способом с точностью до 0,01 – 0,0001 г, жизнеспособность пыльцы – по С.С. Пятницкому [17]. Массу 1000 семян – расчетным способом исходя из количества и массы семян, содержащихся в шишке. Водоудерживающую способность хвои – весовым способом по времени потери 50 % содержащейся в ней воды [18]. Обработка полевых материалов – с помощью пакета анализа прикладной программы Excel. Уровень индивидуальной изменчивости – по Г.Н. Зайцеву [19], эндогенной – по С.А. Мамаеву [20]. Доля влияния фактора на уровень изменчивости признака – по Н.А. Плохинскому [21]. Статистические показатели рассчитаны на 95-процентном уровне надежности.

Результаты и обсуждение. Основные показатели климата территории расположения БСИ за период 1968–2010 гг. следующие [22]. Среднегодовая температура воздуха составляет $+3,6 \pm 0,19^\circ\text{C}$, сумма осадков – $580 \pm 30,2$ мм, в том числе 206 мм приходится на зимний период, 379 мм – на теплый период (далее – ПТ), 307 мм – период вегетации (далее – ПВ) и 250 мм – период активной вегетации (далее – ПАВ). Абсолютный температурный минимум – $(-44,6^\circ\text{C})$, максимум – $(+40,1^\circ\text{C})$. ПТ длится $216 \pm 2,3$ дня, ПВ – $175 \pm 2,4$ дня, ПАВ – $138 \pm 2,4$ дня. Средние даты перехода среднесуточных температур через $+0^\circ\text{C}$ приходятся весной на 29/III, осенью – 01/XI, через $+5^\circ\text{C}$ – 16/IV и 07/X, через $+10^\circ\text{C}$ – 07/V и 21/IX. Из анализируемых 43 лет 4,5 % были пере-

увлажненными, 23 % – с достаточным увлажнением, 14 % – со средним увлажнением, 42 % – с недостаточным увлажнением, 7 % – со слабой засухой, 7 % – со средней засухой и 2,5 % – с сильной засухой в ПАВ. Таким образом, основными лимитирующими факторами для прохождения полного цикла сезонного развития хвойных интродуцентов в БСИ являются зимние и летние температурные экстремумы, частая повторяемость комплекса условий недостаточного увлажнения.

Соответствие климата пункта интродукции биологическим свойствам и физиологическим характеристикам экзотов оценим по соответствию динамики сезонного развития, зимостойкости, засухоустойчивости, сравнительной характеристике ростовых процессов побегов второго порядка в годы с разными типами увлажнения вегетационного периода, возрасту вступления в генеративную фазу развития, возможности получения семенного потомства.

Все объекты исследования проходили полный цикл сезонного развития [22]. Набухание вегетативных почек приходилось в среднем на 26/IV, начало видимого роста побегов – на 11/V, хвоя вызревала к 23/VI (у сосен – 15/VII), побеги заканчивали рост к 28/VI, полностью одревесневали к 14/VII. Погодичная изменчивость календарных дат наступления отдельных фаз сезонного развития небольшая или входит в нижнюю норму варьирования. Дисперсионный анализ показал высокую долю влияния температурного фактора на уровень изменчивости фенодат (например, для рода *Picea* – от 78,7 (*P. pungens*) до 97,1 % (*P. mariana*)).

Анализ соотношения ранних, совпадающих и поздних ритмотипов фенофаз с местными видами родовых комплексов позволил предварительно отнести к перспективным С. Банкаса, С. горную, Е. ключую, Е. Глена, П. белую, П. Семенова, П. бальзамическую; условно перспективным – С. веймутову, С. сибирскую, С. ко-

рейскую, С. румелийскую, С. низкую, Е. красную, Е. канадскую, Е. сербскую, Е. черную, Е. сибирскую, Е. Шренка, П. Фразера, П. цельнолистную, П. одноцветную, П. субальпийскую; к малоперспективным – С. европейскую, Е. шероховатую, Е. аянскую, П. Вича, П. белокорую.

Н.А. Базилевская [23] отмечала, что интродуценты можно условно разделить на две группы – меняющие и не меняющие с возрастом феноритмотип при выращивании в культуре *ex situ*. Первые будут иметь положительные перспективы дальнейшего культивирования, вторые – отрицательные. Ритм сезонного развития древесных растений меняется с возрастом, что является их общим биологическим свойством. Полагаем, что и изменения климата также должны накладывать отпечаток на динамику сезонного развития растений. Построенные линии тренда фенодат за весь период наблюдений и сравнение с местными видами родовых комплексов показали, что сдвиги сроков наступления отдельных фенофаз наблюдаются у всех изученных объектов, но имеют разнонаправленный характер. Отрицательные последствия могут проявиться у Е. аянской, Е. шероховатой, Е. Шренка, П. белой, П. одноцветной, С. веймутовой, С. румелийской; условно отрицательные – Е. Глена, Е. сербской, Е. колючей, П. бальзамической, П. субальпийской, П. Вича, П. белокорой, С. сибирской, С. низкой, С. горной; положительные – Е. канадской, Е. сибирской, Е. красной, Е. черной, П. Фразера, П. Семенова, П. цельнолистной, С. Банкаса, С. европейской и С. корейской.

Приведенные в табл. 1 баллы средней многолетней зимостойкости показывают, что выбор таксонов, определение регионов-доноров и тип мобилизационного материала для рода *Pinus* были сделаны безошибочно. Опыт интродукционного испытания представителей родов *Picea* и *Abies* выявил преимущества мобилизации семенного материала перед целыми рас-

тениями (*A. concolor*), особенно привозимыми из регионов естественного произрастания (*A. alba*, *P. schrenkiana*).

Засухоустойчивость, оцененная по водоудерживающей способности хвои (времени потери 50% содержащейся в изолированной хвое воды, далее – ВУС), различна как у отдельных видов, так и у родовых комплексов в целом. ВУС хвои сосен варьирует в широких пределах (25,0–199,7 ч) при средних значениях 29,5 ч (*P. banksiana*) – 187,5±8,93 ч (*P. sibirica*). Индивидуальная изменчивость признака входит в нижнюю норму варьирования, исключение – образцы хвои *P. strobus* 2 и *P. cembra*. В пределах одной секции хвоя разных видов сосен имеет сходные значения ВУС, не отличающиеся на статистически достоверном уровне, но достоверно отличаются между секциями: *Quinquifolia* (подсекции *Cembrae*, *Strobi*), *Pinus*, *Contortae*. Дисперсионный анализ показал, что сексуализация деревьев одного образца и происхождение образцов *P. strobus* не влияют на уровень изменчивости ВУС, в то же время происхождение (или возраст) растений *P. banksiana* на 85,7% определяют уровень изменчивости ВУС хвои. Показатели изменчивости скорости водоотдачи детерминированы принадлежностью растений к секции (67,8%) и видовой специфичностью (для двухвойных сосен – 94,9%). Доля влияния индивидуальных особенностей деревьев сосны определяется в группах не менее 19 экземпляров. Последнее позволило выделить в интродукционных популяциях *P. peuce* и *P. koraiensis* деревья устойчивой, промежуточной и чувствительной к обезвоживанию хвои категорий по критерию $t_{50} \pm \sigma$.

В родовом комплексе *Abies* показатели ВУС хвои варьировали от 2,6 до 80,0 ч при средних значениях 17,5±1,05 ч (*A. nephrolepis*) до 72,5±1,54 ч (*A. holophylla*). В пределах одной секции имеющиеся образцы хвои имели статистически недостоверно отличающиеся значения

ВУС (исключения: П. Семенова от контроля и П. одноцветная разного происхождения). Уровень индивидуальной изменчивости признака входит в норму варьирования, за исключением образцов хвои *A. balsamea* ($V=56,6\%$ – большой уровень изменчивости). Дисперсионный анализ выявил влияние происхождения образцов *A. concolor* (69,0%), видовой специфичности (84,8%) и индивидуальных особенностей деревьев *A. nephrolepis* (70,7%), *A. fraseri* (72,4%), *A. lasiocarpa* (98,3%) на уровень изменчивости скорости водоотдачи изолированной хвои пихт.

ВУС елей колебалась от 6,0 ч (Е. шероховатая) до 89,4 ч (Е. колючая) при средних значениях от $15,3\pm 2,38$ ч (Е. шероховатая) до $38,3\pm 6,06$ ч (Е. сербская). Уровень индивидуальной изменчивости признака в пределах нижней нормы варьирования отмечен у Е. сибирской и Е. аянской, в пределах верхней нормы – Е. Глена, Е. красной, Е. канадской и Е. сербской. Большой уровень индивидуальной изменчивости ВУС характерен для Е. шероховатой, очень большой – Е. колючей. В целом, показатели ВУС представителей кланды III выше, чем у видов V кланды. Таким образом, сравнительно высокой засухоустойчивостью характеризуются пятихвойные кедровые и веймутов сосны, пихты из секций *Momi* и *Grandis*, ели из кланды III и *P. menziesii*.

Для характеристики закономерностей ростовых процессов остановимся на анализе роста в длину побегов второго порядка (далее – Пб) нижнего яруса кроны, т.к. здесь сглаживается эффект апикального доминирования, глубокого водного дефицита апексов по сравнению с нижними частями кроны из-за разности в высоте подъема водного столба, максимальной инсоляции и скорости токов воздушных масс.

В 1998–2012 гг. длина текущего прироста Пб пихт варьировала от 0,8 до 19,8 см при средних значениях $3,1\pm 1,0$ см

(*A. nephrolepis*, 2011 г.) – $13,8\pm 0,93$ см (*A. lasiocarpa*, 2005 г.). Уровень индивидуальной изменчивости анализируемого признака в подавляющем большинстве случаев входил в норму варьирования. Большой уровень изменчивости длины текущего прироста Пб был отмечен для *A. concolor* 1, 2005 г., *A. alba* 2, 2003 г., *A. fraseri*, 2012 г., *A. nephrolepis*, 2004, 2008, 2011 гг., *A. sibirica* subsp. *semenovii*, 2004 г., *A. sibirica*, 2002, 2004 гг. Дисперсионный анализ показал, что на изменчивость длины годовичного прироста Пб изученных образцов пихт за анализируемый период времени влияет видовая специфичность (25,1%) и условия его формирования (27,0–42,4%). Видовая специфичность пихт одной континентальной принадлежности не доказывается однозначно как фактор, влияющий на изменчивость длины Пб, как и условия его формирования в секциях *Abies*, *Momi* и *Grandis* (из-за представленности всего одним видом). Однако в группе североамериканских пихт и из секции *Balsamea* условия формирования Пб вносят значительный вклад в изменчивость его длины – 56,0–60,0 и 37,0–60,1% соответственно.

Корреляционный анализ (рис. 1) показал наличие положительной связи длины текущего прироста Пб и количества выпавших осадков за предшествующий год. Связи величины текущего прироста Пб с суммой активных температур $+10^{\circ}\text{C}$ предшествующего вегетационного периода отрицательные умеренной силы для всех изученных образцов, исключение – *A. alba*, особенно у растений низкой зимостойкости. Анализируемый показатель положительно коррелирует с суммой осадков, выпавших за период скрытого роста Пб: слабо у пихт секции *Balsamea* ($r=0,21-0,28$), умеренно у пихт секций *Alba* и *Grandis* ($r=0,35-0,48$), средне – *A. holophylla* ($r=0,51$).

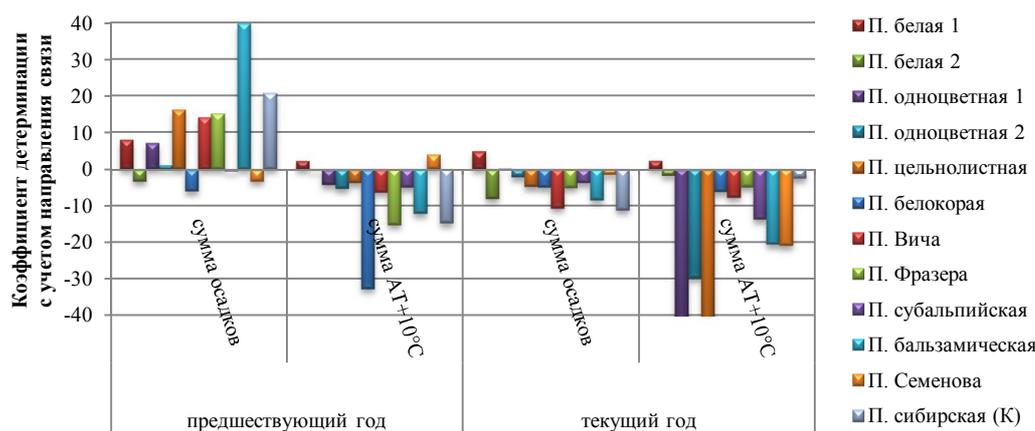


Рис. 1. Детерминация длины текущего прироста побега второго порядка пихт от сумм осадков и $AT+10^{\circ}C$ предшествующего и текущего лет

В целом величина среднего текущего прироста Пб пихт определяется количеством выпавших осадков за период с окончания видимого роста побега предшествующего вегетационного периода у *A. balsamea* (39,9 %), *A. sibirica* (20,9 %), *A. holophylla* (16,4 %), *A. fraseri* (15,3 %) и *A. veitchii* (14,2 %). Отрицательное влияние больших значений сумм $AT+10^{\circ}C$ на анализируемый признак выявлен для *A. nephrolepis* (32,8 %), *A. fraseri* (15,2 %), *A. sibirica* (14,8 %) и *A. balsamea* (12,3 %). В период скрытого и видимого линейного роста – для *A. holophylla* (44,4 %), *A. concolor* 1 (41,2 %), *A. concolor* 2 (29,8 %), *A. sibirica* subsp. *semenovii* (20,9 %), *A. balsamea* (20,6 %) и *A. lasiocarpa* (13,7 %).

Длина текущего прироста Пб елей в 2001–2012 гг. варьировала от 0,8 (*P. jezoensis*, 2011 г.) до 24,3 см (*P. asperata*, 2004 г.) при средних значениях $1,3 \pm 0,15$ см (*P. glehnii*, 2011 г.) – $19,8 \pm 2,65$ см (*P. pungens*, 2001 г.). Уровень индивидуальной изменчивости анализируемого признака входил в норму варьирования у североамериканских, европейских и большинства дальневосточных елей, большой уровень варьирования выявлен для *P. jezoensis* и *P. asperata*. Преобладали асимметричные кривые распределения средней длины текущего прироста Пб изученных образцов елей.

Корреляционный анализ показал (рис. 2) наличие отрицательной связи длины Пб елей и суммы $AT+10^{\circ}C$.

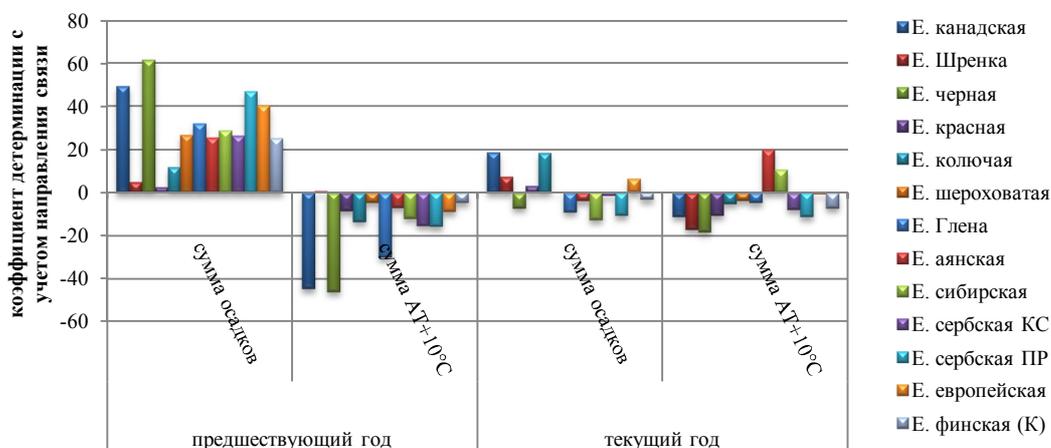


Рис. 2. Детерминация длины текущего прироста побега второго порядка елей от сумм осадков и $AT+10^{\circ}C$ предшествующего и текущего лет

Количество выпавших осадков за предшествующий росту побега вегетационный период имеет положительную корреляцию. Во время линейного роста Пб разные виды показали различные связи с количеством выпавших осадков за соответствующий период года. В целом длина текущего прироста Пб елей определяется повышенной суммой осадков предшествующего росту периода вегетации с момента окончания роста побега (исключение – Е. красная, Е. Шренка и Е. колючая). В период линейного роста нуждаются в осадках Е. канадская, Е. колючая. Отрицательная реакция на избыточное количество осадков обнаружена для Е. сербской и Е. сибирской. Для остальных видов количество выпадающих осадков на территории Республики Марий Эл можно принять за оптимальное. Недостаток тепла во время роста Пб испытывают Е. сибирская и Е. аянская. Отрицательное влияние повышенных температур в период роста Пб испытывают Е. красная, Е. канадская, Е. сербская, Е. Шренка, Е. аянская 1 и Е. черная. Повышенный температурный фон в период закладки Пб отрицательно сказывается на его росте в следующем вегетационном периоде у всех изученных образцов, особенно сильно – на Е. Глена, Е. канадской и Е. черной.

Двухфакторный дисперсионный анализ подтверждает большую долю влияния видовой специфичности (60,1–62,5 %) на уровень изменчивости длины текущего

прироста Пб елей по сравнению с фактором года (20,3–22,4 %). Однофакторный дисперсионный анализ показал, что отдельные биотипы изученных образцов родового комплекса *Picea* имеют высокую чувствительность к климатическим условиям в период закладки и формирования побега. Например, дерево № 5 Е. красной – на 94,0, Е. Шренка № 1 – на 86,0 %, Е. канадская №№ 7, 8 – на 87,2 и 58,7 % соответственно.

Длина годового прироста Пб сосен варьировала от 0,6 (*P. peuce*, 2009–2011 гг.) до 28,6 см (*P. banksiana* 1, 2009 г.) при средних значениях $2,0 \pm 0,41$ (*P. koraiensis*, 2005 г.) – $22,0 \pm 2,17$ см (*P. banksiana*, 2009 г.). Уровень индивидуальной изменчивости входил в норму варьирования только у С. Банка и С. горной. Для остальных образцов обнаружено преобладание большого и очень большого (С. веймутова 2 и С. кедровая европейская) уровня варьирования признака. Преобладали кривые распределения с правосторонней асимметрией.

Дисперсионный анализ выявил значительное влияние видовой специфичности сосен (54,7–67,9 %) на уровень изменчивости длины текущего прироста побега второго порядка, но не фактора «года». Двухфакторный дисперсионный анализ по секциям и подсекциям пяти хвойных сосен обнаруживает влияние факторов «года» и «видовой специфичности» на уровень изменчивости анализируемого признака (табл. 2).

Таблица 2

Дисперсионный анализ длины текущего прироста побегов второго порядка образцов рода *Pinus*

Название секции, подсекции	Источник вариации	F _{эмпирический}	F _{критический}	Доля влияния, %
<i>Pinus</i>	год	2,40	2,25	6,5
	видовая специфичность	95,59	2,96	85,5
	случайное	-	-	8,0
<i>Contortae</i>	год	3,94	2,90	27,9
	видовая специфичность	11,95	3,29	50,8
	случайное	-	-	21,3
<i>Strobi</i>	год	5,75	2,10	38,3
	видовая специфичность	7,70	2,42	28,5
	случайное	-	-	33,2
<i>Cembrae</i>	год	2,74	2,53	17,1
	видовая специфичность	6,09	2,42	45,5
	случайное	-	-	37,4

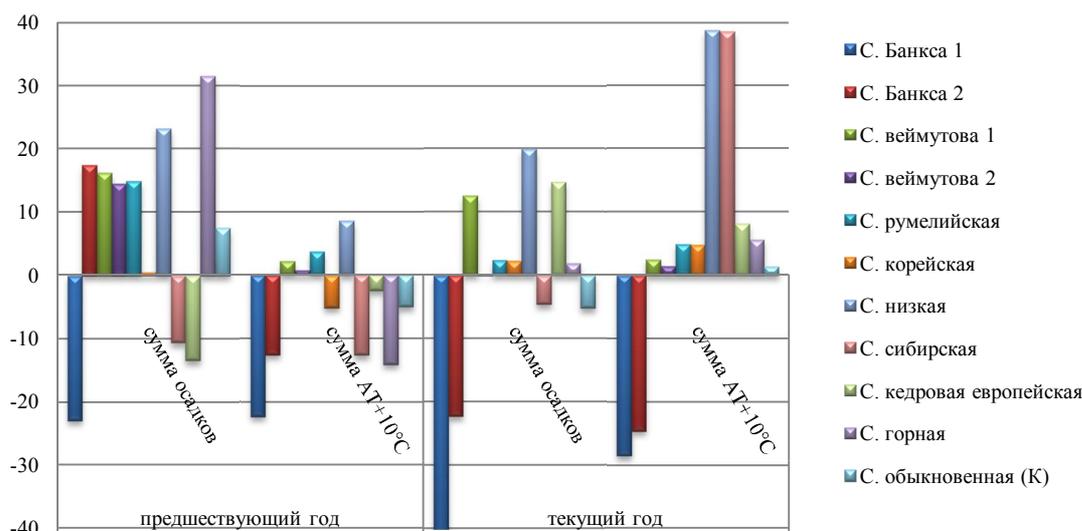


Рис. 3. Детерминация длины текущего прироста побега второго порядка сосен от сумм осадков и $AT+10^{\circ}C$ предшествующего и текущего лет

Можно видеть, что требовательность сосен к климатическим факторам постепенно увеличивается от секции *Pinus* и подсекции *Cembrae* к секции *Contortae* и подсекции *Strobi*.

Корреляционный анализ длины Пб (рис. 3) и суммы осадков, выпавших за период скрытого и линейного роста Пб, выявил следующее: отсутствие связей для *P. strobus*, *P. peuce* и *P. koraiensis* – в период скрытого роста; наличие отрицательной связи – *P. mugo*, *P. pumila* в период видимого роста, *P. banksiana*, *P. sylvestris*, *P. banksiana 2*, *P. banksiana 1*, *P. sibirica*, *P. banksiana* в период скрытого роста; прямой – *P. peuce*, *P. koraiensis*, *P. cembra*, *P. sibirica*, *P. mugo*, *P. strobus 1*, *P. pumila* в период скрытого роста.

Длина годовичного прироста не связана с количеством выпавших осадков за вегетационный период предшествующего года (закладка Пб) только у *P. koraiensis*. Между анализируемыми показателями выявлена прямая связь для *P. sibirica*, *P. sylvestris*, *P. peuce*, *P. strobus*, *P. banksiana 2*, *P. pumila*, *P. mugo*. Обратная связь обнаружена только для *P. banksiana 1*.

Длина прироста Пб и сумма $AT+10^{\circ}C$ имеет разное направление и силу. В целом избыток тепла периода вегетации предшествующего года отрицательно влияет на

рост побегов второго порядка *С. Банка*, *С. сибирской* и *С. горной*, в период скрытого и видимого роста побега текущего года – *С. Банка*, положительно – *С. сибирской* и *С. низкой*. Для остальных образцов изученных сосен значимого влияния температурного фактора на величину текущего прироста побегов второго порядка не выявлено. Повышенная сумма осадков периода активной вегетации предшествующего года положительно сказывается на длине Пб *С. румелийской*, *С. веймутовой*, *С. низкой*, *С. горной* и *С. Банка* местной семенной репродукции, отрицательно – *С. сибирской*, *С. кедровой европейской* и *С. Банка* первичной интродукции. Увеличение количества осадков, выпавших в период скрытого и видимого роста Пб, положительно влияет на его длину у *С. веймутовой*, *С. кедровой европейской*, *С. низкой*, отрицательно – *С. Банка 1*.

На основании изложенного выше можно построить ряд засухоустойчивости в порядке ее убывания секций, подсекций и клад (для рода Ель) с континентальной принадлежностью (в скобках): *Contortae* – *Alba – Balsamea (ДВ – Аз – СА)* – *Cembrae (Аз – ДВ – ЗЕ)* – *Grandis – Momi – V Clade (ДВ – Аз – СА – ЗЕ)* – *Strobi (СА – ЗЕ)* – *IV Clade* – *III Clade*, родовые комплексы –

Abies – Pinus – Picea. Аналогичный ряд по требовательности к теплу в порядке возрастания выглядит следующим образом: родовые комплексы – *Picea – Abies – Pinus*, секции, подсекции, клады – *V Clade (CA – 3E) – Contortae – V Clade (ДВ) – Balsamea (ДВ – CA) – Grandis – Momi – Pinus (3E – EA), V Clade (СрАз – 3E – EA), Balsamea (СрАз) – Cembrae (Аз – ДВ – 3E) – Strobi (CA – 3E)*.

Возраст вступления в генеративную фазу развития интродуцированных сосен колебался от 6 до 43 лет. Сосны из подсекции *Strobi* в условиях культуры *ex situ* начинают семеносить с 21 (С. румелийская), 23–25 лет (С. веймутова), *Cembrae* – с 22 (С. корейская из семян, собранных в естественном ареале) – 43 лет (С. корейская – растения из Раифского дендрария). Кроме происхождения и типа мобилизационного материала образца, на возраст возмужалости существенное влияние оказывает этап акклиматизационного процесса. Так, первичные интродуценты С. корейской начинали семеносить после 20-летнего возраста, единичные растения первой местной семенной репродукции – с 6 лет, уникальные могут образовать микростробилы в трехлетнем возрасте. Аналогичная закономерность проявилась и у С. Банка (39 и 8 лет) и Л. Мензиса (42 года, 16 и 6 лет). Таким образом, для создания маточных плантаций хвойных экзотов для получения районированного посадочного материала лучше выбирать растения местной семенной репродукции от наиболее ценных биотипов.

В родовом комплексе *Abies* раньше остальных видов перешли в генеративную фазу онтогенеза (25 лет) пихты из секции *Grandis* и три вида из секции *Balsamea* (П. Фразера, П. субальпийская и П. Вича). После 30-летнего возраста начали семеносить первичные интродуценты двух дальневосточных видов (П. цельнолистная и П. белокожая). В 40-летнем возрасте образовались первые шишки на деревьях П. бальзамической, на П. Семенова – только в 51 год.

Первичные интродуценты рода *Picea* сравнительно рано переходят из виргинильной в генеративную фазу онтогенеза. С 10 до 20 лет первые шишки были отмечены на деревьях Е. канадской, Е. черной, Е. красной, Е. шероховатой и Е. сербской, в 30-40 лет – Е. сибирской, Е. Глена, после 40 – Е. колючей и Е. аянской.

Возможность получения семенного потомства местной репродукции возможна при формировании фертильной пыльцы, перекрестном опылении и вызревании семян. В условиях культивирования в БСИ у всех изученных образцов формировалась жизнеспособная пыльца. У представителей родового комплекса *Pinus* формируется наиболее качественная пыльца. При этом показатели жизнеспособности близки по значениям у видов, относящихся к одной секции или подсекции. Лучшими показателями характеризуются сосны подсекции *Strobi*, затем следуют представители секций *Contortae* и *Pinus*, замыкает список подсекция *Cembrae*. В родовых комплексах *Picea* и *Abies* менее половины формирующейся в условиях культуры пыльцы оказалась жизнеспособной. Последнее отрицательно сказывается на качестве семян. Обращает на себя внимание факт преобладания большого, очень большого, наличия вариантов со сверхбольшим и аномальным уровнями варьирования анализируемого признака. В нижнюю норму варьирования жизнеспособности пыльцевых зерен вошли только местная С. обыкновенная, североамериканская С. Банка и два вида веймутовых сосен.

Биометрические показатели шишек (табл. 3), формирующихся на первичных интродуцентах в БСИ, находятся в границах показателей шишек, формирующихся в пределах естественного ареала видов. Изменчивость пяти представленных показателей у подавляющего большинства образцов находится в пределах нормы варьирования, большое обнаружено только для количества формирующихся в шишке

полнозернистых семян Е. черной и корнесобственной Е. сербской. Нормальные кривые распределения для всех показателей характерны для шишек только одного местного вида П. сибирской. Близкий характер кривых распределения характерен для ее подвида – П. Семенова и североамериканской П. бальзамической. Преоб-

ладание правосторонней асимметрии кривых распределения может свидетельствовать о том, что в условиях интродукции сохраняется тенденция формирования органов репродуктивной сферы с преобладанием крупных, тяжелых шишек с большим содержанием и процентным выходом семян.

Таблица 3

Биометрические показатели шишек Сосновых БСИ: средние значения – в числителе, коэффициент вариации / асимметрия – в знаменателе (урожаи 2010, 2011 гг.)

Название вида	Длина, см	Диаметр, см	Масса, г	Количество семян, шт.	Выход семян, %
С. веймутова	$\frac{12,9 \pm 0,11}{8,3 / 0,10}$	$\frac{2,5 \pm 0,03}{13,5 / 0,34}$	$\frac{11,4 \pm 0,24}{21,0 / 0,88}$	$\frac{55,6 \pm 1,25}{22,6 / -0,14}$	$\frac{5,6 \pm 0,14}{24,7 / 0,07}$
С. румелийская	$\frac{11,7 \pm 0,10}{11,6 / 0,08}$	$\frac{2,8 \pm 0,02}{9,0 / -0,22}$	$\frac{19,8 \pm 0,42}{29,1 / 0,60}$	$\frac{29,6 \pm 0,82}{38,6 / 0,72}$	$\frac{6,8 \pm 0,17}{34,8 / 0,29}$
С. корейская П	$\frac{13,1 \pm 0,05}{14,7 / 0,01}$	$\frac{7,4 \pm 0,06}{29,7 / 25,3}$	$\frac{122,4 \pm 1,10}{31,7 / 0,67}$	$\frac{122,5 \pm 0,80}{22,9 / -0,21}$	$\frac{53,4 \pm 0,66}{43,7 / 21,7}$
Е. колючая	$\frac{8,0 \pm 0,07}{8,6 / 0,50}$	$\frac{2,0 \pm 0,02}{9,3 / 1,02}$	$\frac{8,9 \pm 0,13}{15,0 / 0,36}$	$\frac{149,9 \pm 4,78}{31,6 / 0,17}$	$\frac{4,2 \pm 0,13}{29,8 / -0,13}$
Е. сибирская	$\frac{6,4 \pm 0,20}{12,8 / 0,18}$	$\frac{2,0 \pm 0,04}{7,7 / -0,07}$	$\frac{6,4 \pm 0,42}{25,9 / 0,76}$	$\frac{58,1 \pm 3,77}{26,0 / -0,48}$	$\frac{2,9 \pm 0,22}{29,9 / 0,28}$
Е. черная	$\frac{2,4 \pm 0,03}{17,5 / 0,93}$	$\frac{1,2 \pm 0,01}{13,0 / 0,55}$	$\frac{1,9 \pm 0,06}{43,2 / 0,76}$	$\frac{12,9 \pm 0,81}{74,5 / 0,65}$	-
Е. аянская	$\frac{5,2 \pm 0,04}{15,2 / -0,18}$	$\frac{2,5 \pm 0,02}{14,9 / -0,20}$	$\frac{3,6 \pm 0,07}{32,1 / 0,90}$	$\frac{145,7 \pm 2,45}{28,1 / 0,18}$	$\frac{9,0 \pm 0,17}{31,7 / 1,48}$
Е. сербская КС	$\frac{4,1 \pm 0,05}{10,1 / 1,11}$	$\frac{1,5 \pm 0,01}{7,2 / 0,16}$	$\frac{3,8 \pm 0,07}{16,6 / 0,86}$	$\frac{21,3 \pm 1,62}{61,3 / 0,40}$	$\frac{1,2 \pm 0,08}{43,5 / 0,30}$
П. Вича	$\frac{7,4 \pm 0,04}{8,9 / 0,44}$	$\frac{2,4 \pm 0,01}{8,8 / -0,27}$	$\frac{10,1 \pm 0,13}{22,3 / 0,09}$	$\frac{274,0 \pm 2,03}{13,0 / 0,01}$	$\frac{15,5 \pm 0,10}{11,1 / 0,43}$
П. сибирская	$\frac{7,8 \pm 0,05}{9,2 / -0,12}$	$\frac{2,6 \pm 0,01}{5,9 / 0,20}$	$\frac{12,7 \pm 0,14}{16,7 / 0,15}$	$\frac{237,6 \pm 2,56}{15,7 / 0,14}$	$\frac{21,7 \pm 0,22}{15,1 / -0,03}$
П. Семенова	$\frac{6,6 \pm 0,06}{7,0 / -0,14}$	$\frac{2,6 \pm 0,02}{4,6 / -0,16}$	$\frac{10,9 \pm 0,17}{12,0 / 0,02}$	$\frac{205,9 \pm 3,30}{12,0 / -0,15}$	$\frac{14,7 \pm 0,11}{5,4 / -0,60}$
П. белокожая	$\frac{6,4 \pm 0,05}{7,6 / -0,46}$	$\frac{2,4 \pm 0,02}{7,7 / -0,05}$	$\frac{9,9 \pm 0,37}{37,6 / 0,91}$	$\frac{255,9 \pm 2,90}{11,2 / 0,02}$	$\frac{16,6 \pm 0,31}{18,4 / 0,27}$
П. субальпийская	$\frac{7,9 \pm 0,09}{7,2 / 0,53}$	$\frac{2,4 \pm 0,03}{8,3 / -0,06}$	$\frac{15,1 \pm 0,22}{9,7 / 0,63}$	$\frac{234,2 \pm 4,06}{11,5 / -0,72}$	$\frac{13,9 \pm 0,29}{13,9 / -0,66}$
П. Фразера	$\frac{6,8 \pm 0,10}{13,2 / -0,36}$	$\frac{2,2 \pm 0,04}{14,2 / 0,82}$	$\frac{8,0 \pm 0,21}{22,9 / -0,54}$	$\frac{189,9 \pm 4,07}{18,8 / -0,77}$	$\frac{18,8 \pm 0,27}{12,5 / -0,38}$
П. бальзамическая	$\frac{6,0 \pm 0,14}{9,9 / -1,30}$	$\frac{2,6 \pm 0,04}{6,6 / -0,05}$	$\frac{8,2 \pm 0,62}{31,2 / 0,16}$	$\frac{122,8 \pm 4,10}{13,8 / -0,22}$	$\frac{15,8 \pm 1,03}{23,7 / 0,01}$
П. цельнолистная	$\frac{8,2 \pm 0,20}{7,0 / 0,18}$	$\frac{4,0 \pm 0,14}{10,2 / 0,68}$	$\frac{34,2 \pm 1,51}{12,5 / -0,65}$	$\frac{169,5 \pm 6,36}{9,2 / -0,21}$	$\frac{12,8 \pm 0,43}{8,2 / 1,52}$
П. одноцветная	$\frac{8,4 \pm 0,14}{8,2 / 0,45}$	$\frac{4,3 \pm 0,10}{11,2 / 0,61}$	$\frac{34,7 \pm 1,21}{16,8 / 0,69}$	$\frac{184,6 \pm 4,25}{10,6 / 0,39}$	$\frac{17,8 \pm 0,43}{11,1 / 0,06}$
Л. Мензиса	$\frac{6,4 \pm 0,02}{11,0 / 0,29}$	$\frac{2,1 \pm 0,01}{10,0 / 0,82}$	$\frac{6,8 \pm 0,04}{21,4 / 0,66}$	$\frac{47,5 \pm 0,24}{18,4 / -0,46}$	$\frac{5,7 \pm 0,04}{25,8 / 0,80}$

Примечания: П – промежуточная, КС – корнесобственные.

Таблица 4

Доля влияния индивидуальных особенностей деревьев на изменчивость биометрических показателей шишек Сосновых БСИ, %

Название вида	Доля влияния генотипа на изменчивость				
	длины	диаметра	массы	количества семян	выхода семян
С. румелийская	16,8	26,0	32,8	19,2	30,9
Е. колючая Д-Ал	10,7	-	-	28,9	47,9
Е. черная	58,3	45,8	62,2	41,8	-
Е. аянская	59,5	64,7	48,3	8,5	38,5
Е. сербская КС	25,7	32,5	11,4	49,2	-
Е. сербская ПР	50,1	46,5	65,3	52,9	-
П. Вича	58,3	58,3	75,8	36,8	52,9
П. сибирская	33,0	23,4	28,1	48,5	71,6
П. белокорая	-	27,1	55,7	-	31,9
П. субальпийская	-	10,3	-	17,5	-
П. Фразера	55,2	-	76,5	51,7	36,8
Л. Мензиса	49,6	63,0	58,1	38,6	58,0
	Доля влияния происхождения образца				
Е. колючая	71,6	6,6	70,8	73,8	74,3
Е. сербская	20,2	9,4	23,6	6,3	-
П. субальпийская	7,0	8,5	20,4	20,2	22,0
Л. Мензиса	38,8	41,0	41,4	-	18,9

Если морфологические, количественные и весовые показатели шишек являются диагностическими признаками вида и закреплены на генетическом уровне, нельзя сбрасывать со счетов и индивидуальную изменчивость, определяемую генотипом отдельного дерева внутри вида, о чем свидетельствуют результаты дисперсионного анализа (табл. 4). Этот факт необходимо учитывать при отборе материнских деревьев для создания маточных семенных плантаций для получения массового семенного потомства. Происхождение образцов в меньшей степени влияет на изменчивость биометрических показателей шишек. Однако широко используемая в практике садово-паркового строительства Е. колючая показала, что важные для питомниководства показатели – количество формирующихся семян в шишке и их процентный выход – более чем на 70 %, определяются происхождением образцов.

Из показателей качества семян нами были изучены масса 1000 штук и грунтовая всхожесть (табл. 5).

Изменчивость массы 1000 семян изученных таксонов входит в нижнюю норму

варьирования (исключение – Л. Мензиса, Е. черная и Е. сербская КС – верхняя норма варьирования). Нормальные кривые распределения анализируемого показателя характерны для семян С. румелийской, С. корейской устойчивой к обезвоживанию хвои категории, Е. черной, П. белокорой, П. субальпийской и П. бальзамической. Формирование семян с преобладанием легких, обнаруженное для С. веймутовой, С. корейской промежуточной категории, Е. сибирской, П. сибирской, П. Семенова, может говорить об их сравнительно низкой доброкачественности, с одной стороны, с другой – о высокой урожайности данных таксонов. Преобладание в урожаях 2010, 2011 гг. тяжелых семян у С. корейской чувствительной к обезвоживанию хвои категории, Е. колючей, Е. аянской, Е. сербской КС, П. Вича, П. цельнолистной, П. одноцветной и Л. Мензиса, вероятно, является одним из способов приспособления к засухе через формирование малого количества крупных семян. Изменчивость массы 1000 семян на 11,2 % (Е. колючая), 27,3 % (Е. сербская КС), 32,4 % (Е. аянская),

Таблица 5

Качество семян Сосновых БСИ (урожаи 2010, 2011 гг.)

Название вида	Масса 1000 семян, г		Грунтовая всхожесть, %	
	средние значения	V, % / As	средние значения	V, % / As
С. веймутова	11,3±0,11	9,8 / -0,51	3,6	-
С. румелийская	45,0±0,64	19,7 / 0,08	29,1±2,55	77,4 / 0,59
С. корейская П	518,6±3,15	21,4 / -0,29	50,7±1,61	28,6 / -0,40
Е. колючая	2,5±0,04	17,4 / 0,51	4,5±1,62	95,1 / 2,21
Е. сибирская	3,2±0,16	20,6 / -0,38	-	-
Е. черная	1,0±0,04	32,0 / 0	32,3±6,24	43,2 / 0,35
Е. канадская	-	-	7,2±4,10	80,5 / -
Е. аянская	2,1±0,03	20,1 / 0,45	30,1±7,58	66,6 / 0,83
Е. сербская КС	1,7±0,09	32,8 / 0,64	53,0±8,87	33,5 / -0,99
П. Вича	5,8±0,10	8,6 / 0,71	0	-
П. сибирская	12,5±0,20	8,6 / -1,17	3,2±0,85	38,2 / -
П. Семенова	7,6±0,06	5,5 / -0,45	0,5	-
П. белокорая	6,0±0,13	20,9 / 0,01	0,8±0,15	32,8 / -0,59
П. субальпийская	9,0±0,15	11,5 / -0,06	0,8±0,56	-
П. Фразера	7,9±0,16	18,0 / -0,13	0,7±0,50	-
П. бальзамическая	9,8±0,35	14,6 / 0,14	0	-
П. цельнолистная	26,1±1,08	10,1 / 0,43	0	-
П. одноцветная	32,6±1,27	17,8 / 1,36	7,5±5,3	186,1 / 2,40
Л. Мензиса	8,2±0,07	29,3 / 0,87	27,9±3,34	53,5 / -0,10

Примечания: V – коэффициент вариации, As – асимметрия.

35,6 % (П. сибирская), 41,7 % (Е. черная), 56,5 % (С. румелийская), 57,7 % (П. белокорая), 58,3 % (Л. Мензиса), 71,2 % (П. Фразера), 79,8 % (П. Вича), 87,0 % (П. субальпийская) определяется индивидуальными особенностями деревьев, на 61,5 % (Л. Мензиса), 63,0 % (Е. колючая), 7,1 % (П. субальпийская) – происхождением образцов.

Очень низкая грунтовая всхожесть семян присуща всем изученным образцам пихт, североамериканским Е. колючей и Е. канадской. Низкая грунтовая всхожесть семян С. веймутовой может быть обусловлена наличием одного семеносящего дерева и двух деревьев, формирующих микростробилы. Обращает внимание факт сравнительно высокой всхожести семян корнесобственной Е. сербской (53,0 %) при наличии в группе всего пяти растений, менее 20 % – у восьми привитых растений. Изменчивость анализируемого признака входит либо в верхнюю норму варьирования (Е. черная, Е. сербская КС, П. сибирская, П. белокорая), либо большое (Л. Мензиса) и очень большое (С. румелийская, Е. аянская,

Е. сербская ПР). У растений П. белокорой и корнесобственной Е. сербской преобладают деревья, формирующие семена с низкой грунтовой всхожестью ($As \leq -0,25$). В интродукционных популяциях привитой Е. сербской и Л. Мензиса первой местной семенной репродукции кривые распределения деревьев нормальные по показателю грунтовой всхожести формирующихся на них семян. Остальные изученные образцы включают повышенное количество деревьев с высокими показателями грунтовой всхожести семян.

Изменчивость анализируемого показателя С. румелийской на 46,6 % определяется генотипом материнских растений и не зависит от добавления в грунт грядок песка или биогумуса. В популяции С. корейской грунтовая всхожесть семян на 20,5–47,1 % определяется фактором «года формирования урожая», на 11,4 % (С. корейская) – индивидуальными особенностями деревьев и всего на 8,0 % – категорией устойчивости против обезвоживания хвои. У Е. колючей происхождение образца на 54,2 % определяет изменчивость

грунтовой всхожести семян, место и тип посадки растений одного происхождения не влияет на анализируемый показатель. У *E. сербской* также выявлено наличие влияния происхождения образца на изменчивость грунтовой всхожести семян (59,1 %). У *L. Мензиса* изменчивость грунтовой всхожести семян на 17,8 % определяется посевом в кассеты или грядки, но при грядковом способе посева внесение в почву песка или биогумуса не влияет на грунтовую всхожесть семян.

Несколько слов о росте сеянцев некоторых экзотов. Можно видеть (табл. 6), что в однолетнем возрасте высота сеянцев не превышает 10 см, что характерно и для средних высот двухлетних растений. К пятилетнему возрасту средние высоты сеянцев *S. корейской* достигают 34,2 см, *E. колючей* – 32,1 см при максимальных

значениях 56,1 и 81,0 см соответственно. Уровень индивидуальной изменчивости высоты всех изученных образцов находится в нижней норме варьирования (исключение – однолетние сеянцы *S. корейской* – верхняя норма варьирования). Данный факт может свидетельствовать о стабильности роста в высоту с первых лет жизни растений местной семенной репродукции. Опыт выращивания *L. Мензиса* на первом и втором году жизни сеянцев не выявил преимуществ использования кассет перед грядковым способом. Более того, кривые распределения по высоте ее сеянцев в кассетах имеют левостороннюю асимметрию, а в грядках – правостороннюю. Сравнительно с другими видами ели и сосны, медленный рост за первые два года жизни показали сеянцы *E. сербской* и *S. румелийской*.

Таблица 6

Высота сеянцев местной семенной репродукции Сосновых БСИ

Название вида, место посева	Возраст, лет (категория устойчивости)	Лимиты, см	Средние значения, см	Коеф-т вариации, %	Асимметрия
<i>S. корейская</i> , грядки	1	2,6 - 8,3	5,3±0,07	30,8	13,8
	2	4,7 - 12,2	7,2±0,08	24,8	12,2
	3	4,9 - 18,3	11,4±0,13	25,0	1,81
	5	14,4 - 56,1	34,2±0,97	15,2	-0,26
<i>S. румелийская</i> , грядки	1	2,3 - 5,9	3,9±0,12	20,7	0,77
	2	2,9 - 7,8	5,7±0,17	20,0	-0,06
<i>S. веймугова</i> , грядки	1	5,7 - 6,3	6,0±0,18	5,1	-0,94
	2	8,7 - 10,6	9,9±0,60	10,5	-1,66
<i>E. сербская</i> КС, кассетницы	1	1,6 - 3,5	2,6±0,07	18,0	-0,04
	2	2,2 - 5,7	3,7±0,11	18,0	0,25
<i>E. колючая</i> , грядки	5	9,7 - 81,0	32,1±1,41	24,1	0,34
<i>L. Мензиса</i> , грядки	1 (У)	3,2 - 8,1	5,2±0,09	18,4	0,39
	1 (Ч)	2,4 - 7,9	4,5±0,06	19,2	0,39
	1 (П)	2,5 - 6,3	4,2±0,06	16,5	0,14
	2 (У)	6,4 - 14,0	9,6±0,15	16,5	0,28
	2 (Ч)	4,3 - 12,4	8,3±0,11	19,7	0,01
	2 (П)	5,3 - 12,4	7,9±0,12	16,9	0,64
<i>L. Мензиса</i> , кассетницы	1 (У)	2,5 - 5,3	4,2±0,13	16,9	-0,37
	1 (Ч)	1,6 - 6,2	4,1±0,09	20,7	0,03
	1 (П)	2,2 - 6,3	4,2±0,08	20,2	-0,22
	2 (У)	4,2 - 10,4	7,8±0,28	20,1	-0,32
	2 (Ч)	3,5 - 10,6	7,4±0,16	19,4	-0,20
	2 (П)	4,4 - 11,5	7,9±0,14	20,2	-0,28

Выводы

1. У всех изученных экзотов сезонный цикл развития укладывается в вегетационный период. Линии тренда изменения сроков отдельных фенофаз показали, что негативные последствия могут проявиться у *E. аянской*, *E. шероховатой*, *E. Шренка*, *P. белой*, *P. одноцветной*, *S. веймутовой*, *S. румелийской*; условно отрицательные – *E. Глена*, *E. сербской*, *E. колючей*, *P. бальзамической*, *P. субальпийской*, *P. Вича*, *P. белокорой*, *S. сибирской*, *S. низкой*, *S. горной*; положительные – *E. канадской*, *E. сибирской*, *E. красной*, *E. черной*, *P. Фразера*, *P. Семенова*, *P. цельнолистной*, *S. Банкаса*, *S. европейской* и *S. корейской*.

2. Балл средней многолетней зимостойкости показал, что выбор таксонов, определение регионов-доноров и тип мобилизационного материала для рода *Pinus* были сделаны безошибочно. Опыт интродукционного испытания представителей родов *Picea* и *Abies* показал преимущества мобилизации семенного материала перед целыми растениями, особенно привозимыми из регионов естественного произрастания.

3. Сравнительно высокой засухо-

устойчивостью характеризуются пихтовые кедровые и веймутов сосны, пихты из секций *Momi* и *Grandis*, ели из клады III и *P. menziesii*.

4. Ряд засухоустойчивости секций, подсекций и клад с континентальной принадлежностью в порядке ее убывания: *Contortae – Alba – Balsamea (ДВ – Аз – СА) – Cembrae (Аз – ДВ – ЗЕ) – Grandis – Momi – V Clade (ДВ – Аз – СА – ЗЕ) – Strobi (СА – ЗЕ) – IV Clade – III Clade*, родовые комплексы – *Abies – Pinus – Picea*. Аналогичный ряд по требовательности к теплу в порядке возрастания выглядит следующим образом: родовые комплексы – *Picea – Abies – Pinus*, секции, подсекции, клады – *V Clade (СА – ЗЕ) – Contortae – V Clade (ДВ) – Balsamea (ДВ – СА) – Grandis – Momi – Pinus (ЗЕ – ЕА), V Clade (СрАз – ЗЕ – ЕА), Balsamea (СрАз) – Cembrae (Аз – ДВ – ЗЕ) – Strobi (СА – ЗЕ)*.

5. Лучшими показателями жизнеспособности пыльцы характеризуются сосны подсекции *Strobi*, затем следуют представители секций *Contortae* и *Pinus*, замыкает список подсекция *Cembrae*. В родовых комплексах *Picea* и *Abies* менее половины формирующейся в условиях культуры пыльцы оказалась жизнеспособной.

Список литературы

1. *Farjon, A.* A natural history of Conifers / Aljos Farjon. – Portland: Timber Press, Inc., 2008. – 304 p.
2. The Plant List [Интернет-ресурс]. – Режим доступа: <http://www.theplantlist.org> (дата обращения 13.07.2013).
3. Red Data List [Интернет-ресурс]. – Режим доступа: www.iucnredlist.org (дата обращения 13.07.2013).
4. *Auders, A.G.* RHS Encyclopedia of Conifers / Aris G. Auders, Derek P. Spicer. – London: Royal Horticultural Society, 2012. – 1153 p.
5. *Карпун, Ю.Н.* Основы интродукции растений / Ю.Н. Карпун // Hortus botanicus: Международный журнал ботанических садов. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ. – 2005. – № 2. – С. 17-32.
6. *Встовская, Т.Н.* Древесные растения Центрального сибирского ботанического сада / Встов-

References

1. *Farjon A.* A natural History of Conifers. Portland, Timber Press, Inc., 2008. 304 p.
2. The Plant List. URL: <http://www.theplantlist.org> (reference date: 13.07.2013).
3. Red Data List. URL: www.iucnredlist.org (reference date: 13.07.2013).
4. *Auders A.G., Spicer D. P.* RHS Encyclopedia of Conifers. London, Royal Horticultural Society, 2012. 1153 p.
5. *Karpun Yu.N.* Osnovy introduktsii rasteniy [Fundamentals of Plant Introduction.]. Hortus botanicus: Mezhdunarodnyy zhurnal botanicheskikh sadov [Hortus botanicus: International Journal of Botanical Gardens.]. Petrozavodsk: Publishing house of PetrSU, 2005. No 2. Petrozavodsk: Publishing house of PetrSU. P. 17-32.
6. *Vstovskaya T.N., Koropachinskiy I.Yu.* Drevesnye rasteniya Tsentralnogo sibirskogo bo-

ская Т.Н., Коропачинский И.Ю. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2005. – 235 с.

7. Деревья и кустарники СССР: дикорастущие, культивируемые и перспективные для интродукции. В 6 т. Т.1. Голосеменные / Ред. д-р биол. наук проф. С.Я. Соколов, чл.-корр. АН СССР Б.К. Шишкин. – М.-Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1949. – 463 с.

8. Коропачинский, И.Ю. Древесные растения Азиатской России / Коропачинский И.Ю., Востовская Т.Н. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2002. – 707 с.

9. Крюссман, Герд. Хвойные породы / Герд Крюссман; пер. с нем. Н.Н. Непомнящего; под ред. и предисловие канд. биол. наук Н.Б. Гроздовой. – М.: Лесная промышленность, 1986. – 256 с.

10. Фирсов, Г.А. Хвойные в Санкт-Петербурге / Г.А. Фирсов, Л.В. Орлова; Рос. акад. наук, Ботан. ин-т им. В.Л. Комарова. – СПб.: ООО «Издательство «Росток», 2008. – 336 с.

11. Флора СССР: Т. 1. / Сост. Е.Г. Бобров, М.М. Ильин, В.Л. Комаров, А.Н. Криштофович, Б.А. Федченко, А.В. Фомина, С.В. Юзепчук; гл. ред. акад. В.Л. Комаров; ред. первого тома М.М. Ильин. – Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1934. – 302 с.

12. Шкутко, Н.В. Хвойные экзоты Белоруссии и их хозяйственное значение / Н.В. Шкутко; ред. акад. АН БССР и АН Таджикской ССР, д-р биол. наук, проф. Н.В. Смольский. – Мн.: Наука и техника, 1970. – 269 с.

13. Rehder, Alfred. Manual of cultivated trees and shrubs hardy in North America exclusive of the subtropical and warmer temperate regions / Alfred Rehder. – New York: The MacMillan Company, 1949. – P. 8-48.

14. The Gymnosperm Database [Интернет-ресурс]. – Режим доступа: <http://www.conifers.org/> (дата обращения 12.01.2010).

15. Лапин, П.И. Оценка перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений / П.И. Лапин, С.В. Сиднева // Опыт интродукции древесных растений: сборник научных работ. – М.: ГБС, 1973. – С. 7-67.

16. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР / Совет ботан.садов СССР. – М.: ГБС АН СССР, 1975. – 27 с.

tanicheskogo sada [Woody Plants of the Central Siberian Botanical Garden]. Novosibirsk: Publishing house of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Branch «Geo», 2005. 235 p.

7. Derevyia i kustarniki SSSR: dikorastushchie, kultiviruemye i perspektivnye dlya introduktsii [Trees and Shrubs of the USSR: Wild, Cultivated, and Promising for Introductions.]. Vol.1. Golosemnyye [Gymnosperms.]. Edited by Doctor of Biological Science prof. S.Ya. Sokolov, Corresponding Member of the USSR Academy of Sciences B.K. Shishkin. Moscow-Leningrad: Publishing house of USSR Academy of Sciences, 1949. 463 p.

8. Koropachinskiy I.Yu., Vstovskaya T.N. Drevesnye rasteniya Aziatskoy Rossii [Woody Plants of the Asian Part of Russia.]. Novosibirsk: Publishing house of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Branch «Geo», 2002. 707 p.

9. Kryussman Gerd. Khvoynye porody [Softwood.]. Moscow: Publishing house "Timber industry", 1986. 256 p.

10. Firsov G.A., Orlova L.V. Khvoynye v Sankt-Peterburge [Conifers in St. Petersburg.]. Saint - Petersburg: Publishing house «Sprout», 2008. 336 p.

11. Flora SSSR [Flora of the USSR.]. T. 1. Edited by E.G. Bobrov, M.M. Ilin, V.L. Komarov, A.N. Krishtofovich, B.A. Fedchenko, A.V. Fomina, S.V. Juzepchuk; editor-in-chief Academician V.L. Komarov; edition of the first volume by M.M. Ilin. Leningrad: Publishing house of USSR Academy of Sciences, 1934. 302 p.

12. Shkutko N.V. Khvoynye ekzoty Belorussii i ikh khozyaystvennoe znachenie [Exotic Conifer Species of Belarus and Their Economic Value.]. Edited by Academician of AS BSSR and AS Tadjik SSR, Doctor of Biological Sciences, Prof. N.V. Smolsky. Minsk: «Nauka i tekhnika», 1970. 269 p.

13. Rehder Alfred. Manual of Cultivated Trees and Shrubs Hardy in North America Exclusive of the Subtropical and Warmer Temperate Regions. New York: The MacMillan Company, 1949. P. 8-48.

14. The Gymnosperm Database. URL: <http://www.conifers.org/> (reference date : 12.01.2010).

15. Lapin P.I., Sidneva S.V. Otsenka perspektivnosti introduktsii drevesnykh rasteniy po dannym vizualnykh nablyudeniy [Evaluation of Introduction Prospects for Wood Plants Based on the Data of Direct Observation.]. Opyt introduktsii drevesnykh rasteniy (sbornik nauchnyh rabot) [Experience of Wooden Plants Introduction (collection of research works).]. Moscow: GBS, 1973. P. 7-67.

16. Metodika fenologicheskikh nablyudeniy v botanicheskikh sadakh SSSR [Methods of Phenological Observations in the Botanical Gardens of the USSR.]. Moscow: GBS AN SSSR, 1975. 27 p.

17. *Пятницкий, С.С.* Практикум по лесной селекции / С.С. Пятницкий. – М.: Сельхозиздат, 1961. – 272 с.
18. *Котов, М.М.* Сравнительная оценка генотипов в лесных популяциях без смены поколений / М.М. Котов // Доклады АН СССР. – 1984. – Т. 274. – № 6. – С. 1480-1483.
19. *Зайцев, Г.Н.* Математическая статистика в экспериментальной ботанике / Г.Н. Зайцев. – М.: Наука, 1984. – 424 с.
20. *Мамаев, С.А.* Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства Pinaceae на Урале) / С.А. Мамаев. – М.: Наука, 1973. – 284 с.
21. *Плохинский, Н.А.* Биометрия / Н.А. Плохинский. – М.: Изд-во Московского университета, 1970. – 367 с.
22. *Лазарева, С.М.* Использование методик данных фенологических наблюдений (на примере представителей семейства Pinaceae Lindl.) / С.М. Лазарева // Известия Иркутского государственного университета. Сер.: «Биология. Экология». – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2011. – Т. 4, № 2. – С. 56-65.
23. *Базилевская, Н.А.* Теории и методы интродукции растений / Н.А. Базилевская. – М.: Изд-во МГУ, 1964. – 131 с.
17. *Pyatnitskiy S.S.* Praktikum po lesnoy selektsii [Workshop on Forest Breeding]. Moscow: Selkhozizdat, 1961. 272 p.
18. *Kotov M.M.* Sravnitel'naya otsenka genotipov v lesnykh populyatsiyakh bez smeny pokoleniy [Comparative Evaluation of Genotypes in Populations of Forest Without Change of Generations.]. USSR AS Reports. 1984. V. 274. No 6. P. 1480-1483.
19. *Zaytsev G.N.* Matematicheskaya statistika v eksperimentalnoy botanike [Mathematical Statistics in Experimental Botany.]. Moscow: «Nauka», 1984. 424 p.
20. *Mamaev S.A.* Formy vnutrividovoy izmenchivosti drevesnykh rasteniy (na primere semeystva Pinaceae na Urale) [The Forms of Intraspecific Variation of Woody Plants (on the example of Pinaceae family in the Urals)]. Moscow: Nauka, 1973. 284 p.
21. *Plokhinskiy N.A.* Biometriya [Biometrics.]. Moscow: Publishing house of Moscow University, 1970. 367 p.
22. *Lazareva S.M.* Ispolzovanie metodik dannykh fenologicheskikh nablyudeniy (na primere predstaviteley semeystva Pinaceae Lindl.) [Using the Techniques of the Data of Phenological Observations (on the example of members of the Pinaceae Lindl family)]. Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. «Biologiya. Ekologiya» [Izvestiya of Irkutsk State University. Series “Biology. Ecology.”]. Irkutsk: Publishing house of ISU, 2011. V. 4, No 2. P. 56-65.
23. *Bazilevskaya N.A.* Teorii i metody introduktsii rasteniy [The Theories and Methods of Plant Introduction.]. M.: Publishing house of MSU, 1964. 131 p.

Статья поступила в редакцию 14.06.13.

ЛАЗАРЕВА Светлана Михайловна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заместитель директора Учебного ботанического сада-института, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – интродукция и акклиматизация хвойных растений, закономерности изменчивости и селекция хвойных экзотов. Автор 90 публикаций.

E-mail: LazarevaSM@volgatech.net

LAZAREVA Svetlana Mikhaylovna – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Vice Director of Botanical Garden-Institute, Volga State University of Technology (Yoshkar-Ola, Russian Federation). Research interests – introduction and acclimatization of conifers, principles of variation and selection of exotic conifers. The author of 90 publications.

E-mail: LazarevaSM@volgatech.net

S. M. Lazareva

**VARIATION AND PROSPECTS OF CONIFERS
IN THE CULTURE OF EX SITU IN THE SOUTHERN TAIGA SUBZONE****Key words:** *Conifers; culture ex situ; variability; stability.*

The modern representatives of the pine family (Pinaceae Lindl.) are relatively few in number, nevertheless they are the most important tree species, which provide ecological services. Besides, they are of high commercial demand and are of aesthetic, phytosanitary and spiritual values. Irrational use of forest areas with low forest restoration, climate change, land degradation, increased droughts, increase of affected by fires, pests and deceases areas led to threat of extinction 55 species of Pine. At that, 31 species are still in a state close to threatening. Addressing biodiversity, Pine can go several ways, including introduction of a culture of ex situ. Botanical Garden-Institute of the Volga Tech has 74 years of experience in introduction of woody plants. An attempt to discuss the main results of the work on introduction and acclimatization of the genera *Pinus*, *Picea*, *Abies*, and *Pseudotsuga* in the family Pinaceae is made in the research. The objects of study were representatives of three subfamilies: Pinoideae Pilg. (*Pinus* L., *Picea* A. Dietr.), Laricoideae Melcioret Werermann (*Pseudotsuga* Carriere), Abietoideae Pilg. (*Abies* Mill.).

All the objects of study are to complete a full cycle of seasonal development. Year-variability calendar dates the small onset of the individual phases of seasonal development or a lower rate of variation. Analysis of variance showed a high proportion of the influence of temperature on the level of variability fenodat. The trend lines show that the negative consequences in the long term may occur in *P. jezoensis*, *P. asperata*., *P. schrenkiana*, *A. alba*, *A. concolor*, *P. strobus*, *P. peuce*; conditionally negative – *P. glehnii*, *P. omorica*, *P. pungens*, *A. balsamea*, *A. lasiocarpa*, *A. veitchii*, *A. nephrolepis*, *P. sibirica*, *P. pumila*, *P. mugo*; positive – *P. glauca*, *P. obovata*, *P. rubens*, *P. mariana*, *A. fraseri*, *A. sibirica* subsp. *semenovii*, *A. holophylla*, *P. banksiana*, *P. cembra* and *P. koraiensis*.

Drought tolerance test plants BGI, estimated from the time of loss of 50% contained in the isolated needles of water (MAS), showed varying degrees of resistance as a separate species and genus complexes in general. Comparatively high resistance to drought of pine subsections *Cembrae* and *Strobi*, fir sections of *Momi* and *Grandis* was shown.

Data on the influence of climatic factors on the length of the annual growth of the shoots of the second order can build a number of drought-sections, subsections and clades (of the Spruce) with continental affiliation (in parentheses) in the order of decreasing: *Contortae* - *Alba* - *Balsamea* (FE - AZ - NA) - *Cembrae* (Az - FE - WE) - *Grandis* - *Momi* - V Clade (FE - AZ - NA - WE) - *Strobi* (NA - WE) - IV Clade - III Clade, generic complexes - *Abies* - *Pinus* - *Picea*. A similar series of demands to the heat in ascending order as follows: generic complexes - *Picea* - *Abies* - *Pinus*, sections, subsections, clades - V Clade (NA - WE) - *Contortae* - V Slade (FE) - *Balsamea* (FE - NA) - *Grandis* - *Momi* - *Pinus* (ZE - EA), V Clade (MAz - WE - EA), *Balsamea* (immediately) - *Cembrae* (Az - FE - WE) - *Strobi* (NA - WE).

The age of generative phase of exotic species ranged from 6 to 51 years. To create an exotic conifer plantations for regionalized planting, mother material is best to choose for local seed plant reproduction of the most valuable biotypes. Indicators of pollen viability values are similar in the species belonging to the same section or subsection. The best indicators are characterized by pine subsection *Strobi*, followed by the representatives of sections *Contortae* and *Pinus*, and the list *Cembrae*. In the generic complexes *Picea* and *Abies* which are less than half emerging in a culture of pollen were viable.

УДК 630.421

В. Л. Мешкова, А. В. Товстуха, Т. С. Пивовар

ВЕТРОВАЛЫ И БУРЕЛОМЫ В СОСНОВЫХ ЛЕСАХ НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ УКРАИНЫ

Исследованы особенности структуры сосновых древостоев в насаждениях, поврежденных ветром, на северо-востоке Украины. Проведено сравнение распределения поврежденных и не поврежденных ветром насаждений по типу лесорастительных условий, происхождению, доле сосны в составе, возрасту. Рассмотрено распределение деревьев сосны по типам повреждения ветром в зависимости от полноты насаждений, а также распределение участков по полноте в насаждениях: не поврежденных ветром; поврежденных ветром впервые; поврежденных ветром через два года после проведения выборочных рубок и поврежденных ветром в очагах корневой губки.

***Ключевые слова:** сосновые леса; «ветровальные» и «неветровальные» участки; типы повреждения ветром; сплошные и выборочные санитарные рубки; полнота; показатели H/D и H/G.*

Введение. В последние годы во многих регионах возросли частота и интенсивность стихийных бедствий, в том числе ветровалов и буреломов [1–4], что неблагоприятно отразилось на продуктивности и устойчивости лесов. Так, в лесах центральной Европы в 1999 году зарегистрирован ураган «Лотар», на юге Швеции в 2005 году – «Гудрун», в Германии и Словакии в 2007 году – «Кирилл», во Франции и Испании в 2009 году – «Клаус», в результате которых было утрачено большое количество древесины [1]. В сосновых лесах северо-востока Украины в 2006–2012 гг. почти ежегодно отмечались буреломы и ветровалы [5–7]. Прямое негативное действие ветра на лес усугубляется в связи с механическим повреждением деревьев, проникновением в раны патогенов, заселением резко осветленных и ослабленных деревьев насекомыми [5, 8].

Наличие противоречий в выводах, полученных в разных регионах относительно зависимости повреждаемости деревьев ветром от лесорастительных условий и структуры древостоя, в том числе пород-

ной и размерной, ограничивает возможности прогнозирования распространения ветровалов в пространстве [8]. Большинство исследований, посвященных изучению распространения ветровалов, проведены в горных лесах, где преобладает ель, характеризующаяся поверхностной корневой системой [3, 4, 9, 10]. Изучению ветровалов и буреломов в сосновых лесах уделяется мало внимания [3, 6, 7], в то время как увеличение площади поврежденных ветром таких насаждений свидетельствует о необходимости определения наиболее уязвимых участков, минимизации риска повреждения древостоев ветром и о выборе приоритетов при проведении санитарных мероприятий.

Целью данной работы было определение особенностей структуры сосновых древостоев в насаждениях, поврежденных и не поврежденных ветром, на северо-востоке Украины.

Материалы и методика. Исследования проведены в 2006–2013 гг. в Сумской области, где представлены две природные зоны – Полесье и Лесостепь.

Для южной части Сумской области, расположенной в Левобережной Лесостепи, характерны средняя годовая температура воздуха $6,6^{\circ}\text{C}$, 530 мм осадков в год и длительность вегетационного периода 200 дней (метеостанция Тростянец). Для северной части области, расположенной в Восточном Полесье, данные показатели составляют $5,7^{\circ}\text{C}$, 594 мм и 185 дней [11].

По результатам обследования насаждений и с использованием материалов лесоустройства были сформированы базы данных, позволяющие анализировать отдельно выборки деревьев в насаждениях, поврежденных ветром («ветровальных») и не поврежденных ветром («неветровальных»). В анализе материалов лесоустройства использованы данные по выделам, где сосна обыкновенная была главной породой.

Детальные исследования распределения деревьев по типу повреждения ветром (буреломные, ветровальные, с отломанной вершиной, наклоненные), а также определение таксационных показателей проведены на пробных площадях, заложенных в двух лесхозах. Великописаревское лесничество Государственного предприятия «Ахтырское лесное хозяйство» (ГП «Ахтырское ЛХ») находится в Левобережной Лесостепи (южная часть области), а Мироновское лесничество Государственного предприятия «Шосткинское лесное хозяйство» (ГП «Шосткинское ЛХ») находится в Восточном Полесье (северная часть области) [6].

В сосновых насаждениях Великописаревского лесничества пробные площади были заложены в 20 «ветровальных» насаждениях площадью 57,4 га и 56 «неветровальных» площадью 248,1 га, в сосновых насаждениях Мироновского лесничества – в 149 «ветровальных» насаждениях площадью 641,8 га и 139 «неветровальных» площадью 360 га.

Типы лесорастительных условий указаны в соответствии с классификацией Алексева-Погребняка [12]. Таксационные показатели определяли на пробных площадях стандартными методами [13].

Статистический анализ данных проводили с помощью программного продукта MS Excel методами описательной статистики [14]. Распределение площади «ветровальных» и «неветровальных» участков насаждений по типам лесорастительных условий, составу, полноте и возрасту сопоставляли с помощью критерия χ^2 . Различия в распределении считали достоверными, если расчетное значение превышало табличное ($\chi^2_{\text{факт.}} > \chi^2_{0,05}$).

Результаты и обсуждение. Ветровалы в Сумской области регистрировались и в предыдущие годы. В основном их составляли усохшие деревья в очагах корневой губки или растущие на границе с вырубками. Тенденция к увеличению площади насаждений, отведенных в санитарные рубки в связи с повреждением ветром, отмечена в последнее десятилетие. Так, сплошными санитарными рубками в связи с повреждением ветром в 2000 году было охвачено 24,5 га, в 2003 году – 89,2 га, в 2006 – 211,4 га, в 2010 – 110 га, в 2012 – 300 га. Площади насаждений, охваченных выборочными санитарными рубками, выросли за этот период незначительно (с 6,9 до 7,5 тыс. га). В то же время, доля площади насаждений, отведенных в рубку в связи с повреждением ветром, увеличилась от 0,2 до 50–60 %. На отдельных участках леса поврежденные деревья составляли в 2006 – 2009 гг. 14,8 – 49,3 %, а в 2010 году – 19,2 – 95,4 %.

Первым наиболее заметным по площади (92,4 га при площади сосновых насаждений в лесничестве 305,5 га) был бурелом, произошедший под действием урагана 6 июня 2006 года в лесостепной части области – Великописаревском лесничестве ГП «Ахтырское ЛХ» (рис. 1). Ветром было повреждено 32,7 % всех лесов лесничества, что вызвало повышенное внимание к исследованию ожидаемой угрозы влияния этого фактора на состояние леса. Лесной фонд данного лесничества представлен преимущественно листовыми породами, а сосновые насаждения составляют лишь 3,3 %. В то же время



Рис. 1. Бурелом. Великописаревское лесничество ГП «Ахтырское ЛХ». Июнь 2006 г.

среди поврежденных ветром насаждений 96 % составляли древостои сосны обыкновенной. Среди типов повреждений сосны ветром преобладал бурелом (63,8%).

В 2007 году ветром были повреждены насаждения Краснопольского, Кролевецкого и Шосткинского ЛХ на площади 28 га. Среди поврежденных пород сосна обыкновенная составляла 63,4 %, сосна крымская – 19,2 %, дуб черешчатый – 17,4 %. В 2008 году на площади 44,2 га ветром были повреждены леса в Ахтырском, Глуховском, Краснопольском и Кролевецком лесхозах, из которых 99,1 % составляли насаждения сосны обыкновенной, причем для большинства (89,8 %) был характерен бурелом. Ветровал был характерен для еловых и дубовых насаждений, а также сосновых, в которых в предыдущие годы были проведены выборочные санитарные рубки, в том числе после бурелома 2007 года. В 2009 году ветром были повреждены леса в Ахтырском, Кролевецком и Шосткинском лесхозах на площади 22,8 га, из которых насаждения сосны обыкновенной составляли 96,5 %. Значительно меньше были представлены ольха черная (0,7 га) и дуб черешчатый (0,1 га). В последующие годы повреждение ветром насаждений отмече-

но в восьми из 12 лесхозов Сумской области, причем все ураганы прошли в июне, а с 2009 года охватили не только лесостепную, но и полесскую части области (ГП «Свесское ЛХ», ГП «Шосткинское ЛХ» и ГП «Середино-Будское ЛХ»).

Анализ результатов обследования лесов в 2006 году в Великописаревском лесничестве ГП «Ахтырское ЛХ» (лесостепная часть области), где представлены исключительно искусственные сосновые насаждения, показал наличие достоверных различий в распределении их по типам лесорастительных условий ($\chi^2_{\text{факт.}} = 40,1$; $\chi^2_{0,05} = 7,8$). Так, в свежей субори (В₂) представлено 50,7 % площади «неветровальных» участков, в свежем сугрудке С₂ – 40,7 %, а во влажном бору (В₃) и свежем груде (D₂) – 5,2 и 3,4 %, в то время как 90,9 % «ветровальных» участков расположено в В₂ и 9,1 % в С₂ [7]. Отмеченные различия могут быть связаны с тем, что в более богатых и влажных лесорастительных условиях лучше развиты корневые системы сосны, а также с наличием большего количества древесных и кустарниковых пород на таких участках. Так, насаждения «ветровальных» участков имели в составе не менее восьми единиц сосны, в то время как на участках, не за-

тронутых ураганом, они были преимущественно смешанными ($\chi^2_{\text{факт.}} = 69,6$; $\chi^2_{0,05} = 16,9$).

Среди поврежденных ветром насаждений в Великописаревском лесничестве сосновые древостои составляли 98,7 %, а березовые – 1,3 %. Немногим отличался их состав в Мироновском лесничестве, расположенном в полесской зоне. Показано [15], что, несмотря на увеличение доли сосновых лесов по мере продвижения на север Сумской области, состав насаждений становится богаче, поэтому в полесских лесхозах ветром были повреждены, кроме сосны, лиственные породы (дуб, осина, береза, ольха), а также ель, площадь насаждений которой не превышает 2 % (ГП «Свесское ЛХ»). Среднее количество поврежденных ветром деревьев сосны составляло 79,3 штуки на одном выделе (16,6 шт./га), максимальное количество – 477 штук на одном выделе (19,9 шт./га).

В отличие от лесостепных лесничеств, в полесской части области, наряду с искусственными насаждениями, представлены естественные. В Мироновском лесничестве ГП «Шосткинское ЛХ» распределение насаждений на естественные и искусственные не отличалось на «ветровальных» и «неветровальных» участках ($\chi^2_{\text{факт.}} = 1,51$; $\chi^2_{0,05} = 3,84$). Большая часть искусственных «ветровальных» насаждений расположена в В₂ и С₂, естественных – в В₃ и С₃ ($\chi^2_{\text{факт.}} = 136,4$; $\chi^2_{0,05} = 11,1$).

В обоих лесничествах возрастной диапазон естественных и искусственных древостоев «ветровальных» участков был меньшим, чем «неветровальных». Соответственно, коэффициенты вариации возраста имели меньшие значения для «ветровальных» участков (в искусственных насаждениях Великописаревского лесничества 19,4 и 41,8 %, в искусственных насаждениях Мироновского лесничества – 12,5 и 16,8 %, в естественных Мироновского лесничества 18,8 и 33,1 %).

В Великописаревском лесничестве насаждения моложе 40-летнего возраста

среди «ветровальных» отсутствовали, доля площади «ветровальных» насаждений имела тенденцию к возрастанию от IV до VIII классов возраста (табл. 1). Распределение по возрасту площади «ветровальных» и «неветровальных» участков Великописаревского лесничества отличалось достоверно ($\chi^2_{\text{факт.}} = 16,7$; $\chi^2_{0,05} = 11,1$), в связи со значительно большей площадью 70 – 80-летних насаждений среди «ветровальных» участков и наличием культур I класса возраста (8,3 %) среди «неветровальных» насаждений. Распределение по классам возраста площади «ветровальных» и «неветровальных» участков искусственных сосновых насаждений Мироновского лесничества отличалось недостоверно ($\chi^2_{\text{факт.}} = 10,8$; $\chi^2_{0,05} = 18,3$), а естественных – достоверно ($\chi^2_{\text{факт.}} = 20,0$; $\chi^2_{0,05} = 15,5$). Возраст древостоев «ветровальных» участков естественных древостоев составлял 60–100 лет, в то время как среди «неветровальных» встречались древостои II и IV – XI классов возраста. Распределение по классам возраста искусственных и естественных древостоев Мироновского лесничества отличалось достоверно ($\chi^2_{\text{факт.}} = 70,2$; $\chi^2_{0,05} = 14,1$). Это связано со значительной долей (54,7 %) древостоев IX класса возраста среди естественных «ветровальных» древостоев и отсутствием среди них древостоев младше 60 лет.

Исследования зависимости распространения ветровалов от размеров деревьев (диаметра, высоты и их соотношения H/D) представляют особый интерес, поскольку эти показатели иногда считают индикаторами жизнеспособности деревьев [16]. При изучении влияния рубок ухода на рост и состояние сосновых лесов украинские ученые [17, 18] сделали вывод об уменьшении устойчивости деревьев к действию ветра и снега при возрастании соотношения H/D. В то же время, шведскими учеными установлено, что вероятность ветровала возрастает в прореженных древостоях независимо от размеров деревьев [2].

Таблица 1

Распределение по классам возраста площади ветровальных и неветровальных насаждений

Класс возраста	Доля площади насаждений, %					
	Великописаревское лесничество		Мироновское лесничество			
	Лесные культуры		Лесные культуры		Естественные насаждения	
	Ветровал	Вне ветровала	Ветровал	Вне ветровала	Ветровал	Вне ветровала
I	0,0	8,3	0,0	3,0	0,0	0,0
II	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,1
III	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0
IV	0,7	4,2	0,2	3,1	0,0	0,2
V	12,9	14,8	2,4	2,4	0,0	0,7
VI	20,7	17,7	9,1	13,9	0,0	0,7
VII	23,7	28,7	34,5	36,2	15,9	14,8
VIII	42,0	26,3	38,2	27,2	20,3	25,7
IX	0,0	0,0	9,2	8,7	54,7	36,0
X	0,0	0,0	5,2	2,9	9,1	19,9
XI	0,0	0,0	1,2	0,8	0,0	1,9

Наши исследования показали, что в обследованных древостоях Сумской области минимальные значения показателя Н/D в «неветровальных» насаждениях этого лесничества составляли меньше 50 %, а максимальные превышали 130 %, причем в выборке поврежденных ветром насаждений значение показателя Н/D находилось в пределах этого диапазона (66 – 121,5 %). Варьирование показателя Н/D во всех выборках было сравнительно невысоким. Наименьшее значение коэффициента вариации показателя Н/D отмечено в выборке искусственных древостоев Мироновского лесничества (7,3 и 10,3 % для «ветровальных» и «неветровальных» участков), несколько бóльшим – в выборке естественных древостоев этого же лесничества (9,0 и 10,5 % соответственно), а наибольшим – в выборке искусственных древостоев Великописаревского лесничества (13,2 и 12,5 %). Достоверных различий в значении этого показателя для «ветровальных» и «неветровальных» насаждений не выявлено ни для искусственных, ни для естественных насаждений при группировке их по возрасту, полноте, типу лесорастительных условий и бонитету ($P > 0,1$). Полученные данные свидетель-

ствуют о том, что значение соотношения Н/D не является признаком неустойчивости к ветровалам сосновых древостоев в регионе исследований.

Соотношение Н/G также достоверно не отличалось в выборках «ветровальных» и «неветровальных» деревьев одинаковых возраста и бонитета. В табл. 2 приведены рассчитанные для насаждений I бонитета значения показателя Н/G, а также значения нормированной величины (Н/G, %), вычисленные по отношению к данным таблиц хода роста [19].

В соответствии с критерием устойчивости древостоев, предложенным Ю.П. Демаковым [16], представленные в табл. 1 рассчитанные значения нормированной величины (Н/G, %) показывают, что жизнеспособность всех исследованных насаждений была очень высокой (значения данного показателя менее 125 %), то есть реакция деревьев на ветровую нагрузку не зависела от соотношения Н/G.

Среди обследованных древостоев преобладают насаждения I класса бонитета (67–81 %, причем их распределение среди «ветровальных» и «неветровальных» участков достоверно не отличается ($\chi^2_{\text{факт.}} = 7,4; \chi^2_{0,05} = 7,8$).

Таблица 2

Значения показателя Н/Г (числитель) и его нормированной величины (Н/Г, % – знаменатель) в насаждениях, поврежденных и не поврежденных ветром

Возраст, лет	Н/Г по ТХР [19]	Культуры				Естественные насаждения	
		ГП «Ахтырское ЛХ» (Лесостепь)		ГП «Шосткинское ЛХ» (Полесье)		«ветровальные»	«неветровальные»
		«ветровальные»	«неветровальные»	«ветровальные»	«неветровальные»		
10	41,1	–	41,5 / 101,0	–	38,8 / 94,4	–	–
20	16,5	–	–	–	16,7 / 101,1	–	–
30	10,4	–	–	–	10,9 / 104,1	–	–
40	7,7	–	5,7 / 73,5	–	7,9 / 102,0	–	–
50	6,1	–	4,9 / 80,7	5,6 / 92,2	6,1 / 100,0	–	5,2 / 85,5
60	5,2	4,1 / 79,9	4,6 / 88,7	5,0 / 97,5	5,3 / 103,2	–	5,0 / 97,8
70	4,4	3,4 / 76,8	3,4 / 76,7	4,3 / 96,2	4,3 / 97,1	–	4,2 / 94,2
80	3,9	3,7 / 95,0	3,8 / 97,5	4,1 / 104,5	3,8 / 99,0	–	3,2 / 82,5
90	3,5	–	–	3,5 / 101,5	3,1 / 90,5	2,9 / 82,9	2,8 / 81,1
100	3,2	–	–	2,4 / 77,5	2,8 / 87,2	2,6 / 81,0	2,5 / 80,6

В Великописаревском лесничестве на «ветровальных» участках преобладали древостои с относительной полнотой 0,7, а на «неветровальных» – 0,8, причем распределение «ветровальных» и «неветровальных» насаждений по полноте отличалось достоверно ($\chi^2_{\text{факт.}} = 12,6$; $\chi^2_{0,05} = 6,0$).

Площадь санитарных рубок за рассмотренный период в полесских лесхозах была наибольшей в 2012 году (5805,2 и 3219,0 га в Шосткинском и Свесском ЛХ

соответственно), причем площадь сплошных санитарных рубок составляла 2 – 5 % от площади всех санитарных рубок (табл. 3). Доля площади «ветровальных» сосновых насаждений в ГП «Шосткинское ЛХ» была максимальной в 2012 году, а в ГП «Свесское ЛХ» доля площади «ветровальных» сосновых насаждений от площади выборочных санитарных рубок резко увеличилась в 2012 году и продолжала возрастать в 2013 году.

Таблица 3

Доля площади поврежденных ветром насаждений от площади всех насаждений, пройденных санитарными рубками

Годы	Площадь рубок, га			Доля площади «ветровальных» насаждений от площади всех насаждений, пройденных данными рубками, %					
				ССР		ВСП		ССР+ВСП	
	ССР	ВСП	ССР+ВСП	все породы	сосна	все породы	сосна	все породы	сосна
ГП «Шосткинское ЛХ»									
2010	22,1	1878,5	1900,6	14,0	5,0	0,04	0,0	0,2	0,1
2011	13,9	2337,7	2351,6	2,9	3,1	19,9	20,5	19,8	20,4
2012	89,7	5715,5	5805,2	41,5	83,4	63,4	62,6	63,1	62,8
2013	49,4	3975,3	4024,7	10,9	20,8	53,6	54,5	53,1	54,3
ГП «Свесское ЛХ»									
2011	73,9	1261,5	1335,4	0,0	0,0	1,2	1,5	1,1	1,5
2012	110,6	3108,4	3219,0	67,0	89,4	62,0	64,7	62,2	65,3
2013	80,7	1770,6	1851,3	36,9	77,3	80,4	81,0	78,5	80,9

Примечание: ССР – сплошная санитарная рубка; ВСП – выборочная санитарная рубка.

Анализ динамики доли «ветровальных» сосновых насаждений в очагах корневой губки и за их пределами от площади всех сосновых насаждений, пройденных выборочными санитарными рубками, свидетельствует о более раннем нарастании площади ветровалов в очагах этой болезни (рис. 2). Полученные данные объясняются тем, что в очагах корневой губки корневые системы деревьев постепенно разрушаются, что приводит к снижению их устойчивости к действию ветра. Второй причиной является постоянно снижающаяся полнота насаждений на таких участках в результате отпада части деревьев, что делает соседние деревья уязвимыми к действию ветра. С постепенным разрушением корней сосны в очагах корневой губки связано также то, что в них ветром были повреждены насаждения, начиная с 40-летнего возраста, а доля поврежденных ветром 70–80-летних насаждений в очагах корневой губки была в 1,5 раза большей, чем вне очагов (рис. 3). Распределение насаждений по возрасту в очагах корневой губки достоверно отличалось от насаждений, растущих вне очагов ($\chi^2_{\text{факт.}} = 18,1$; $\chi^2_{0,05} = 11,1$). Распределение по полноте насаждений, поврежденных ветром впервые и не повре-

жденных ветром, достоверно не отличалось во всех обследованных массивах ($\chi^2_{\text{факт.}} = 3,6$; $\chi^2_{0,05} = 9,5$). Распределение по полноте насаждений, пройденных выборочными рубками в предыдущие два года, достоверно отличалось от распределения неповрежденных насаждений и насаждений, впервые поврежденных ветром ($\chi^2_{\text{факт.}} = 64,9$; $\chi^2_{0,05} = 11,1$), а распределение поврежденных ветром насаждений в очагах корневой губки – от распределения всех других проанализированных групп насаждений ($\chi^2_{\text{факт.}} = 22,1$; $\chi^2_{0,05} = 11,1$) (рис. 4). Именно различия в полноте насаждений обусловили в значительной степени особенности их повреждения ветром. Так, на участках высокополнотных насаждений (с относительной полнотой $>0,8$) преобладали буреломные деревья (76,1%), а по мере снижения полноты их доля снижалась и составляла 12,3% при полноте 0,5 (рис. 5). В то же время доля ветровальных деревьев была большей на участках с меньшей полнотой, причем это в наибольшей степени проявлялось на участках, пройденных выборочными санитарными рубками. Доля деревьев с отломанными вершинами имела тенденцию уменьшаться, а доля наклоненных деревьев – увеличиваться по мере снижения полноты древостоев.

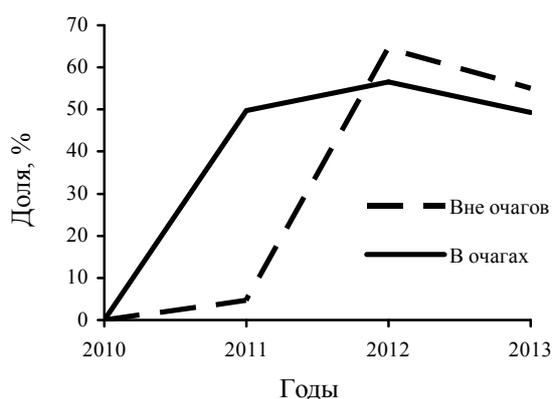


Рис. 2. Доля площади поврежденных ветром сосновых насаждений от площади всех сосновых насаждений, пройденных выборочными санитарными рубками в очагах корневой губки и за их пределами

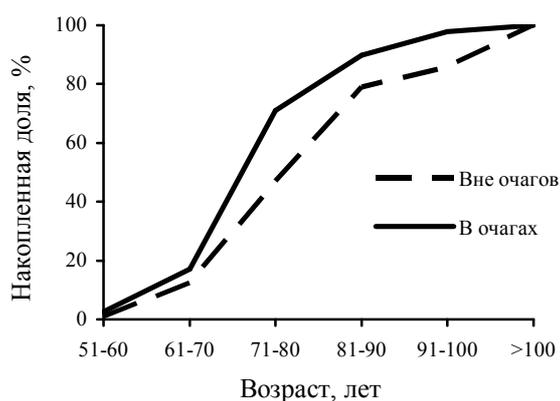


Рис. 3. Распределение (накопленная доля) площади поврежденных ветром чистых сосновых насаждений в очагах корневой губки и вне их

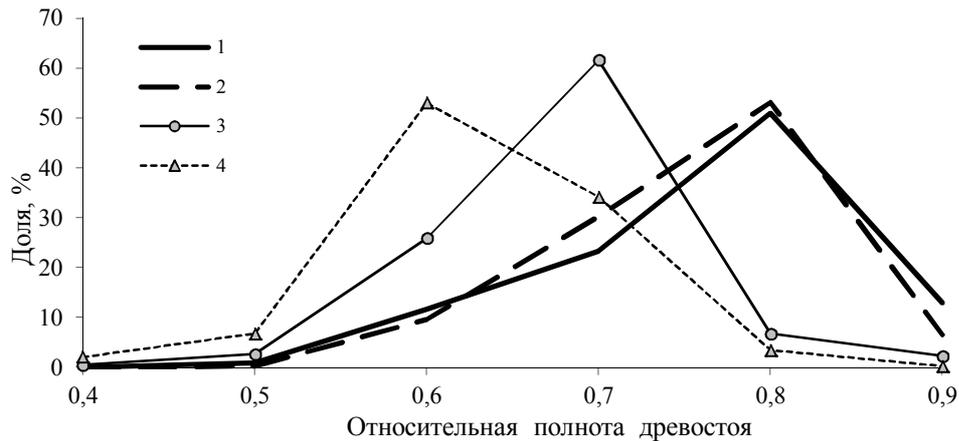


Рис. 4. Распределение площади насаждений по полноте: 1 – не поврежденные ветром; 2 – поврежденные ветром впервые; 3 – поврежденные ветром через два года после проведения выборочных рубок; 4 – поврежденные ветром в очагах корневой губки

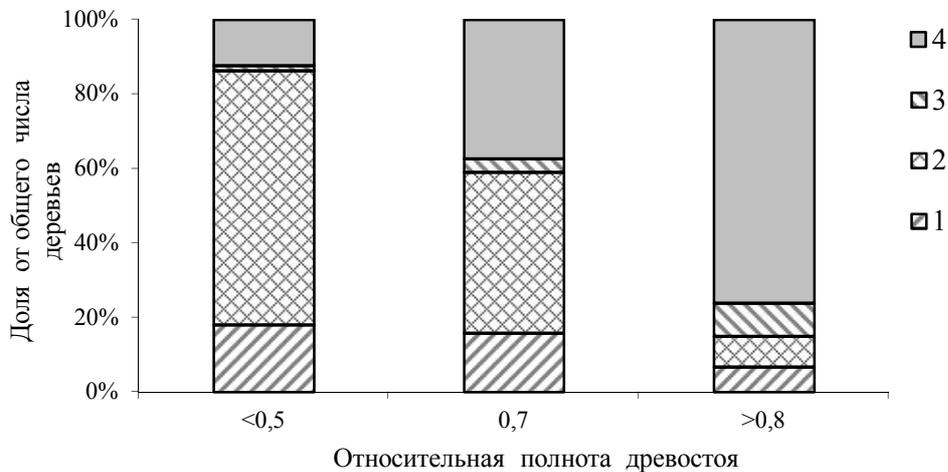


Рис. 5. Распределение числа деревьев сосны обыкновенной по типам их повреждения ветром в зависимости от полноты насаждений: 1 – наклоненные, 2 – ветровальные, 3 – со сломанной вершиной, 4 – буреломные

Выводы

1. На северо-востоке Украины доля площади насаждений, отведенных в санитарную рубку в связи с повреждением ветром, увеличилась с 0,2 % в 2000 году до 50 – 60 % в 2012 году.

2. Ветром повреждались преимущественно насаждения в менее богатых и влажных лесорастительных условиях в возрасте более 40 лет и доле сосны не менее восьми единиц.

3. Достоверных различий в значении показателей Н/Д для «ветровальных» и «неветровальных» насаждений не выявлено ни для искусственных, ни для естественных насаждений при группировке их по возрасту, полноте, типу лесораститель-

ных условий и бонитету. Соотношение Н/Г также достоверно не отличалось в выборках «ветровальных» и «неветровальных» деревьев одинакового возраста и класса бонитета.

4. В очагах корневой губки ветром повреждались более молодые и менее полные насаждения, чем вне очагов, причем ветровал преобладал над буреломом.

5. Ветровал преобладал над буреломом также на участках, пройденных в предыдущие два года выборочными санитарными рубками.

6. На участках насаждений с относительной полнотой более 0,8 преобладали буреломные деревья, а по мере ее снижения возрастала доля ветровальных деревьев.

Список литературы

1. *Bolte, A.* Adaptive forest management in central Europe: Climate change impacts, strategies and integrative concept / A. Bolte, Ch. Ammer, M. Lof, P. Madsen, G.-J. Nabuurs, P. Schall, P. Spathelf, J. Rock // *Scandinavian Journ. of Forest research.* – 2009. – Vol. 24. – P.473–482.
2. *Valinger, E.* Factors affecting the probability of windthrow at stand level as a result of Gudrun winter storm in southern Sweden / E. Valinger, J. Fridman // *Forest Ecology and Management.* – 2011. – Vol.262, iss.3. – Pp. 398–403.
3. *Wind Effects on Trees: Proceedings of the 2nd International Conference (Albert-Ludwigs-University of Freiburg, Germany, 13 – 16 October 2009) / Helmut Mayer and Dirk Schindler (Eds.) // Berichte des Meteorologischen Instituts der Albert-Ludwigs-Universität.* – Freiburg, 2009. – Nr. 19. – 340 pp.
4. *Калуцький, І. Ф.* Стихійні явища в гірсько-лісових умовах Українських Карпат (вітровали, паводки, ерозія ґрунту) : монографія / І. Ф. Калуцький, В. С. Олійник. – Львів : Камула, 2007. – 240 с.
5. *Мешкова, В. Л.* Стовбурові комахи на ділянках вітровалу й бурелому у соснових насадженнях Сумщини / В. Л. Мешкова, Ю. Є. Скрильчик, О. В. Товстуха // *Ліс, довкілля, технології: наука та інновації: тези доповідей учасників Міжнародної науково-практичної конференції (29 березня 2012 року).* – Київ: НУБІП, 2012. – С.265–266.
6. *Товстуха, О. В.* Чинники пошкодження та ослаблення лісів Сумщини / О. В. Товстуха // *Лісівництво і агролісомеліорація.* – 2010. – Вип. 117. – С. 114 – 119.
7. *Товстуха, О. В.* Поширення ветровалів і буреломів у соснових деревостанах Сумської області / О. В. Товстуха // *Вісник ХНАУ ім. В.В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство».* – 2012. – №3. – С. 194–198.
8. *Everham, E.M.* Forest damage and Recovery from Catastrophic wind / E.M. Everham, N.V.L. Brokaw // *The botanical review.* – 1996. – Vol. 62, No2. – P. 113–185.

References

1. *Bolte A., Ammer Ch., Lof M., Madsen P., Nabuurs G.-J., Schall P., Spathelf P., Rock J.* Adaptive Forest Management in Central Europe: Climate Change Impacts, Strategies and Integrative Concept. *Scandinavian Journal of Forest Research.* 2009. Vol. 24. P. 473–482.
2. *Valinger E., Fridman J.* Factors Affecting the Probability of Windthrow at Stand Level as a Result of Gudrun Winter Storm in Southern Sweden. *Forest Ecology and Management.* 2011. Vol.262, Iss.3. P. 398–403.
3. *Wind Effects on Trees: Proceedings of the 2nd International Conference (Albert-Ludwigs-University of Freiburg, Germany, 13 – 16 October 2009) / Helmut Mayer and Dirk Schindler (Eds.) // Berichte des Meteorologischen Instituts der Albert-Ludwigs-Universität.* Freiburg, 2009. №19. 340 p.
4. *Kalutskiy I. F., Oleynik V. S.* Stykhiyni yavyscha v girsko-lisovykh umovakh Ukrain'skykh Karpat (vitrovaly, pavodky, eroziya gruntu) [Natural Disasters in Mountain-Forest Conditions of Ukrainian Carpathians (Windstorms, Floods, Soil Erosion) : monograph. Lvov : Kamula, 2007. 240 p.
5. *Meshkova V. L., Skrilnik Yu. E., Tovstukha A. V.* Stovburovi komahy na dilyankakh vitrovalu y burelomu u sosnovykh nasadzhenyakh Sumshchyny [Stem Insects in the Plots of Windfall and Stem Snapping in the Pine Stands of Sumy Region.]. *Lis, dovkiillya, tekhnologiyi: nauka ta innovatsiyi: tezy dopovidey uchasnykiv Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi (29 bereznia 2012 roku) [Forest, Environment, Technologies: Science and Innovations: Theses of Reports of Participants of International Research-and-Practical Conference (March 29, 2012)].* Kiev: NUBIP, 2012. P.265–266.
6. *Tovstukha A. V.* Chynnyky poshkodzhennya ta oslablennya lisiv Sumshchyny [Factors of Damage and Weakening of Forests in Sumy Region]. *Lisivnytstvo i agrolisomelioratsiya [Forestry & Forest Melioration].* 2010. Iss. 117. P. 114 – 119.
7. *Tovstukha O. V.* Poshyrennya vitrovaliv i burelomiv u sosnovykh derevostanakh Sums'koyi oblasti [Spread of Windfalls and Stem Snapping in the Pine Stands of Sumy Region] // *Visnyk Kharkivs'kogo Natsional'nogo Agrarnogo Universytetu im. V.V. Dokuchayeva. Ser. «Gruntoznavstvo, agrokhimiya, zemlerobstvo, lisove gospodarstvo» [Vestnik of Kharkov National Agrarian University. Ser. «Pedology, Agrochemistry, Farming, Forestry»].* 2012. No 3. P. 194–198.
8. *Everham E.M., Brokaw N.V.L.* Forest Damage and Recovery from Catastrophic Wind. *The botanical Review.* 1996. Vol. 62, No 2. P. 113–185.

9. Лавний, В. В. Вплив орографічних і лісівничих факторів на вітровали лісу в Українських Карпатах / В. В. Лавний // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : НЛТУ України, 2007. – Вип. 17.3. – С. 48 – 53.

10. Лавний, В. В. Особливості виникнення та структура вітровальних ділянок у смерекових лісах Карпатського національного природного парку / В. В. Лавний, Л. М. Белей, В. І. Годованець, Р. В. Лазарович // Лісівництво і агролісомеліорація. – Харків: УкрНДІЛГА, 2011. – Вип. 119. – С. 29–36.

11. Клімат України /За ред. В. М.Ліпінського, В. А.Дячука, В. М. Бабіченко. – Київ: вид-во Раєвського, 2003. – 343 с.

12. Мигунова, Е. С. Лесоводство и естественные науки (ботаника, география, почвоведение). 2-е изд. // Е. С. Мигунова. – М.: МГУЛ, 2007. – 592 с.

13. Анучин, Н. П. Лесная таксация / Н. П. Анучин. – М.: Лесная промышленность, 1982. – 552 с.

14. Ивантер, Э. В. Введение в количественную биологию /Э. В. Ивантер, А. В. Коросов. – Петрозаводск : Изд-во ПетрГУ, 2011. – 302 с.

15. Чигриниць, В. П. Типологічна структура соснових лісів Сумщини / В. П. Чигриниць, О. В. Товстуха, Т. С. Пивовар //Лісівництво і агролісомеліорація. – 2012. – Вип. 121. – С. 57–65.

16. Демаков, Ю. П. Диагностика устойчивости лесных экосистем (методологические и методические аспекты) : Научное издание /Ю. П. Демаков. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2000. – 416 с.

17. Тарнопільська, О. М. Особливості росту і формування штучних соснових насаджень Лівобережного Степу та Лісостепу : Автореф. ... канд. дис. ... с.-г. наук 06.03.03 – лісознавство і лісівництво / О. М. Тарнопільська. – Харків: УкрНДІЛГА, 2012. – 20 с.

18. Шинкаренко, И. Б. Продуктивность искусственных сосняков в связи с рубками ухода и предпосылки их неустойчивости к ветру и снегу / И. Б. Шинкаренко // Лесоводство и агролесомелиорация. – Киев : Урожай, 1990. – Вып. 80. – С. 53–58.

9. Lavniy V. V. Vplyv orographichnykh i lisivnychych faktoriv na vitrovaly lisu v Ukrains'kikh Karpatakh [Influence of Orographic and Silvicultural Factors on Forest Windfalls in Ukrainian Carpathians]. Naukovyy visnyk NLTU Ukrainy: zbirnyk naukovotekhnichnykh prats' [Scientific Vestnik of National Forestry Engineering University of Ukraine: collection of scientific & technical proceedings]. Lvov: NLTU Ukrainy, 2007. Iss. 17.3. P. 48 – 53.

10. Lavniy V. V., Beley L. N., Godovanets V. I., Lazarovich R. V. Osoblyvosti vynyknennya ta struktury vitroval'nykh dilyanok u smerekovykh lisakh Karpatskogo natsional'nogo prirodnoho parku [Peculiarities of Formation and Characteristics of Windfall Area in Spruce Forests of the Carpathian National Park]. Lisivnytstvo i agrolisomeliioratsiya [Forestry & Forest Melioration]. Kharkov: UkrNDILGA, 2011. Iss. 119. P. 29–36.

11. Klimat Ukrayiny [Climate of Ukraine] /Editors V. M. Lipinskiy, V. A. Dyachuk, V. M. Babichenko. Kiyev: Izd-vo Rayevskogo, 2003. 343 p.

12. Migunova E. S. Lesovodstvo i estestvennyye nauki (botanika, geografiya, pochvovedeniye): vtoroe izdanie [Forestry and Natural Sciences (Botany, Geography, Soil Science):2d edition.]. Moscow: MGUL, 2007. 592 p.

13. Anuchin N. P. Lesnaya taksatsiya [Forest Assessment.]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1982. 552 p.

14. Ivanter E. V., Korosov A.V. Vvedeniye v kolichestvennyuyu biologiyu [Introduction to Numerical Biology.]. Petrozavodsk: PetrGU, 2011. 302 p.

15. Chigrinets, V. P., Tovstukha A. V., Pyvovar T. S. Typologichna struktura sosnovykh lisiv Sumshchiny [Typological Structure of Pine Forests of Sumy Region]. Lisivnytstvo i agrolisomeliioratsiya [Forestry & Forest Melioration]. 2012. Iss. 121. P. 57–65.

16. Demakov Yu. P. Diagnostika ustoychivosti lesnykh ekosistem (metodologicheskie i metodicheskiye aspekty): nauchnoe izdanie [Diagnostics of Stability of Forest Ecosystems (Methodological and Methodical Aspects): scientific edition.]. Yoshkar-Ola: MarSTU. 2000. 416 p.

17. Tarnopilska O. M. Osoblyvosti rostu i formuvannya shtuchnykh sosnovykh nasazhdeniy Livoberezhnogo Stepu ta Lisostepu [Peculiarities of Growth and Forming of Planted Pine Forests in Left-Bank Steppe and Steppe-and-Forest Zones. Autoref.Diss.Agric.Sciences]: PhD Theses, 06.03.03 – Silviculture and Forestry. Kharkov.: UkrNDILGA, 2012. 20 p.

18. Shinkarenko I. B. Produktivnost iskusstvennykh sosnyakov v svyazi s rubkami ukhoda i predposylki ikh neustoychivosti k vetru i snegu [Productivity of Artificial Pine Stands in Connection with Cleaning Cutting and Preconditions of Their Instability to Wind and Snow.]. Lesovodstvo i agrolisomeliioratsiya [Forestry & Forest Melioration.]. Kiev : Urozhay, 1990. Iss. 80. P. 53–58.

19. Нормативно-інформаційний довідник з лісової таксації /Відповідальні за випуск А.А. Строчинський, С.М. Кашпор. – Київ, 2010.– 564 с.

19. Normatyvno-informatsijnyy dividnyk z li-sovoyi taxatsiyi [Normative-Informational Reference Book on Forest Inventory] /Edit. A.A. Strohinskyy, S.M. Kashpor. Kiev, 2010. 564 p.

Статья поступила в редакцию 18.06.13.

МЕШКОВА Валентина Львовна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. лаборатории защиты леса Украинского НИИ лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г.Н. Высоцкого (УкрНИИЛХА, Украина, Харьков). Область научных интересов – динамика популяций лесных насекомых, влияние биотических, абиотических и антропогенных факторов на состояние лесов. Автор более 350 публикаций, в том числе двух монографий и двух учебных пособий.

E-mail: Valentynameshkova@gmail.com

ТОВСТУХА Александр Владимирович – заместитель начальника Сумского областного управления лесного и охотничьего хозяйства (Украина, Сумы). Область научных интересов – состояние лесов, факторы повреждения лесов. Автор восьми публикаций.

ПИВОВАР Татьяна Сергеевна – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, старший научный сотрудник лаборатории мониторинга и сертификации лесов Украинского НИИ лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г.Н. Высоцкого (УкрНИИЛХА, Украина, Харьков). Область научных интересов – мониторинг, методы оценки состояния деревьев и насаждений, факторы повреждения леса. Автор 35 публикаций.

E-mail: tatiana-pyvovar@yandex.ua

MESHKOVA Valentina Lvovna – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Forest Protection of the Ukrainian Research Institute of Forestry & Forest Melioration named after G.M. Vysotskiy (Ukraine, Kharkov). Research interest – population dynamics of forest insects, influence of biotic, abiotic and anthropogenic factors on forests health. The author of more than 350 publications, including 2 monographs and 2 study guides.

E-mail: Valentynameshkova@gmail.com

TOVSTUKHA Alexander Vladimirovich – Deputy Chief of Sumy Regional Administration of Forest and Hunting Management (Ukraine, Sumy). Research interest – forest health, factors of forest damage. The author of 8 publications.

PIVOVAR Tatiana Sergeyevna – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Senior Researcher of the Laboratory of Monitoring and Certification of Forests of Ukrainian Research Institute of Forestry & Forest Melioration named after G.M. Vysotsky (Ukraine, Kharkov). Research interest – monitoring, methods of health assessment of trees and stands, factors of forest damage. The author of 35 publications.

E-mail: tatiana-pyvovar@yandex.ua

V.L. Meshkova, A.V. Tovstukha, T.S. Pivovar

WINDFALLS AND WINDBREAKS IN PINE FORESTS OF THE NORTH-EASTERN UKRAINE

Key words: pine forests; wind-damaged and non-wind-damaged areas; types of wind damage; total and selective sanitary fellings; stand density; H/D and H/G indices.

In the North-East of the Ukraine the share of sanitary felled stands to the total area of sanitary fellings increased from 0.2 % in 2000 to 50 – 60 % in 2012. Possibilities of prediction of the threat of wind damage and planning of sanitary measures are limited because of lack of data absence concerning probable distribution of windbreaks and windfalls in pine forests depending on forest site conditions, structure and condition of the stands.

The aim of this research was to determine peculiarities of structure of wind-damaged pine stands in the North-East of the Ukraine in comparison with non-wind-damaged pine stands.

Researches were carried out in 2006 – 2013 in Sumy region, there are two types of natural zones (Forest zone (Polesye) and Forest-Steppe zone) in it. In accordance with the results of stands inspection and with the use of forest inventory data, some databases were formed. The databases make it possible to analyze wind-damaged and non-wind damaged stands separately. The detailed study of trees classification according to the type of wind damage (windbreak, windfall, trees with broken top, bent trees) as well as assessment of taxation indices were carried out at the sample plots in two State Forest Enterprises – SE «Akhtyrka Forest Enterprise» (Left-bank Forest-Steppe, the southern part of Sumy region) and SE «Shostka Forest Enterprise» (East Polesye, the northern part of Sumy region).

Comparison of distribution of wind-damaged and non-wind-damaged stands in different forest site conditions as well as in accordance with stand origin, its age, and a share of Pine trees in the stand composition was carried out. It was proved, that there were more damages in forests located in less rich and less moist forest site conditions where a share of Pines is less than 8 units. Stand distribution by its origin did not differ in the wind-damaged and non-wind-damaged plots. Age range of natural and artificial stands of wind-damaged plots was lower, than age range in non-wind damaged plots. The youngest stands were the least damaged trees by wind.

Differences between H/D ratio for wind-damaged and non-wind-damaged plots of both natural and artificial stands were almost the same for the groups of trees organized in accordance with the age of trees, their density, forest site conditions and productivity (bonitet). The obtained data prove that H/D ratio cannot be the criterion of wind tolerance for pine stands in the studying region. There was no serious difference of the H/G ratio in wind-damaged and non-wind-damaged trees of the same age and bonitet that is forest reaction to wind loading did not depend on the given ratio.

Distribution of pine trees by the types of wind damage depending on stand density as well as distribution of plots by stand density was analyzed for non-wind-damaged stands, wind-damaged stands for the first time, stands damaged by the wind in two years after selective sanitary felling and wind-damaged stands in the foci of root rot.

Windbreak predominated in the plots with relative stand density > 0.8, windfall increased with decrease of stand density. Windfall predominated over the windbreak in the foci of rot root and in the plots where selective sanitary felling was carried out in previous two years.

ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ ЛЕСНОГО ДЕЛА

УДК 541.124

Г. Н. Кононов, А. А. Федотов, С. А. Угрюмов

ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ ПРИ ГОРЯЧЕМ ПРЕССОВАНИИ В СТРУКТУРЕ ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ НА ОСНОВЕ ФУРФУРОЛАЦЕТОНОВОГО МОНОМЕРА ФА

Рассмотрены химические процессы структурирования фурфуролацетонного мономера ФА, применяемого в производстве древесно-стружечных плит, и его взаимодействия с компонентами древесины. На основе известных теорий определены химические реакции автономного структурирования двух основных компонентов мономера ФА – моно- и дифурфурилиденацетона с образованием пространственного полимера. Приведены химические процессы, отражающие адгезионное взаимодействие фуранового олигомера с компонентами древесины.

Ключевые слова: *отверждение; структурирование; реакции полимеризации; реакции поликонденсации; монофурфурилиденацетон; дифурфурилиденацетон; фурфуролацетонный мономер ФА; взаимодействие; компоненты древесины; целлюлоза.*

Введение. В настоящее время в производстве древесных плит широко применяются связующие на основе карбамидо- и фенолформальдегидных олигомеров. Древесные плиты на основе этих связующих имеют недостаточные физико-механические показатели. Для повышения эксплуатационных свойств плит возможно использование альтернативных связующих, в качестве которых могут быть использованы олигомеры фуранового ряда, и, в частности, фурфуролацетонный мономер ФА.

Известно, что в отвержденном состоянии мономер ФА обладает повышенной водостойкостью, хорошей химической стойкостью, высокой теплостойкостью и удовлетворительными механическими и

диэлектрическими свойствами. Промышленное производство плит на основе карбамидо- и фенолформальдегидных смол в настоящее время хорошо отработано, химические процессы их структурирования достаточно полно исследованы. Олигомеры фуранового ряда в настоящий момент в качестве связующих в промышленном производстве плит не применяются, поэтому представляет интерес определение химических процессов, протекающих в процессе прессования плит на основе фурфуролацетонного мономера ФА.

Цель работы – исследование и анализ процессов, протекающих при структурировании фуранового олигомера, и его взаимодействия с компонентами древесины в структуре древесно-стружечных плит.

Решаемые задачи: постадийный анализ химических реакций, протекающих при отверждении фуранового олигомера, исследование химических процессов, происходящих при взаимодействии древесных частиц с фурфуролацетоновым мономером ФА.

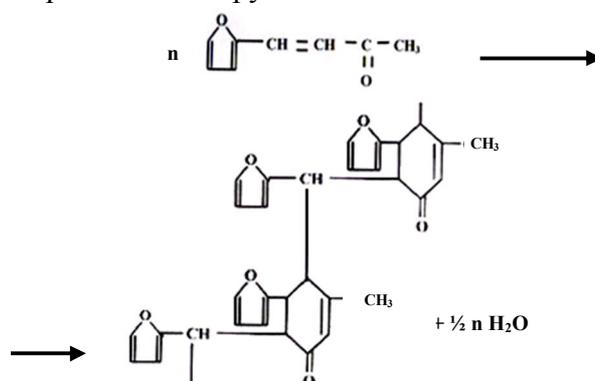
Теоретические предпосылки. Химический процесс отверждения фурфуролацетонового мономера ФА и его взаимодействие с компонентами древесины разработан на основании известных теоретических положений химии высокомолекулярных соединений.

Анализ химического процесса структурирования фурфуролацетонового мономера ФА. Точная химическая структура отвержденного мономера ФА до сих пор не определена, несмотря на попытки известных советских, российских и зарубежных ученых. Предполагаемый механизм структурообразования мономера ФА изложен в трудах ученых [1–4].

Исследования МХТИ им. Д.И. Менделеева показали, что мономер ФА, как и фенолформальдегидная смола, отверждается в три стадии [2,4–7]. Исследования показали, что моно- и дифурфурилиденацетон, входящие в состав мономера ФА, не взаимодействуют между собой в процессе отверждения, а структурируются автономно [2,7,8]. В связи с этим следует отдельно рассмотреть процесс отверждения моно- и дифурфурилиденацетона.

На первой стадии монофурфурилиденацетон переходит в смолообразное состояние. Смола растворима в ацетоне, диоксане и других органических растворителях [2,6,7]. Скорость реакции смолообразования зависит от температуры и количества катализатора. Смола в этой стадии низкомолекулярна. Переход из стеклообразного состояния в вязкотекучее происходит в небольшом температурном интервале. Область высокоэластичности не обнаруживается. В этой стадии молекулярный вес смолы не

превышает 1200–1350 [2,7]. Химический процесс в кислой среде идет как по этиленовой двойной связи, так и по карбонильной группе:

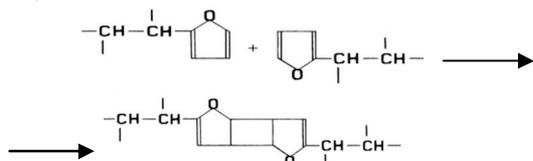


Вторая стадия отверждения характеризуется тем, что смола не растворяется, а только набухает в органических растворителях [2]. Нерастворимость и высокая эластичность свидетельствуют о том, что в этой стадии в смоле образуется редкая пространственная структура. При этом увеличивается молекулярный вес олигомера. Химический процесс олигомеризации такой же, как и в первой стадии, т.е. по этиленовой двойной связи и по карбонильной группе.

В третьей стадии отверждения смола находится в неплавком и нерастворимом состоянии, характерном для пространственных полимеров. До температуры 300°C образцы практически не деформируются. С повышением температуры до 350°C происходит заметная деструкция образцов [2]. С химической точки зрения этот процесс не совсем определен. Многие исследователи сходятся во мнении, что происходит изменение структуры фуранового кольца, но химический механизм этого процесса представляется весьма разнообразным. Высказывается мнение, что именно этот процесс придает отвержденным полимерам высокие физико-механические характеристики. Одни полагают, что происходит разрыв фуранового кольца, которое превращается в алифатическую цепочку [4], другие – что происходит разрыв двойных связей фуранового кольца, но кольцо при этом сохраняется [9].

В работах [2–5] определенно указывается, что высокая химическая стойкость к кислотам и щелочам, а также термостойкость отвержденного мономера ФА достигаются благодаря раскрытию двойных связей фуранового кольца.

Наиболее вероятный механизм структурирования на этой стадии – это полимеризация по двойным связям фуранового кольца:

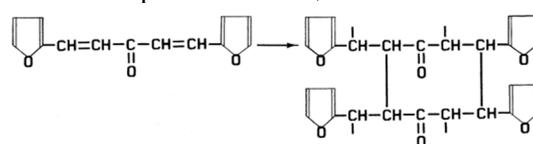


Рассмотрим механизм отверждения дифурфурилиденацетона. Особенностью дифурфурилиденацетона, усложняющей исследование процесса его структурирования, является полифункциональность – наличие двойных связей, подвижного атома водорода в фурановом кольце и карбонильной группы. Это создает условия для протекания различных химических процессов и образования сложной смеси продуктов уже на стадии синтеза олигомера. Дифурфурилиденацетон, в отличие от монофурфурилиденацетона, полимеризуется при высокой температуре (выше 180°C) без введения катализаторов, но не отверждается. В присутствии же ионных катализаторов дифурфурилиденацетон отверждается, как и монофурфурилиденацетон, причем процесс отверждения протекает в три стадии [2].

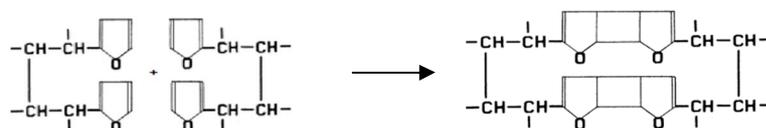
На первой стадии дифурфурилиденацетон растворяется в органических растворителях. Бромное число смолы в этой стадии снижается с 315 до 210. Это связано, по-видимому, с тем, что часть двойных связей принимала участие в реакции уплотнения дифурфурилиденацетона.

Оксимное число смолы в этой стадии равно 163. Это свидетельствует о том, что в смоле сохраняется еще большое количе-

ство карбонильных групп. Молекулярный вес смолы на этой стадии не превышает 1350 [2]. О механизме олигомеризации дифурфурилиденацетона имеются противоречивые данные. Одни исследователи считают возможным образование воды при отверждении дифурфурилиденацетона [8,10], другие полностью его исключают [2,4,5]. Авторы работы согласны с гипотезой, что при структурировании дифурфурилиденацетона воды не образуется, а идет только процесс полимеризации за счет исчерпания ненасыщенных связей алифатической цепи:



Во второй стадии структурирования дифурфурилиденацетон мало набухает, значительно менее эластичен и незначительно деформируется. Характерно отметить, что максимальная деформация образца на основе дифурфурилиденацетона в три раза меньше деформации смолы на основе монофурфурилиденацетона [2]. На этой стадии продолжается и завершается процесс полимеризации по двойным связям алифатических группировок с увеличением молекулярного веса макромолекул. Третья стадия отверждения дифурфурилиденацетона характеризуется неплавкостью и нерастворимостью продукта отверждения и его повышенной хрупкостью [2]. С точки зрения химии процесса происходит полимеризация по двойным связям фуранового кольца, которая придает отвержденной смоле повышенные эксплуатационные свойства. На этом отверждении сходятся многие исследователи [2,6,8]. Принцип реакции полимеризации дифурфурилиденацетона сходен с реакцией полимеризации монофурфурилиденацетона на третьей стадии и выглядит следующим образом:



Разработка химического процесса взаимодействия компонентов связующего с компонентами древесины. Кроме химии процессов отверждения связующего (фурфуролацетонового мономера ФА) важным аспектом являются процессы химического взаимодействия связующего и древесины в процессе горячего прессования плит.

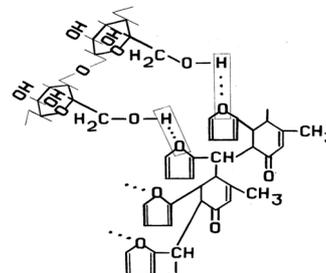
Известно, что связующее, используемое в производстве плит, улучшает их водостойкость за счет блокировки свободных гидроксильных групп целлюлозы. Такая блокировка может быть достигнута за счет образования густой сетки водородных связей между компонентами древесины и связующего.

Водородная связь обладает различной энергией, величина которой зависит от электроотрицательности входящих в нее атомов, располагающихся в ряд: $F > O > N$, $Cl > S$, C . Для образования водородной связи электроотрицательным атомам необходимо сблизиться на определенное расстояние ($\sim 0,25 \dots 0,30$ нм) [11,12]. Образование водородных связей происходит между гетероциклическими кислородами монофурфурилиденацетона и водородами несвязанных гидроксильных групп целлюлозы.

Т.к. в состав мономера ФА и древесины входит довольно большое число компонентов, то для отражения химии процессов нами были взяты только основные компоненты древесины и связующего (целлюлоза и монофурфурилиденацетон соответственно).

Гетероциклический кислород монофурфурилиденацетона обладает повышенной электроотрицательностью за счет наличия четырех неспаренных электронов и смещения π -электронной плотности двух смежных кратных $C-C$ связей, поэтому на нем возникает частичный отри-

цательный заряд, а на водороде несвязанной гидроксильной группы целлюлозы – частичный положительный заряд. Таким образом, создаются условия для образования водородных связей, схема которых приведена ниже:



Образование большого количества водородных связей блокирует проникновение влаги в древесные плиты, в связи с чем улучшается их водостойкость и прочность.

Выводы. Проанализированы химические процессы, протекающие в процессе отверждения мономера ФА. Выявлено, что при структурировании основного его компонента (монофурфурилиденацетона) на первой стадии протекают реакции одновременной полимеризации и поликонденсации по двойным связям и карбонильным группам, а на второй и третьей стадиях – реакции полимеризации по двойным связям фурановых колец. При структурировании дифурфурилиденацетона наблюдаются только реакции полимеризации по двойным связям алифатических цепей и фурановых колец.

Разработан процесс химического взаимодействия компонентов древесины с компонентами связующего, обусловленный образованием густой сетки водородных связей между несвязанными гидроксильными группами целлюлозы и кислородами фурановых колец. Выявлено улучшение физико-механических свойств плит, которое достигается за счет блокировки свободных гидроксильных групп целлюлозы связующим.

Список литературы

1. Холькин, Ю.И. Технология гидролизных производств. Учебник для вузов / Ю.И. Холькин. – М. : Лесная промышленность, 1989. – 496 с.

References

1. Kholkin Yu.I. Tekhnologiya gidroliznykh proizvodstv. Uchebnik dlya vuzov [Technology of Hydrolytic Production. Textbook for Universities.]. Moscow, Lesnaya promyshlennost Publ., 1989. 496 p.

2. Каменский, И.В. Полимеры на основе продуктов конденсации фурфуrolа с ацетоном. Отверждение фурфурилен- и дифурфурилен-ацетона в присутствии кислых катализаторов / И.В. Каменский, Н.В. Унгуреан, Б.М. Коварская, В.И. Итинский // Пластические массы. – 1960. – № 12. – С. 9-13.
3. Каменский, И.В. Полимеры на основе продуктов конденсации фурфуrolа с ацетоном. Получение фурфурилен- и дифурфурилен-ацетона и смол на их основе в присутствии щелочного катализатора / И.В. Каменский, Н.В. Унгуреан // Пластические массы. – 1960. – № 8. – С. 17-19.
4. Муравицкая, Т.П. Теоретическое обоснование процессов структурирования смол на основе фурфуrolацетонного мономера / Т.П. Муравицкая, А.Г. Ивлеv, А.А. Гурусова // Вестник Костромского государственного технологического университета. – 2010. – № 1. – С. 98-100.
5. Елшин, И.М. Пластбетон (На мономере ФА) / И.М. Елшин. – Киев: Издательство «Будівельник», 1967. – 128 с.
6. Фурановые полимеры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-52/20.htm> (дата обращения: 17.06.2013)
7. Синтетические смолы, мономеры, отвердители и добавки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://msd.com.ua/polimerbetony/sinteticheskie-smoly-monomery-otverditeli-i-dobavki> (дата обращения: 17.06.2013).
8. Макина, Л.Б. Механизм структурирования дифурфурилен-ацетона. Обзор / Л.Б. Макина, Л.К. Соловьева, И.А. Гриboва, Л.И. Комарова, А.П. Краснов, П.В. Петровский // Пластические массы. – 1983. – № 2. – С. 34-36.
9. Щербakov, А.А. Фурфуrol / А.А. Щербakov. – Киев: Государственное издательство технической литературы УССР, 1962. – 240 с.
10. Коршак, В.В. Исследование химических превращений фурфурилен-ацетонv в процессе их термической обработки / В.В. Коршак, Г.М. Цейтлин, В.А. Хомутов, Х.П. Гонсалес, А.А. Атрушкевич // Высокомолекулярные соединения. – 1979. – Т. А11. – № 1. – С. 54-59.
11. Азаров, В.И. Химия древесины и синтетических полимеров / В.И. Азаров, А.В. Буров, А.В. 2. Kamenskiy I.V., Ungurean N.V., Kovarskaya B.M., Itinskiy V.I. Polimery na osnove produktov kondensatsii furfurola s atsetonom. Otverzhenie furfuraliden- i difurfuralidenatsetona v prisutstvii kislykh katalizatorov [Polymers on the Base of Condensation Products of Furfural with Acetone. Curing Furfuraliden - and Difurfuralidenacetone in the Presence of Acid Catalysts.]. *Plasticheskie massy* [Plastic Masses]. 1960. No 12. P. 9-13.
3. Kamenskiy I.V., Ungurean N.V. Polimery na osnove produktov kondensatsii furfurola s atsetonom. Poluchenie furfuraliden- i difurfuralidenatsetona i smol na ikh osnove v prisutstvii shchelochnogo katalizatora [Polymers on the Base of Condensation Products of Furfural with Acetone. Production of Furfuraliden - and Difurfuralidenacetone and Based on Them Resins in the Presence of Alkaline Catalyst.]. *Plasticheskie massy* [Plastic Masses]. 1960. No 8. P. 17-19.
4. Muravitskaya T.P., Ivlev A.G., Gurusova A.A. Teoreticheskoe obosnovanie protsessov strukturirovaniya smol na osnove furfuralatsetonovogo monomera [Theoretical Grounding of the Processes for Structuring of Resins on the Base of Furfuralacetone Monomers.]. *Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta* [Vestnik of Kostroma State University of Technology.]. 2010. No 1. P. 98-100.
5. Elshin I.M. Plastbeton (Na monomere FA) [Plastic Concrete (On Monomer FA)]. *Kyiv, «Budivelnik» Publ.*, 1967. 128 P.
6. Furanovye polimery [Furan Polymers.]. URL: <http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-52/20.htm>. (reference date: 17.06.2013).
7. Sinteticheskie smoly, monomery, otverditeli i dobavki [Synthetic Resins, Monomers, Hardeners and Additives.]. URL : <http://msd.com.ua/polimerbetony/sinteticheskie-smoly-monomery-otverditeli-i-dobavki>. (reference date: 17.06.2013).
8. Makina L.B., Soloveva L.K., Gribova I.A., Komarova L.I., Krasnov A.P., Petrovskiy P.V. Mekhanizm strukturirovaniya difuralidenatsetona. Obzor. [Mechanism of Structuring of Difurfuralidenacetone. An Overview.]. *Plasticheskie massy* [Plastic Masses.]. 1983. No 2. P. 34-36.
9. Shcherbakov A.A. Furfurool [Furfural.]. *Kyiv, State Publishing House of Technical Literature in the Ukraine SSR*, 1962. 240 P.
10. Korshak V.V., Tseytlin G.M., Khomutov V.A., Gonsales Kh.P., Atrushkevich A.A. Issledovanie khimicheskikh prevrashcheniy furfuralidenatsetonov v protsesse ikh termicheskoy obrabotki [Study of Chemical Transformations of Furfuralidenacetones in the Process of Heat Treatment.]. *Vysokomolekulyarnye soedineniya* [High-Molecular Compounds.]. 1979. T. A11. No 1. P. 54-59.
11. Azarov V.I., Burov A.V., Obolenskaya A.V. Khimiya drevesiny i sinteticheskikh polimerov. 2-izd.,

Оболенская. – 2-е изд., испр. – СПб. : Изд-во «Лань», 2010. – 624 с. : ил.

12. Кононов, Г.Н. Химия древесины и ее основных компонентов / Г.Н. Кононов. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : МГУЛ, 2002. – 259 с. : ил.

ispr. [Chemistry of Wood and Synthetic polymers. 2d edition, improved.]. Saint-Petersburg, Publishing house «LAN», 2010. 624 P. : Il.

12. Кононов Г.Н. Khimiya drevesiny i ee osnovnykh komponentov. 2-izd., ispr. I dop. [Chemistry of Wood and its Main Components.]. Second edition, improved and supplemented. Moscow, MSFU, 2002. 259 P. : Il.

Статья поступила в редакцию 24.06.13.

КОНОНОВ Георгий Николаевич – кандидат технических наук, профессор кафедры химической технологии древесины и полимеров, Московский государственный университет леса (Российская Федерация, Москва). Область научных интересов – разработка новых композиционных материалов с использованием нанодисперсий синтетических олигомерных продуктов. Автор около 100 публикаций.

E-mail: caf-htdip@mgul.ac.ru

ФЕДОТОВ Александр Андреевич – аспирант, ассистент кафедры механической технологии древесины, Костромской государственной технологической университет (Российская Федерация, Кострома). Область научных интересов – технологические процессы производства клееных древесных материалов. Автор 20 публикаций.

E-mail: aafedotoff@yandex.ru

УГРЮМОВ Сергей Алексеевич – доктор технических наук, профессор кафедры механической технологии древесины, Костромской государственной технологической университет (Российская Федерация, Кострома). Область научных интересов – техника и технологии производства синтетических олигомеров, клееных древесных материалов. Автор более 200 публикаций.

E-mail: ugr-s@yandex.ru

KONONOV Georgy Nikolayevich – Candidate of Technical Sciences, Professor at the Chair of Chemical Technologies for Wood and Polymers, Moscow State Forest University (Russian Federation, Moscow). Research interests – development of new composite materials with the use of nanodispersion synthetical oligomeric substances. The author of about 100 publications.

E-mail: caf-htdip@mgul.ac.ru

FEDOTOV Alexander Andreyevich – Postgraduate student, teaching assistant at the Chair of Mechanic Technologies of Wood, Kostroma State University of Technology (Russian Federation, Kostroma). Research interests – production process for bounded wood products. The author of 20 publications.

E-mail: aafedotoff@yandex.ru

UGRYUMOV Sergey Alexeyevich – Doctor of Technical Sciences, Professor at the Chair of Mechanic Technologies of Wood, Kostroma State University of Technology (Russian Federation, Kostroma). Research interests – techniques and technologies of production of synthetical oligomers, bounded wood products. The author of more than 200 publications.

E-mail: ugr-s@yandex.ru

G. N. Kononov, A. A. Fedotov, S. A. Ugryumov

**CHEMICAL PROCESSES OCCURRING IN CHIPBOARDS UNDER HOT PRESSING
(BASED ON FURFUROLACETONE MONOMER FA)**

Key words: curing; structuring; polymerization reactions; polycondensation reactions; monofurfurilidenacetone; difurfuriliden - acetone; furfurolacetone monomer FA; interaction; wood elements; cellulose.

Alternative binding materials such as furan oligomers (for example, furfural-acetone monomer FA) can be used for improvement of operational properties of wood boards. Furan oligomers are of better water-resistance and durability in the hardened state. Use of furan resins in production of wood boards with improved physical and mechanical properties, as well as description of the chemical processes, occurring in boards structuring, are of high interest.

The purpose of the work is to research and analyse the processes which occur in furan oligomer structuring (on example of furfural-acetone monomer FA) and study its interaction with the components of wood in particle boards structure.

Tasks to be solved: stage analysis of chemical reactions taking place during the curing of furan oligomer, study of chemical processes during the interaction of wood particles with furfural-acetone monomer FA.

Chemical process of furfural-acetone monomer FA curing and its interaction with the components of wood is developed on the base of well-known theoretical propositions of high molecular chemistry.

It is known that two main components of monomer FA (- mono - and difurfurilidenacetone) are structuring autonomously in three stages. Chemical process of structuring goes on ethylene double bond (reactions of polymerization) and in a carbonyl group (polycondensation reaction) at the first stage. Oligomerization on ethylene double bond and on carbonyl group continues at the second stage. At the third stage of the curing, resin is not in melt and soluble condition which is a characteristic feature of spatial polymers. From the chemical point of view, reaction of polymerization flows on double bonds of furan ring at this stage.

Difurfurilidenacetone is also curing in three stages. Reaction of polymerization flows due to exhaustion of unsaturated bonds of aliphatic chain at the first stage. The process of polymerization in double bonds of aliphatic groups with increasing of molecular weight of macromolecules continues at the second stage. Polymerization of difurfurilidenacetone occurs on double bonds of furan ring with formation of unmelted and insoluble polymer at the third stage.

Distributing among the particles of wood filler, furan oligomer improves water resistance of boards due to blocking of free hydroxyl groups of cellulose. This kind of lock is achieved by means of formation of a dense hydrogen-bond networks between heterocyclic oxygens of monofurfurilidenacetone and hydrogens of unrelated hydroxyl groups of cellulose.

Heterocyclic oxygen of monofurfurilidenacetone has a high electronegativity due to the presence of four unpaired electrons and displacement of p-electron density of two adjacent multiples of C-C bonds. Therefore, a partial negative charge appears on it and a partial positive charge appears on hydrogen of unrelated hydroxyl group of cellulose. Thus, the conditions for formation of hydrogen bonds, which block penetration of moisture into wood boards are created. Water resistance and durability are improved.

The process of chemical interaction of components of wood with the components of binder due to formation of dense hydrogen-bond networks between unrelated hydroxyl groups of cellulose and oxygens of furan rings is developed. Improvement of physical and mechanical properties of boards, achieved by blocking of free hydroxyl groups of cellulose by means of binding material, is revealed.

УДК 630* 377.1

М. Ю. Смирнов, И. Р. Бакулина

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ РАБОЧЕГО ЦИКЛА НАВЕСНОГО ГИДРОМАНИПУЛЯТОРА

Приведены результаты производственных экспериментальных исследований. Получены регрессионные зависимости продолжительности рабочего цикла навесного гидравлического манипулятора, позволяющие нормировать работу лесовозных автопоездов с навесным погрузочным устройством на погрузке и выгрузке сортиментов.

Ключевые слова: автопоезд; навесной гидроманипулятор; погрузка; сортименты.

Введение. Нормативы продолжительности погрузки лесоматериалов навесным гидроманипулятором в зависимости от их размерных характеристик и других показателей в настоящее время отсутствуют. Для установления факторов, влияющих на продолжительность погрузки сортиментов навесным гидроманипулятором, проведены хронометражные наблюдения в лесозаготовительных предприятиях.

Цель работы – обоснование нормативов продолжительности циклов погрузки и выгрузки сортиментов навесным гидроманипулятором.

Решаемые задачи:

- проведение наблюдений за работой автопоездов с навесным гидроманипулятором;
- определение факторов, влияющих на продолжительность цикла погрузки и выгрузки сортиментов;
- разработка математических моделей расчета продолжительности циклов погрузки и выгрузки сортиментов навесным гидроманипулятором.

Для решения поставленных задач были использованы методы теории планирования эксперимента и математической статистики. Многофакторные хронометражные наблюдения за работой навесного

гидроманипулятора проводились на основе построения полного факторного плана 2^3 [1].

Продолжительность погрузки сортиментов навесным гидроманипулятором находится в функциональной зависимости от следующих факторов [2]:

$$t_{\Pi} = f(\ell; d; \ell_{\Pi}; n_c; h_{\Pi}; V_{Ш}; PШ; МП; ХМ; КО; КУ), \quad (1)$$

где t_{Π} – продолжительность погрузки 1 м³ лесоматериалов, мин; ℓ – длина сортиментов, м; d – средний диаметр сортиментов, см; n_c – число захватываемых грейфером сортиментов; ℓ_{Π} – расстояние перемещения лесоматериалов от штабеля до автопоезда в горизонтальной плоскости, м; h_{Π} – высота подъема лесоматериалов в вертикальной плоскости, м; $V_{Ш}$ – объем штабеля, м³; $PШ$ – расположение штабеля сортиментов относительно автопоезда; $МП$ – место погрузки сортиментов (на себя или на другой автопоезд); $ХМ$ – характеристики гидроманипулятора; $КО$ – квалификация оператора погрузки; $КУ$ – климатические условия.

Влияние этих факторов на продолжительность t_{Π} погрузки сортиментов навесным гидроманипулятором различно.

Длина и диаметр лесоматериалов определяют объемные и весовые характеристики предмета труда и являются наиболее значимыми факторами.

Расстояние перемещения ℓ_{Π} лесоматериалов в горизонтальной плоскости от штабеля до автопоезда определяет необходимые вылет стрелы и грузовой момент манипулятора и в значительной степени влияет на продолжительность погрузки сортиментов. Расстояние ℓ_{Π} зависит от зазора между штабелем и автопоездом, способа укладки штабеля относительно автопоезда и места погрузки сортиментов: на себя или на другой автопоезд.

Величина перемещения h_{Π} лесоматериалов в вертикальной плоскости зависит от высоты штабеля и высоты стоек коников автопоезда. По сравнению с расстоянием горизонтального перемещения ℓ_{Π} , вертикальная составляющая h_{Π} в большинстве случаев значительно меньше является переменной величиной.

Оператор погрузки захватывает лесоматериалы в предполагаемом центре масс и поднимает их на высоту h_0 (рис. 1), которая увеличивается при уменьшении высоты штабеля. Точка O на рис. 1 соответствует наибольшей высоте подъема груза в месте его захвата грейфером гидроманипулятора. Положение точки O в горизонтальной плоскости зависит от квалификации оператора погрузки и порядка выполнения переместительных операций.

При последовательном выполнении операций оператор сначала поднимает груз, при этом точка O располагается над штабелем лесоматериалов, а затем осуществляет поворот стрелы и укладку груза. При совмещении операций подъема и поворота груза точка наибольшей высоты подъема груза смещается к коникам лесовозного автопоезда. Высота опускания груза во время первых циклов будет наибольшей. С увеличением высоты пачки груза на автопоезде высота опускания лесоматериалов уменьшается.

Измерения начальной высоты штабеля лесоматериалов $H_{\text{штн}}$ и конечной высоты штабеля $H_{\text{штк}}$ после загрузки автопоезда показали, что при загрузке автопоезда с одной рабочей позиции высота штабеля уменьшается на величину $(0,8 \div 1,0) \cdot h_a$.

Объем штабеля $V_{\text{шт}}$ и его размещение относительно дороги определяют возможность загрузки автопоезда без дополнительных перемещений. От объема штабеля и его размещения относительно дороги зависит организация работы на лесопогрузочном пункте.

При формировании штабеля сортиментов щитом трелевочного трактора после раскряжевки хлыстов на верхнем лесоскладе сортименты в штабеле и автопоезд располагаются параллельно друг другу. При небольшой высоте штабеля $h_{\text{шт}}$, по мере загрузки автопоезда и выборки сортиментов, вылет стрелы манипулятора оказывается недостаточным, поэтому

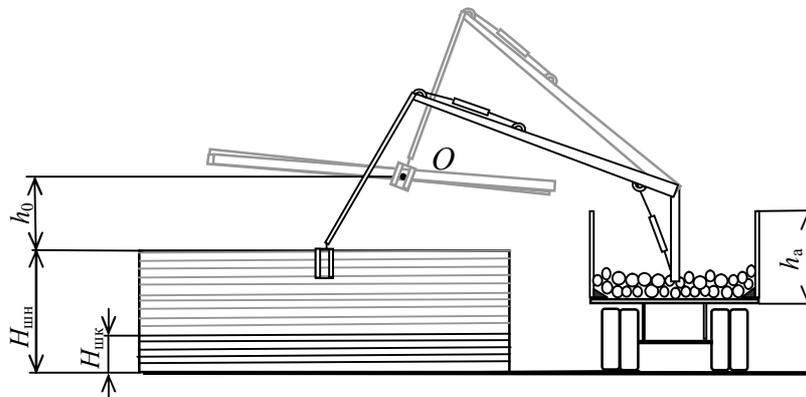


Рис. 1. Схема изменения параметров пачки груза и штабеля лесоматериалов при загрузке лесовозного автопоезда

приходится передвигать автопоезд ближе к штабелю, что создает определенные неудобства в работе и увеличивает продолжительность погрузки t_{II} . Эти недостатки можно устранить изменением расположения сортиментов в штабеле. В этом случае для формирования штабеля необходимо использовать навесной гидроманипулятор, например, форвардера.

Квалификация оператора погрузки и климатические условия оказывают значительное влияние на величину t_{II} . Однако выразить эти зависимости однозначно детерминированным образом не представляется возможным.

В зимнее время очистка сортиментов от снега проводится путем сбрасывания их в штабель. Это увеличивает продолжительность погрузки, так как захват и подъём сортиментов выполняется дважды.

Наиболее значимыми факторами, определяющими удельную величину продолжительности рабочего цикла навесного гидроманипулятора при погрузке лесоматериалов, являются: длина ℓ и диаметр d сортиментов, расстояние их перемещения в горизонтальной плоскости ℓ_{II} , высота подъема груза, определяемая высотой штабеля лесоматериалов $h_{ш}$, число захватываемых грейфером сортиментов n_c , зависящее от их диаметра.

В целях снижения трудоемкости и сложности проведения экспериментов в условиях лесопогрузочного пункта действующего лесозаготовительного предприятия были проведены планируемые управляемые многофакторные эксперименты на основе построения полного факторного плана 2^3 . Матрица этого плана в нормализованных обозначениях представлена в табл. 1.

При реализации этого плана можно получить регрессионную зависимость вида

$$t_n = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3, \quad (2)$$

где b_i – регрессионные коэффициенты; x_j – нормализованные значения факторов.

Таблица 1

Матрица полного факторного плана 2^3

Номер опыта	Значения переменных в точках измерения			Значения выходной величины t_{II}
	x_1	x_2	x_3	
1	-1	-1	-1	t_{II1}
2	+1	-1	-1	t_{II2}
3	-1	+1	-1	t_{II3}
4	+1	+1	-1	t_{II4}
5	-1	-1	+1	t_{II5}
6	+1	-1	+1	t_{II6}
7	-1	+1	+1	t_{II7}
8	+1	+1	+1	t_{II8}

Натурные производственные экспериментальные исследования продолжительности погрузки и выгрузки сортиментов навесным гидравлическим манипулятором в зависимости от числа захватываемых грейфером сортиментов n_c , расстояния их перемещения ℓ_{II} в горизонтальной плоскости и высоты $h_{ш}$ проводились нами в Пригородном лесничестве.

Объектом исследований был выбран автопоезд Урал-4320+ТМЗ-802 с навесным гидроманипулятором ОМГЛ-70-02, принадлежащий ООО «Марлеспром» Республики Марий Эл. Диапазоны варьирования факторов, принятые в эксперименте, соответствовали реальным производственным условиям. Автопоезд с манипулятором грузил сортименты на себя и на другие автопоезда, не имеющие собственных погрузочных механизмов (рис. 2).

Число сортиментов, захватываемых грейфером гидроманипулятора, зависит от их диаметра. Водителю автопоезда, как оператору погрузки, была поставлена задача работать с максимально возможным захватом сортиментов и с минимальным.

Максимальная высота штабеля лесоматериалов соответствовала наименьшей высоте подъема груза в вертикальной плоскости на неполном вылете стрелы гидроманипулятора.



Рис. 2. Выгрузка сортиментов на разгрузочном пункте:
 №1 – Урал-4320+ТМЗ-802 + ОМТЛ-70-02 (гос. номер В 036 СК);
 №2 – КамАЗ-5320 + СЗАП-83571 (гос. номер В 042 СК)

Расстояния перемещения груза в горизонтальной плоскости l_n определялись: возможностью подъезда автопоезда к штабелю, местом погрузки сортиментов, размещением автопоездов на погрузочном пункте. Минимальное расстояние перемещения груза – при погрузке сортиментов на себя, максимальное – при погрузке сортиментов на соседний автопоезд.

Лесоматериалов в штабеле было достаточно для загрузки автопоездов с одной рабочей позиции.

На основе визуальных наблюдений за работой водителей-операторов погрузки и в соответствии с рекомендациями, изложенными в [3–5], время цикла погрузки и выгрузки единицы груза разделялось на элементы, соответствующие продолжительности отдельных операций. При этом осуществлялась фиксация следующих элементов времени цикла:

- 1) продолжительности захвата груза;
- 2) продолжительности перемещения лесоматериалов к месту укладки: подъём, фиксация и поворот груза;
- 3) продолжительности укладки лесоматериалов: центрирование груза относительно грузовой платформы путём втяги-

вания телескопической вставки и изменения угла складывания стрелы; опускание груза и раскрытие челюстей гидроманипулятора;

4) продолжительности холостого хода стрелы.

Продолжительность захвата груза измерялась с момента касания челюстей гидроманипулятора сортимента или группы сортиментов до момента смыкания челюстей, продолжительность перемещения груза – с момента смыкания челюстей до окончания поворота груза в горизонтальной плоскости, продолжительность укладки лесоматериалов – с момента окончания поворота груза в горизонтальной плоскости до касания сортиментами грузовой платформы и раскрытия челюстей; продолжительность холостого хода – с момента отрыва захвата от грузовой платформы до момента касания челюстей гидроманипулятора следующей группы сортиментов.

Каждая последующая операция, составляющая рабочий цикл гидроманипулятора, начинается в момент окончания предыдущей.

Для замера времени использовался

электронный секундомер «Интеграл ЧС-01» с памятью на 10 промежуточных результатов. Элементы времени измерялись с точностью $\pm 0,01$ с. Длина и диаметр сортиментов измерялись на погрузочном пункте при помощи рулетки. При измерении диаметров обмер выполнялся с точностью $\pm 0,1$ см с последующим округлением до принятых ступеней толщины. Расстояния между штабелем лесоматериалов и автопоездом, между соседними автопоездами, между рабочими позициями при переездах автопоездов от одного штабеля к другому измерялись мерной лентой с точностью $\pm 0,1$ м.

Каждый фактор при построении полного факторного плана варьируется только на двух уровнях – верхнем и нижнем; при этом в эксперименте реализуются все возможные сочетания выбранных уровней факторов.

При выполнении данных исследований в качестве переменных факторов были приняты: число захватываемых грейфером манипулятора сортиментов, высота штабеля, расстояние перемещения лесоматериалов в горизонтальной плоскости при их погрузке и выгрузке.

Исследования проводились для двух групп сортиментов. Значения верхних, нижних и основных уровней факторов, а также интервалы их варьирования приведены в табл. 2.

Для проверки гипотезы о нормальном распределении выходной величины и для определения числа дублированных опытов до проведения основного эксперимента была поставлена отдельная серия из 50 опытов при следующих условиях: $n_c = 2$; $h_{ш} = 3,5$ м; $l_n = 7,9$ м. Нормальность распределения проверялась по критерию Пирсона χ^2 . Вычисленное значение $\chi^2_{расч} = 9,15$ оказалось меньше $\chi^2_{табл} = 9,49$, найденного при уровне значимости $\alpha = 0,05$. Следовательно, выходная величина эксперимента имеет нормальное распределение. Необходимое число дублированных опытов равно $n = 8$. При проведении эксперимента каждый опыт повторялся девять раз. Результаты восьми серий дублированных опытов, проведенных при погрузке тонкомерных сортиментов, приведены в табл.3.

Таблица 2

Характеристики изменяемых факторов

Наименование фактора	Обозначение		Уровень фактора			Интервал варьирования
	натуральное	нормализованное	верхний	нижний	основной	
<i>При среднем диаметре сортиментов $d_{cp} = 12$ см</i>						
Число сортиментов, захватываемых грейфером, шт	n_c	x_1	6	2	4	2
Высота штабеля, м	$h_{ш}$	x_2	3,5	1,0	2,25	1,25
Расстояние перемещения, м	l_n	x_3	7,9	4,8	6,35	1,55
<i>При среднем диаметре сортиментов $d_{cp} = 24$ см</i>						
Число сортиментов, захватываемых грейфером, шт	n_c	x_1	3	1	2	1
Высота штабеля, м	$h_{ш}$	x_2	3,5	1,0	2,25	1,25
Расстояние перемещения, м	l_n	x_3	7,9	4,8	6,35	1,55

Таблица 3

Результаты исследований продолжительности цикла погрузки сортиментов

№ опыта	Значения факторов			Результаты эксперимента t_u^n , мин									Результаты расчётов		
	n_c , шт	h_{uu} , м	l_n , м	y_{j1}	y_{j2}	y_{j3}	y_{j4}	y_{j5}	y_{j6}	y_{j7}	y_{j8}	y_{j9}	\bar{y}_j	S_j^2	\hat{y}_j
1	2	1	4,8	0,68	0,81	0,79	0,82	0,79	0,72	0,74	0,82	0,70	0,76	0,0029	0,7275
2	6	1	4,8	1,07	1,01	0,95	1,10	0,86	1,16	1,00	0,75	1,08	0,99	0,0164	0,9786
3	2	3,5	4,8	0,57	0,41	0,52	0,55	0,47	0,44	0,46	0,48	0,50	0,49	0,0027	0,5247
4	6	3,5	4,8	1,07	0,87	0,81	0,84	0,85	0,92	0,92	0,89	0,76	0,88	0,0077	0,9003
5	2	1	7,9	0,81	0,89	0,91	0,66	0,69	1,04	0,86	0,86	0,81	0,84	0,0131	0,8558
6	6	1	7,9	1,16	1,06	1,46	1,50	1,31	0,99	1,23	1,25	1,35	1,26	0,0290	1,2925
7	2	3,5	7,9	0,69	0,76	0,97	0,72	0,87	0,81	0,75	0,65	0,95	0,80	0,0127	0,7775
8	6	3,5	7,9	1,13	1,02	1,26	0,99	1,06	1,46	1,04	1,15	1,02	1,13	0,0229	1,0897

Проведена проверка однородности дисперсий опытов. Поскольку в данном случае имеется равномерное дублирование, был выбран G -критерий Кохрена. Расчетное G -отношение вычисляется по формуле

$$G_{расч} = S_{max}^2 / \left(\sum_{j=1}^8 S_j^2 \right), \quad (3)$$

где S_{max}^2 – наибольшая из рассматриваемых дисперсий; s^2 – выборочная дисперсия.

Полученное значение $G_{расч} = 0,27$ меньше $G_{табл} = 0,30$, найденного при уровне значимости $\alpha = 0,05$ и числе степеней свободы $f = 8$, что позволило принять гипотезу об однородности дисперсий.

Коэффициенты регрессии найдены по формулам [1] с помощью матрицы базисных функций. Значимость коэффициентов уравнения регрессии и их доверительные интервалы определены с помощью t -критерия Стьюдента.

$$b_i - t_{табл} \cdot S\{b_i\} \leq \beta_i \leq b_i + t_{табл} \cdot S\{b_i\}. \quad (4)$$

Проверка адекватности регрессионной модели проведена с помощью F -критерия Фишера.

Получены регрессионные уравнения продолжительности рабочего цикла

навесного гидроманипулятора для сортиментов средним диаметром $d_{ср} = 12$ см: при погрузке сортиментов

$$t_u^n = 0,8844 - 0,0488 \cdot n_c - 0,3502 \cdot h_{uu} - 0,0328 \cdot l_n + 0,0463 \cdot h_{uu} \cdot l_n - 0,0080 \cdot n_c \cdot h_{uu} \cdot l_n + 0,0181 \cdot n_c \cdot l_n + 0,0509 \cdot n_c \cdot h_{uu}; \quad (5)$$

при выгрузке сортиментов

$$t_u^e = 0,3821 + 0,0098 \cdot n_c - 0,2217 \cdot h_{uu} + 0,0053 \cdot l_n + 0,0311 \cdot n_c \cdot h_{uu} + 0,0295 \cdot h_{uu} \cdot l_n - 0,0049 \cdot n_c \cdot h_{uu} \cdot l_n + 0,0061 \cdot n_c \cdot l_n. \quad (6)$$

Аналогичные экспериментальные исследования продолжительности рабочего цикла навесного гидроманипулятора проведены при погрузке и выгрузке сортиментов средним диаметром $d_{ср} = 24$ см. Регрессионные уравнения продолжительности рабочего цикла навесного гидроманипулятора имеют вид:

при погрузке сортиментов

$$t_u^n = 0,3494 + 0,0706 \cdot n_c - 0,1220 \cdot h_{uu} + 0,0468 \cdot l_n + 0,0145 \cdot h_{uu} \cdot l_n; \quad (7)$$

при выгрузке сортиментов

$$t_u^n = 0,1155 + 0,0483 \cdot n_c + 0,0434 \cdot h_{uu} + 0,0664 \cdot l_n - 0,0127 \cdot l_n \cdot h_{uu}. \quad (8)$$

Формулы (5), (6) могут быть использованы при следующих значениях параметров предмета труда: средний диаметр сортиментов $8 \leq d_{cp} \leq 16$ см, средняя длина сортиментов $4,5 \leq l_c \leq 6,5$ м, а формулы (7) и (8) – при $20 \leq d_{cp} \leq 36$ см и $4,5 \leq l_c \leq 6,5$ м.

Модели (5) – (8) адекватны проведенному эксперименту, о чем свидетельствуют значения \bar{y}_i и \hat{y}_i .

Продолжительность погрузки 1 м^3 сортиментов изменяется от 1,50 до 2,63 мин. и зависит от объёмных характеристик лесоматериалов, количества циклов погрузки, совершаемых манипулятором, расстояния перемещения груза.

При работе с тонкомерными сортиментами диаметром от 10 до 16 см продолжительность погрузки 1 м^3 в среднем возрастает в 1,5 раза, а удельное количество циклов погрузки – с 1,7 до 2,3.

При работе автопоезда с навесным гидроманипулятором в паре с автопоездом, не оснащённым погрузочным механизмом, цикл погрузки сортиментов увеличивается в среднем на 13,5 % за счёт увеличения расстояния перемещения груза.

Число захватываемых грейфером гидроманипулятора сортиментов зависит от их среднего диаметра. Так, при среднем

диаметре сортиментов 24 см грейфер одновременно захватывал 1–3 бревна, при среднем диаметре сортиментов 12 см – 2–6 бревен. В результате исследований получены выборки значений продолжительности цикла погрузки и числа захватываемых грейфером гидроманипулятора сортиментов. Варьирование продолжительности одного цикла погрузки в зависимости от числа захватываемых сортиментов показано на рис. 3 на примере автопоезда Урал-4320+ТМЗ-802+ОМТЛ-70-02.

Объём каждой выборки составил $n=269$. Наблюдения проводились при среднем объёме сортимента $V_c = 0,083 \text{ м}^3$. Лесоматериалы грузили на соседний автопоезд.

Характер изменения продолжительности цикла погрузки сортиментов нестабильный, случайный. Это вызвано изменчивостью параметров предмета труда, техническим состоянием погрузочного оборудования, квалификацией и индивидуальными особенностями оператора погрузки. Для установления зависимости между значением параметра t_u^n и воздействующим на него фактором n_c определён коэффициент корреляции: для тонкомерных сортиментов $r_{nt} = 0,656$, для сортиментов $d_{cp} = 24$ см $r_{nt} = 0,519$. Это свидетельствует о значительной линейной корреляционной связи между числом захватываемых сортиментов и временем цикла.

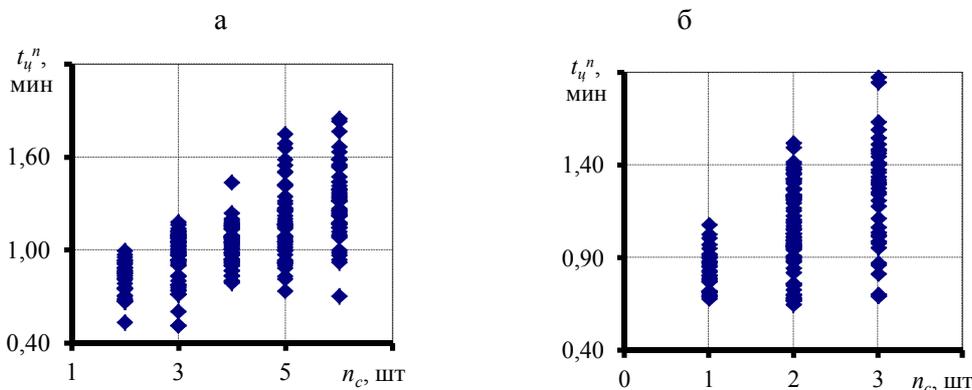


Рис. 3. Варьирование продолжительности цикла погрузки от числа сортиментов, захватываемых грейфером гидроманипулятора за один рабочий цикл: а) при $d_{cp} = 12$ см; б) при $d_{cp} = 24$ см

Таблица 4

Распределение дискретной случайной величины n_c

Возможные значения	Вероятности значений случайной величины p_i , при среднем диаметре сортиментов			
	8-16 см	18-22 см	24-26 см	≥ 28 см
1	–	–	0,099	1
2	0,147	0,400	0,595	–
3	0,193	0,440	0,306	–
4	0,252	0,080	–	–
5	0,247	0,080	–	–
6	0,161	–	–	–

Таблица 5

Структура продолжительности операций рабочего цикла гидроманипулятора, %

Наименование операций	Погрузка	Выгрузка
Порожнее перемещение стрелы t_x	15,1 ÷ 23,7	17,4 ÷ 28,9
Наведение грейфера и захват сортиментов t_3	18,7 ÷ 29,9	18,5 ÷ 27,1
Перемещение сортиментов t_2	22,7 ÷ 44,8	25,2 ÷ 40,7
Укладка сортиментов t_y	14,4 ÷ 36,7	16,1 ÷ 31,0

Значимость коэффициента корреляции оценивали по t -критерию Стьюдента [1, 5]. Для тонкомерных сортиментов полученное значение $t_{\text{расч}} = 14,19$ при уровне значимости $\alpha = 0,05$ и числе степеней свободы $f = 267$ больше $t_{\text{табл}} = 1,968$, что подтверждает вывод о наличии корреляционной связи между исследуемыми показателями.

По результатам обработки опытных данных получена табл. 4 статистического распределения дискретной случайной величины – числа сортиментов, захватываемых грейфером гидроманипулятора в зависимости от их среднего диаметра. Полученные уравнения (5)–(8) позволяют обосновать норматив продолжительности пребывания автопоезда с навесным гидроманипулятором в пунктах погрузки и разгрузки.

Показатели относительной продолжительности операций рабочего цикла гидроманипулятора при погрузке и выгрузке сортиментов приведены в табл. 5.

Операция перемещения сортиментов t_2 к автопоезду является наиболее продолжительной. Она особенно выделяется среди других операций при работе с крупными сортиментами и большим рас-

стоянии их перемещения. При погрузке сортиментов на соседний автопоезд продолжительность переместительных операций увеличивается в среднем в 1,6 раза. Тонкомерные сортименты увеличивают продолжительность их укладки при формировании хорошо оформленного воя или штабеля. Продолжительность цикла выгрузки сортиментов на 4–56 % меньше продолжительности их погрузки за счёт уменьшения затрачиваемого времени на захват и укладку сортиментов.

Выводы

1. Установлена относительная продолжительность отдельных операций в структуре рабочего цикла навесного гидроманипулятора. Продолжительность переместительных операций определяется расстоянием перемещения груза в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Продолжительность захвата и укладки сортиментов зависит от числа одновременно захватываемых грейфером сортиментов.

2. Зависимости продолжительности погрузочно-разгрузочных работ от четырех исследуемых параметров: расстояния перемещения груза в горизонтальной

плоскости, высоты штабеля лесоматериалов, диаметра сортиментов и полезной рейсовой нагрузки автопоезда выражаются полиномом второй степени.

3. Наиболее значимой является горизонтальная составляющая перемещения груза; чем меньше высота штабеля лесоматериалов, тем больше высота перемещения груза в вертикальной плоскости и продолжительность погрузочно-разгрузочных работ.

4. Получены регрессионные зависимости продолжительности рабочего цикла навесного гидроманипулятора на погрузке и выгрузке сортиментов от числа сорти-

ментов, захватываемых грейфером гидроманипулятора, расстояния перемещения груза в горизонтальной плоскости и высоты штабеля лесоматериалов. Продолжительность цикла погрузки сортиментов изменяется в пределах 0,8–1,34 мин в зависимости от их размеров и расстояния перемещения груза. Продолжительность цикла выгрузки меньше продолжительности цикла погрузки в 1,1–1,6 раза.

5. Полученные регрессионные зависимости продолжительности рабочего цикла навесного гидроманипулятора на погрузке и выгрузке сортиментов позволяют нормировать работу лесовозных автопоездов.

Список литературы

1. Пижурин, А.А. Основы научных исследований в деревообработке / А.А. Пижурин, А.А. Пижурин. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2005. – 305 с.

2. Смирнов, М.Ю. Основы комплектования погрузочно-транспортного звена лесовозных автопоездов: монография / М.Ю. Смирнов, И.Р. Бакулина. – Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, 2010. – 152 с.

3. Погрузчик леса манипуляторного типа (гидроманипулятор) ПЛ-70 и его модификации. Руководство по эксплуатации ПЛ-70.00.000 РЭ.– Великие Луки: ООО «Велмаш», 2005. – 97 с.

4. Смирнов, М.Ю. Моделирование работы погрузочно-транспортного звена лесовозных автопоездов / М.Ю. Смирнов, И.Р. Бакулина // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. –2009. – № 1. – С.41-51.

5. Лунев, В.А. Планирование и обработка технологического эксперимента: Учебное пособие / В.А. Лунев. – Л.: ЛПИ, 1985. – 84 с.

References

1. Pizhurin A.A., Pizhurin A.A. Osnovy nauchnykh issledovaniy v derevoobrabotke [Fundamentals of Scientific Research in Woodworking.]. Moscow, GOU VPO MGUL, 2005. 305 p.

2. Smirnov M.Yu., Bakulina I.R. Osnovy komplektovaniya pogruzochno-transportnogo zvena lesovoznykh avtopoezdov: monografiya [Fundamentals of Completing Loading Part of Logging Truck-and-Trailer Unit.]. Yoshkar-Ola, Mari State Technical University, 2010. 152 p.

3. Pogruzchik lesa manipulyatornogo tipa (gidromanipulyator) PL-70 i ego modifikatsii. Rukovodstvo po ekspluatatsii PL-70.00.000 RE. [Manipulator Loader of Forest (Hydraulic Manipulator) PL-70 and its Modifications. Maintenance Guide PL-70.00.000 RE]. Velikie Luki, LLC «Velmash», 2005. 97 p.

4. Smirnov M.Yu., Bakulina I.R. Modelirovanie raboty pogruzochno-transportnogo zvena lesovoznykh avtopoezdov [Simulation of Work of Loading Link in Log Trucks.]. Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie [Vestnik of Mari State Technical University. Series «Forest. Ecology. Nature Management»]. 2009. No 1. P.41-51.

5. Lunev V.A. Planirovanie i obrabotka tekhnologicheskogo eksperimenta: uchebnoe posobie [Planning and Elaboration of Technological Experiment: Study Guide.]. Leningrad, LPI, 1985. 84 p.

Статья поступила в редакцию 21.05.12.

СМИРНОВ Михаил Юрьевич – доктор технических наук, профессор кафедры транспортно-технологических машин, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – автомобильный транспорт лесоматериалов. Автор 165 публикаций.

E-mail: SmirnovMY@volgatech.net

БАКУЛИНА Ирина Рифатовна – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры начертательной геометрии и инженерной графики, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – автомобильный транспорт лесоматериалов. Автор 35 публикаций.

E-mail: BakulinaIR@volgatech.net

SMIRNOV Mikhail Yurievich – Doctor of Technical Sciences, Professor at the Chair of Transport and Production Machines, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Research interest – transport for timber transportation. The author of 165 publications.

E-mail: SmirnovMY@volgatech.net

BAKULINA Irina Rifatovna – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Chair of Descriptive Geometry and Engineering Graphics, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Research interest – transport for timber transportation. The author of 35 publications.

E-mail: BakulinaIR@volgatech.net

M. Yu. Smirnov, I. R. Bakulina

WALL-MOUNTED HYDRAULIC MANIPULATOR WORK CYCLE TIME

Key words: long haul truck; wall-mounted hydraulic manipulator; loading; assortments.

Nowadays there are no standards on loading time of timber with the help of wall-mounted hydraulic manipulator depending on the size of timber and other important indicators.

The purpose of the work is to ground standards of loading and unloading cycle time of assortment with the help of wall-mounted hydraulic manipulator. The problems on definition of factors which influence on loading and unloading cycle time of log assortment were being solved. Mathematical models of calculation of loading and unloading cycle time of log assortment were elaborated.

In order to solve the set tasks the methods of the theory of experiment planning and mathematical statistics were used. Multivariable work measurement under the wall-mounted hydraulic manipulator were carried out on the basis of a full factorial plan 2^3 composition.

A relative duration of individual operations in the work cycle of wall-mounted hydraulic manipulator is determined. Duration of commutative operations is defined by the distance of shifting in horizontal and vertical planes. Grab period and the period of assortment placing depend on the number of log assortment which is grabbed at the same time.

Dependences of loading-unloading works on four parameters (distance of shifting in horizontal plane, piling height of timber product, assortment diameter and useful scheduled load of long haul truck) are expressed with the multinomial of the degree II.

Horizontal component is the most important constituent in load shifting. The less piling height of timber product, the more height in load shifting in vertical plane and period of loading and unloading operations.

The regression dependences of working cycle of wall-mounted hydraulic manipulator in loading and unloading of assortments on the number of grabbed assortments, distance of load shifting in horizontal plane and piling height of timber product were obtained. Loading cycle time of assortments varies within 0.8–1.34 minutes depending on their size and distance of load shifting. Unloading cycle time is less than loading cycle time in 1.1–1.6 times.

The obtained regression dependences of work cycle time of wall-mounted hydraulic manipulator during loading and unloading of assortment make it possible to standardize work of logging truck-and-trailer units.

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ. БИОТЕХНОЛОГИИ

УДК 630*583

*Э. А. Курбанов, О. Н. Воробьев, С. А. Незамаев,
А. В. Губаев, С. А. Лежнин, Ю. А. Полевщикова*

ТЕМАТИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ И СТРАТИФИКАЦИЯ ЛЕСОВ МАРИЙСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ ПО СПУТНИКОВЫМ СНИМКАМ LANDSAT

Разработана методика тематического картирования лесного покрова по спутниковым снимкам Landsat с выделением классов (лесных страт) по составу, возрасту и относительной полноте насаждений. Тематическое картирование основано на комплексном подходе с использованием трансформации спутниковых изображений методом Tasseled cap и более совершенным выделением исследуемых классов наземного покрова управляемой классификацией по методу опорных векторов. Проведена апробация и оценка разработанной методики для территории Марийского лесного Заволжья на основе снимков среднего разрешения Landsat 2001 г. Оценка точности тематического картирования на основании тестовых участков и материалов лесоустройства показала высокую степень их достоверности.

Ключевые слова: *тематическое картирование; лесные насаждения; дистанционное зондирование земли; спутниковые снимки Landsat; ГИС; мониторинг лесов.*

Введение. Совершенствование методов оценки площадей и запасов древостоев является важной научно-практической задачей для Российской Федерации, обладающей большими площадями бореальных лесов. Точность и оперативность в определении фитомассы (депонированного углерода) также является неотъемлемым требованием при выполнении международных обязательств Россией по конвенции об изменении климата. В этой связи при оценке древостоев на региональ-

ном и континентальном уровне возрастает значение современных методов дистанционного зондирования.

Исследованиям спутниковых снимков при оценке площадей (запасов) и тематическом картировании растительного покрова посвящено большое количество работ отечественных и зарубежных исследователей. Изображения с системы спутников Landsat наиболее широко используются учеными, занимающимися тематическим картированием и мониторингом

за растительным покровом. Это объясняется наличием большой архивной базы их снимков, мультиспектральных каналов в видимой и инфракрасной зоне электромагнитного спектра, приемлемым уровнем пространственного разрешения, широким охватом исследуемой территории.

Американские ученые W.B. Cohen и T.A. Spies [1], проводившие сравнение пространственных и спектральных характеристик Landsat TM (Thematic mapper) и французского спутника SPOT HRV (High Resolution Visible), пришли к выводу что, несмотря на более высокие пространственные характеристики HRV, снимки TM являются более приемлемыми для оценки лесов. Ряд работ посвящен возможности определения таксационных показателей (возраста, сомкнутости полога, высоты деревьев) по спектральным характеристикам изображений Landsat. В частности, была проанализирована взаимосвязь между значениями спектральной яркости каналов Landsat ETM+ и таксационными показателями коммерческих посадок сосны ладанной (*Pinus taeda* L.) в восточной части штата Техас [2]. Для моделирования показателей возраста и густоты насаждений была применена многовариантная регрессия. Линейная комбинация NDVI, ETM4/ETM3 (отношение каналов 3 и 4 ETM+) и индекса влажности функции «колпачок с кисточкой» (tasseled cap) показала наилучшую экстраполяцию возраста насаждения ($R^2 = 78\%$), чем другие комбинации спектральных каналов и соответствующих индексов. Результаты принципиального компонентного анализа (principal component analyses), проведенного для спелого насаждения (старше 18 лет), показали достоверную информацию о связи между структурой полога древостоя и спектральными значениями, полученными сенсором ETM+. M.E. Jakubauskas и K.P. Price (1997) исследовали взаимосвязь между показателями насаждений сосны скрученной широкохвойной (*Pinus contorta* var. *latifolia* Engelm.) Националь-

ного парка Йеллоустон и спектральных характеристик Landsat TM [3]. Они пришли к заключению, что характеристики лесных насаждений можно дешифровать по спутниковым данным, а инфракрасный спектральный канал является наиболее информативным при выполнении таких задач.

Создание модели непрерывных переменных (continuous variable model) является одним из подходов, основанных на эмпирической модели непрерывной оценки показателей древостоя [4]. Результаты свидетельствуют о том, что, несмотря на сложность в точности определения таксационных показателей по данным дистанционного зондирования, они имеют близкие значения с данными исследований по Финляндии [5] и Канаде [6, 7].

В штате Висконсин были выявлены зависимости между лесной биомассой и вегетационными индексами с помощью спутника Landsat 7 [8]. В Индии разработана карта растительного покрова и биологической продуктивности лесов по данным спутника IRS-1A [9]. Среди других разработок по картированию растительного покрова Северной Евразии следует отметить карту земной поверхности SPOT-VEGETATION [10,11], атлас приграничных лесов World Forest Watch [12] и тематическую карту Марийского лесного Заповья на 15 классов растительного покрова, разработанную учеными из Поволжского государственного технологического университета [13, 14].

Литературный анализ по оценке тематического картирования растительного покрова показывает, что существуют большие расхождения между различными исследованиями, а валидация данных на региональном уровне остается важным моментом для оценки точности карт растительного покрова. Много вопросов вызывает точность тематического картирования лесных насаждений по спутниковым снимкам среднего разрешения. Несмотря на рост методов по распознаванию

наземного покрова, производство точных карт изменений в региональном земле- и лесопользовании остается сложным вопросом. Глобальные обобщения (компиляции) региональных проектов по изучению изменений в наземном покрове выявляют проблему их несовместимости и свидетельствуют о необходимости улучшения картирования растительного покрова и его изменений, а также понимания причин таких трансформаций.

Целью работы явилась разработка и оценка методики тематического картирования и стратификации лесного покрова региона Марийского Заволжья по данным спутниковых снимков Landsat 7 (ETM+), для выполнения которой решались следующие **задачи**:

- создать легенду классов (страт) тематической карты, максимально соответствующей единой схеме стратификации лесов Российской Федерации;
- провести классификацию спутниковых снимков с построением тематической карты распределения насаждений по составу, возрасту и полноте;
- провести оценку точности полученных тематических карт и сравнить их с данными официальных источников.

Техника эксперимента и методика исследований. Объектами исследований явились насаждения, расположенные на территории Марийского лесного Заволжья, включая Суслонгерское лесничество, национальный парк Марий Чодра и заповедник Большая Кокшага. Сбор и обработка наземных данных о растительном покрове лесных насаждений для оценки точности и валидации разрабатываемых карт осуществлялась в полевые сезоны с 2008 по 2013 г. Данные для тестовых участков, наиболее характерных для исследуемой местности, были получены методом глазомерно-измерительной таксации в различных древостоях с их географической привязкой на местности и выявлением на спутниковых снимках [15]. Основными количественными показателями

древостоев были их средние значения: высота, диаметр, возраст преобладающей породы, состав и относительная полнота насаждения. В работе также были использованы следующие данные: 1) планы лесонасаждений масштаба 1:250 000 и лесотаксационные описания лесничеств РМЭ; 2) топографические карты масштаба 1:200 000; 3) данные Министерства лесного хозяйства РМЭ; 4) мультиспектральные данные высокого разрешения со спутников Rapid Eye (6 м/пикс) и Alos (10 м/пикс). Собранные сведения помогли создать ГИС-базу данных тестовых участков, репрезентативно представляющую все типы лесных насаждений (до 30 на каждый класс легенды) на всю территорию исследования.

Для работы были подобраны пять мультиспектральных снимков Landsat ETM+ , сделанные в летний период 2001 года. Подбор этой серии снимков в первую очередь был обусловлен отсутствием облачности над исследуемой территорией (рис. 1). Основным снимком Landsat ID: LE71720212001130SGS00, покрывающий большую часть Марийского лесного Заволжья, был произведен 10 мая 2001 года. Работа со снимками проводилась в программных пакетах ENVI-5.0 и ArcGIS-10. Спутниковые снимки прошли стандартный уровень 1G геометрической и радиометрической калибровки. Для формирования однородных изображений на исследуемую территорию для всех снимков Landsat была проведена атмосферная коррекция в модуле FLAASH программного комплекса ENVI-5.0.

В работе был применен метод преобразования Tasseled Cap («колпачок с кисточкой»), который является одним из эффективных методов обработки мультиспектральных снимков, позволяющим улучшить результаты дешифрирования характеристик физических свойств растительности. Этот алгоритм представляет собой эмпирическое линейное преобразование шести каналов мультиспектрально-

го изображения в три отдельных изображения (яркость, зеленость и влажность), обычно используемых при изучении растительного покрова [16, 17]. Преобразование Tasseled Cap можно рассматривать как обобщенный вариант метода главных компонент, который позволяет выполнять переход из пространства измерений спектральных характеристик объектов в пространство признаков, связанных со свойствами заданного класса объектов (рис. 2).

Пространство признаков (brightness – яркость, greenness – зеленость, wetness – влажность) при этом не содержит в себе новой информации об объектах, но позволяет наилучшим образом различать классы наземного покрова. В изображении ВGW каждому типу объектов соответствует определенный цвет (например, лиственная растительность представлена голубым тоном, а хвойная – более темными тонами).

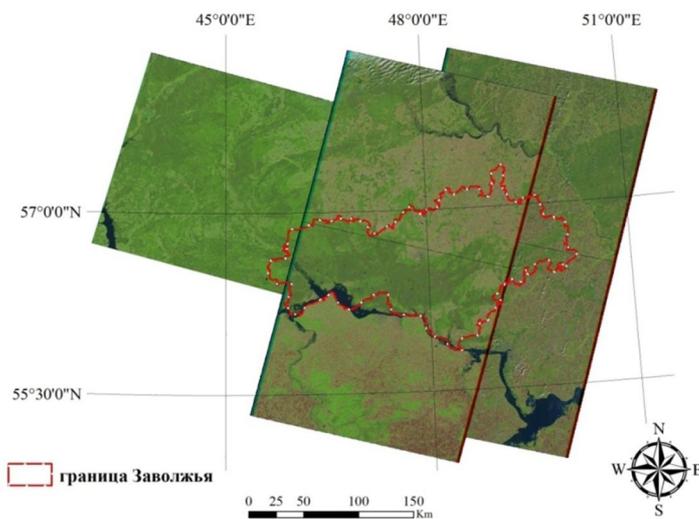


Рис 1. Бесшовная мозаика снимков Landsat ETM+ летнего периода 2001 года (синтез 1, 2 и 3 каналов)

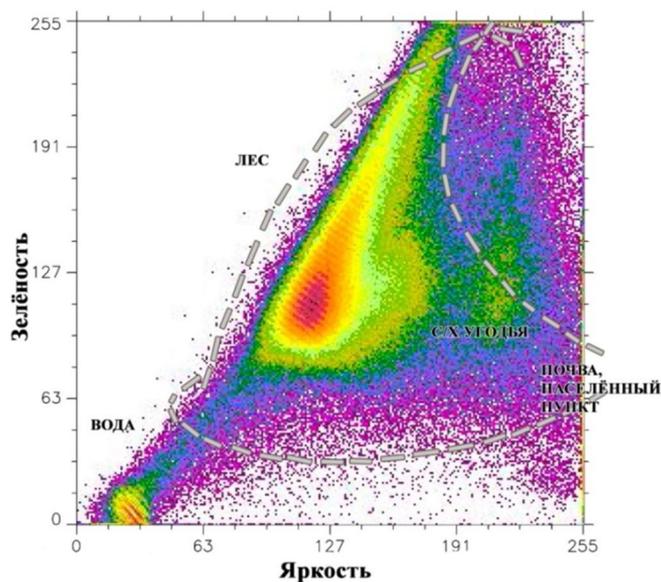


Рис. 2. Пространство признаков спектральных значений индексов Tasseled Cap для различных типов наземного покрова

На основе наших предыдущих исследований [18], разделимости спектральных классов и данных ГИЛ (государственной инвентаризации лесов) была создана легенда классов лесного покрова Марийского лесного Заволжья. Разработанные классы сравнивались с соответствующими стратами, применяющимися для стратификации лесов Российской Федерации при проведении государственной инвентаризации лесов [19]. Легенда карты включает 15 классов, образующих страты хвойных, лиственных и смешанных лесов, распределенных по возрасту, производительности и относительным полнотам, молодняки естественного и искусственного происхождения, а также прочие древесные породы и кустарники. Классы земель, не покрытые растительностью, были удалены в виде масок из тематической обработки.

При тематическом картировании для классификации спутниковых изображений использовался алгоритм неуправляемой классификации ISODATA, который позволил выделить пять классов основных видов наземного покрова для изучаемой территории. Это в свою очередь позволи-

ло выделить тематический слой (маску) лесного покрова, который в дальнейшем прошел процедуру управляемой классификации методом опорных векторов (SVM – Support Vector Machine) [20]. Метод SVM, основанный на работе не с центрами кластеров, а с их границами, позволяет максимально разделить изображение на различные страты, что также представляет собой большой потенциал для высокоточной классификации мультиспектральных данных ДЗЗ [21–23]. Пошаговая оценка точности классификации проводилась на основе коэффициентов матрицы различий (Confusion Matrix) и Каппа (Kappa Index), которые наиболее используются в современной научной литературе.

Результаты исследований. В результате классификации маски лесного покрова, полученной на снимках Landsat ETM+ 2001 г. с их последующей генерализацией и объединением близких по спектральным значениям классов в программном комплексе ArcGis-10, были получены тематические карты Марийского Заволжья для различных классов (страт) лесного покрова и определены их площади (рис. 3).

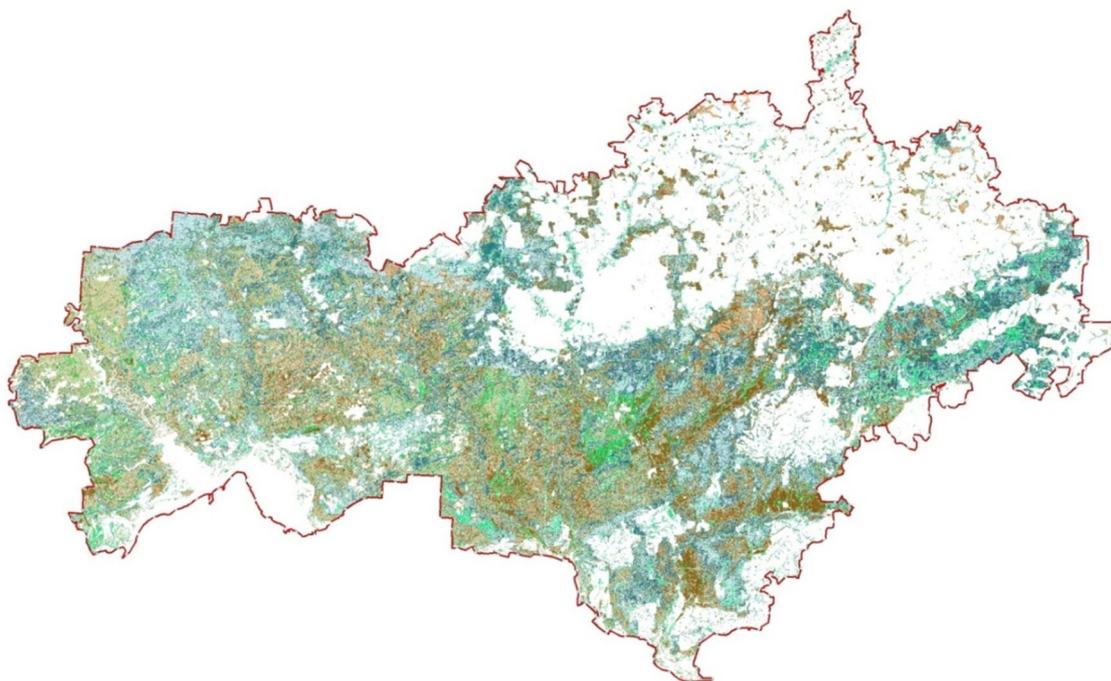


Рис. 3. Тематическая карта лесов Марийского Заволжья (классы легенды приведены в табл.)

Основные страты лесов Марийского Заволжья

Наименование класса по стратам	Цвет	Площадь	
		тыс. га	%
Хвойные спелые и перестойные высокопроизводительные, высокополнотные		217,9	15,8
То же, среднеполнотные		14,5	1,0
Хвойные спелые и перестойные среднепроизводительные, низкополнотные		11,2	0,8
Хвойные средневозрастные высокопроизводительные, высокополнотные		68,7	5,0
То же, среднеполнотные		121,6	8,8
Лиственные спелые и перестойные высокопроизводительные, высокополнотные		56,5	4,1
То же, среднеполнотные		140,5	10,2
Лиственные средневозрастные высокопроизводительные, среднеполнотные		225,4	16,3
Смешанные средневозрастные высокопроизводительные, высокополнотные		274,9	19,9
То же, среднеполнотные		106,8	7,7
Молодняки естественного и искусственного происхождения		139,9	10,1
Прочие древесные породы и кустарники		3,6	0,3
ИТОГО		1381,5	100,0

В целом по результатам исследований лесистость Марийского Заволжья составила 60,0 % (1381,5 тыс. га), что незначительно выше официальных данных (57 %)[24]. На все хвойные страты (без молодняков) приходится 433,9 тыс. га (31,4 %), лиственные (без молодняков) – 381,7 тыс. га (27,6 %) и смешанные насаждения – 381,7 тыс. га (27,6 %). Более половины от лесной площади приходится на средневозрастные и приспевающие насаждения (57,7 %, или 797,4 тыс. га). Значительная часть лесного фонда изучаемой территории (63,1 %) представлена среднеполнотными насаждениями. Низкополнотные насаждения в большей степени составляют хвойную страту (11,2 тыс. га), а на молодняки I группы приходится 10,1 % тыс. га. Полученные данные по распределению лесных страт по площади в целом соответствуют данным государственного справочника о лесном фонде Республики Марий Эл [25].

Проведенное исследование свидетельствует о том, что отдельные спек-

тральные индексы различных древесных пород показывают высокий уровень корреляции с возрастом насаждения (0,68 и выше). Данная связь имеет вид строгой обратной линейной зависимости, снижаясь с возрастом насаждения. Эти данные и полученные линейные зависимости уже на предварительном этапе обработки спутниковых данных позволяют выявлять тематические классы лесного покрова, которые достаточно хорошо выделяются при стандартном дешифрировании (классификации) наземного покрова. Тем не менее, наибольшее затруднение при обобщении классов (страт) в процессе управляемой классификации по методу опорных векторов вызвали пороговые значения спектральных яркостей между молодняками и средневозрастными (приспевающими) насаждениями. Для более детального исследования и выявления порогового значения делимости этих классов требуются дополнительные исследования с привлечением спутниковых снимков более высокого разрешения.

Оценка общей точности классификации и коэффициент Каппа составили 81,25 % и 0,78 соответственно, что свидетельствует о высокой достоверности полученных данных.

Выводы

1. Исследования показали значимость и высокую приемлемость данных среднего разрешения Landsat ETM+ и современных программных геоинформационных комплексов ENVI и ArcGIS для тематического картирования и стратификации лесов.

2. Комбинирование подходов по трансформации изображения методом Tasseled Cap «колпачка с кисточкой» и тематической классификации по методу

опорных векторов позволяет повышать разделимость классов наземного покрова на спутниковых снимках среднего разрешения.

3. Достоверность исследований и тематического картирования обеспечивают полевые материалы и данные лесоустройства. На каждый изучаемый класс (страту) приходится до 30 тестовых участков, что обеспечивает приемлемую точность работ.

4. Разработанная методика по тематическому картированию и стратификации насаждений будет полезна специалистам при государственной инвентаризации лесов, мониторинге за лесным фондом, лесоустройстве и научной деятельности.

Работа выполнена в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы, соглашение № 14.В37.21.1245 Министерства образования и науки Российской Федерации «Дистанционный мониторинг и прогнозирование состояния лесных насаждений по спутниковым снимкам» и тематического плана Министерства науки и образования РФ на 2012-2014 гг. «Оценка, мониторинг и прогнозирование биологической продуктивности лесов по данным спутниковой съемки».

Список литературы

1. Cohen, W.B. Estimating structural attributes of Douglas-fir/western hemlock forest stands from Landsat and Spot imagery / W.B. Cohen, T.A. Spies // Remote Sensing of Environment. – 1992. – No 41 (1). – P. 1–17.
2. Sivanpillai, R. Estimation of managed loblolly pine stand age and density with Landsat ETM+ data / R. Sivanpillai, T.S. Charles, R. Srinivasan, M.G. Messina, X.B. Wu // Forest Ecology and Management. – 2006. – No 223. – P. 247–254.
3. Jakubauskas, M.E. Empirical relationships between structural and spectral factors of Yellowstone Lodgepole pine forests / M.E. Jakubauskas, K.P. Price // Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. – 1997. – No 63. – P. 1375–1381.
4. Cohen, W.B. Modeling forest cover attributes as continuous variables in a regional context with Thematic Mapper data / W.B. Cohen, T.K. Maier-sperger, T.A. Spies, D.R. Oetter // International journal of remote sensing. – 2001. – No 22. – P. 2279–231.
5. Hyypä, J. Accuracy comparison of various remote sensing data sources in the retrieval of forest stand attributes / J. Hyypä, H. Hyypä, M. Inkinen, M. Engdahl, S. Linko, Y.H. Zhu // Forest Ecology and Management. – 2000. – No 128. – P. 109–120.
6. Hansen, M.J. Forest structure classification in the North Columbia mountains using the Landsat TM Tasseled Cap wetness component / M.J. Hansen, S.E. Franklin, C. Woudsma, M. Peterson // Canadian Journal of remote Sensing. – 2001. – No 27. – P. 20–32.

References

1. Cohen W.B., Spies T.A. Estimating structural attributes of Douglas-fir/western hemlock forest stands from Landsat and Spot imager. Remote Sensing of Environment. 1992. No 41 (1). P. 1–17.
2. Sivanpillai R., Charles T.S., Srinivasan R., et al. Estimation of managed loblolly pine stand age and density with Landsat ETM+ data. Forest Ecology and Management. 2006. No 223. P. 247–254.
3. Jakubauskas M.E., Price K.P. Empirical relationships between structural and spectral factors of Yellowstone Lodgepole pine forests. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 1997. No 63. P. 1375–1381.
4. Cohen W.B., Maier-sperger T.K., Spies T.A., Oetter D.R. Modeling forest cover attributes as continuous variables in a regional context with Thematic Mapper data. International journal of remote sensing. 2001. No 22. P. 2279–231.
5. Hyypä J., Hyypä H., Inkinen M., et al. Accuracy comparison of various remote sensing data sources in the retrieval of forest stand attributes. Forest Ecology and Management. 2000. No 128. – P. 109–120.
6. Hansen M.J., Franklin S.E., Woudsma C., Peterson M. Forest structure classification in the North Columbia mountains using the Landsat TM Tasseled Cap wetness component. Canadian Journal of remote Sensing. 2001. No 27. P. 20–32.

7. Gerylo, G.R. Empirical relations between Landsat TM spectral response and forest stands near Fort Simpson, Northwest Territories, Canada / G.R. Gerylo, R.J. Hall, S.E. Franklin, L. Smith // Canadian Journal of remote Sensing. – 2002. – No 28. – P. 68–79.
8. Zheng, D. Estimating aboveground biomass using Landsat 7 ETM+ data across a managed landscape in northern Wisconsin, USA / D. Zheng, J. Rademacher, J. Chen, et al. // Remote sensing of environment. – 2004. – No 93. – P. 402–411.
9. Tiwari, A.K. Mapping forest biomass through digital processing of IRS-1A data / A.K. Tiwari // International journal of remote sensing. – 1994. – No 15. – P. 1849–1866.
10. Bartalev, S.A. New SPOT4-VEGETATION derived land cover map of Northern Eurasia/ S.A. Bartalev, A.S. Belward, D. Ershov, A.S. Isaev // International Journal of Remote Sensing. – 2003. – Vol. 24. – P. 1977–1982.
11. Барталев, С.А. Разработка информационной системы поддержки мониторинга состояния и динамики наземных экосистем Северной Евразии по данным спутниковых наблюдений / С.А. Барталев, М.А. Бурцев, Е.А. Лупян и др. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2004. – № 1. – С. 131–139.
12. Aksenov, D. Atlas of Russia's Intact Forest Landscapes / D. Aksenov, D. Dobrynin, M. Dubinin, et al. // Biodiversity Conservation Center, Greenpeace Russia, International Socio-Ecological Union. – Moscow: World Resources Institute, 2002. – URL: http://pdf.wri.org/gfw_atlas_full.pdf
13. Курбанов, Э.А. Дистанционный мониторинг динамики нарушений лесного покрова, лесовозобновления и лесовосстановления в Марийском Заволжье / Э.А. Курбанов, Т.В. Нуреева, О.Н. Воробьев, и др. // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2011. – № 3 (13). – С. 17–24.
14. Воробьев, О.Н. Дистанционный мониторинг лесных гарей в Марийском Заволжье / О.Н. Воробьев, Э.А. Курбанов, А.В. Губаев, и др. // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2012. – № 1 (15). – С. 12–22.
15. Курбанов, Э.А. Оценка зарастания земель запаса Республики Марий Эл лесной растительностью по спутниковым снимкам / Э.А. Курбанов, О.Н. Воробьев, А.В. Губаев, и др. // Вестник Марийского государственного технического университета. – 2011. – № 3 (13). – С. 17–24.
7. Gerylo G.R., Hall R.J., Franklin S.E., et al. Empirical relations between Landsat TM spectral response and forest stands near Fort Simpson, Northwest Territories, Canada. Canadian Journal of remote Sensing. 2002. No 28. P. 68–79.
8. Zheng D., Rademacher J., Chen J., et al. Estimating aboveground biomass using Landsat 7 ETM+ data across a managed landscape in northern Wisconsin, USA. Remote sensing of environment. 2004. No 93. P. 402–411.
9. Tiwari A.K. Mapping forest biomass through digital processing of IRS-1A data. International journal of remote sensing. 1994. No 15. P. 1849–1866.
10. Bartalev S.A., Belward A.S., Ershov D., Isaev A.S. New SPOT4-VEGETATION derived land cover map of Northern Eurasia. International Journal of Remote Sensing. 2003. Vol. 24. P. 1977–1982.
11. Bartalev S.A., Burtcev M.A., Lupyan E.A., et al. Razrabotka informatsionnoi sistemi podderzhki monitoringa sostoyaniya i dinamiki nazemnikh ekosistem Severnoi Evrazii po dannim sputnikovikh nabludenii [Development of information system for supporting monitoring of conditions and dynamics of terrestrial ecosystems in Northern Eurasia on the base of satellite observations]. Sovremennye problemi distantsionnogo zondirovaniya zemli iz kosmosa [Actual problems in remote sensing of the Earth from space]. 2004. No 1. P. 131–139.
12. Aksenov D., Dobrynin D., Dubinin M. Atlas of Russia's Intact Forest Landscapes. Biodiversity Conservation Center. International Socio-Ecological Union, World Resources Institute, Moscow, Russia. – 2002. – URL: http://pdf.wri.org/gfw_atlas_full.pdf
13. Kurbanov E.A., Nureeva T.V., Vorobyev O.N., etc. Distantsionnyy monitoring dinamiki narusheniya lesnogo pokrova, lesovozobnovleniya i lesovostanovleniya v Mariyskom Zavolzh'e [Remote Monitoring of Dynamics of Forest Cover Disturbances, Afforestation and Reforestation in Mari Zavolgie]. Vestnik MarGTU. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie [Vestnik of MarSTU, Series: Forest. Ecology. Nature Management]. 2011. No 3(13). P. 17–24.
14. Vorobyev O.N., Kurbanov E.A., Gubaev A.V., etc. Distantsionnyy monitoring lesnykh garey v Mariyskom Zavolzh'e [Remote Monitoring of Burnt areas in Mari Zavolgie]. Vestnik MarGTU. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie [Vestnik of MarSTU, Series: Forest. Ecology. Nature Management]. 2012. No 1 (15). P. 12–22.
15. Kurbanov E.A., Vorobyev O.N., Gubaev A.V., etc. Otsenka zarastaniya zemel zapasa Respubliki Mariy El lesnoy rastitelnostyu po sputnikovym snimkam [Assessment of Forest invasion on Reserve Lands of the Republic Mari El by Satellite Images]. Vestnik

ситета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование.– 2010. – № 2(9). – С. 14-20.

16. *Crist, E.P.* A TM tasseled cap equivalent transformation for reflectance factor data / E.P. Crist // Remote Sensing of Environment. – 1985. – No 17. – P. 301-306.

17. *Healey, S.P.* Comparison of Tasseled Cap-Based Landsat Data Structures for Use in Forest Disturbance Detection / S.P. Healey, W.B. Cohen, Y. Zhiqiang, O. Krankina // Remote Sensing of Environment. – 2005. – No 97. – P. 301 – 310.

18. *Губаев, А.В.* Классификация наземного покрова Среднего Поволжья по спутниковым снимкам среднего разрешения / А.В. Губаев, Э.А. Курбанов, О.Н. Воробьев, и др. // Лесные экосистемы в условиях изменения климата: биологическая продуктивность и дистанционный мониторинг. Материалы международного научно-практического семинара [Электронный ресурс]. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2011. – С.7-19. URL: <http://csfm.marstu.net/publications.html>

19. *Методические рекомендации по проведению государственной инвентаризации лесов: утверждены приказом Рослесхоза от 10.11.2011 № 472* // [Электронный ресурс]. – 2011. Режим доступа: <http://www.rosleshoz.gov.ru/docs/leshoz/199> (дата обращения 25.08.2013).

20. *Vapnik, V.N.* The Nature of Statistical Learning Theory / V. N.Vapnik. – 2nd edition. – New York: Springer-Verlag, 2000. – 314 p.

21. *Sluiter, R.* Comparing techniques for vegetation classification using multi- and hyperspectral images and ancillary environmental data / R. Sluiter, E.J. Pebesma // International Journal of Remote Sensing. – 2010. – Vol. 31, No 23.– P. 6143-6161.

22. *Townshend, J.R.* Global characterization and monitoring of forest cover using Landsat data: opportunities and challenges / J.R. Townshend, J.G. Masek, C. Huang, E.F. et al. // International Journal of Digital Earth. – 2012. – Vol. 5, No. 5. – P. 373-397.

23. *Крылов, А.М.* Выявление и оценка площадей катастрофических ветровалов 2009-2010 гг. по данным космической съемки / А.М. Крылов, Е.Г. Малахова, Н.А. Владимирова // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – СПб.: СПб ГЛТУ. – 2012. – Вып. 200.– С. 197-207.

24. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Марий Эл в 2000 году. – Йошкар-Ола: Министерство при-

MarGTU. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie [Vestnik of MarSTU, Series: Forest. Ecology. Nature Management]. 2010. No 2(9). P. 14-20.

16. *Crist E.P.* A TM tasseled cap equivalent transformation for reflectance factor data. Remote Sensing of Environment. 1985. No 17. P. 301-306.

17. *Healey S.P., Cohen W.B., et al.* Comparison of Tasseled Cap-Based Landsat Data Structures for Use in Forest Disturbance Detection. Remote Sensing of Environment. 2005. No 97. P. 301 – 310.

18. *Gubaev A.V., Kurbanov E.A., Vorobyev O.N. et al.* Klassificaciya nazemnogo pokrova Srednego Povolgiya po sputnikovim snimkam srednego razresheniya [Classification of land cover in Middle Zavolgie by satellite imagies of middle resolution]. Lesnie ecosystemy v usloviyah izmeneniya klimata: biologicheskaya productivnost i distancionnii monitoring. Materiali mezhdunarodnogo nauchno-practicheskogo seminarara [Forest ecosystems in the conditions of climate change: biological productivity and remote sensing. Proceedings of international scientific-practical seminar] Yoshkar-Ola: MarSTU. 2011. C. 7-19. <http://csfm.marstu.net/publications.html>

19. *Metodicheskiye rekomendacii po provedeniyu gosudarstvennoi inventarizacii lesov: utverzdeni prikazom Rosleshoza 10.11.2011 № 472* [Methodological recommendations for carrying out state forest inventory: approved by the order of Rosleshoz 10.11.2011 № 472]. 2011. <http://www.rosleshoz.gov.ru/docs/leshoz/199> (reference date: 25.08.2013).

20. *Vapnik V.N.* The Nature of Statistical Learning Theory. 2nd edition. New York: Springer-Verlag. 2000. 314 p.

21. *Sluiter R., Pebesma E.J.* Comparing techniques for vegetation classification using multi- and hyperspectral images and ancillary environmental data. International Journal of Remote Sensing. 2010. Vol. 31. No 23. P. 6143-6161.

22. *Townshend J.R., Townshend J.R., Masek J.G., et al.* Global characterization and monitoring of forest cover using Landsat data: opportunities and challenges. International Journal of Digital Earth. Vol. 5, No. 5. 2012. P. 373-397.

23. *Krilov A.M, Malakhova E.G., Vladimirova N.A.* Viyavlenie i otenka ploshadei katastroficheskikh vetrovalov 2009-2010 po dannim kosmicheskoi syemki [Determination and estimation of catastrophic wind thrown areas by space images]. Izvestiya Sankt-Peterburgskoi lesotechnicheskoi akademii [Proceedings of Saint-Petersburg forest academy]. SPbGLTU. No 200. 2012. P. 197-207.

24. Gosudarstvenniy doklad o sostoyanii okruzhayushei proronoi sredi Respubliki Mari El v 2000 godu [State report on environment in Republic Mari El

родных ресурсов РФ, Комитет природных ресурсов по Республике Марий Эл, 2001. – 151 с.

25. Лесной фонд России (по данным государственного учета лесного фонда по состоянию на 01.01.1998 г.): Справочник / Под редакцией В.В. Страхова и др. – М.: ВНИИЦлесресурс, 1999. – 650 с.

in 2000]. Yoshkar-Ola. Ministerstvo prirodnikh resursov RF. Komitet prirodnikh resursov po respublike Mari El [Yoshkar-Ola. Ministry of natural resources of RF. Committee of natural resources of Republic Mari El]. 2001.151 p.

25. Lesnoi fond Rossii (po dannim gosudarstvennogo ucheta lesnogo fonda po sostoyaniyu na 1.01.1998) [Forest fund of Russia (data of the state report on forest fund for the 1.01.1998)]. VNIIT-Clesresurs. 1999. 650 p.

Статья поступила в редакцию 08.07.13.

КУРБАНОВ Эльдар Аликрамович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесоводства, руководитель международного Центра устойчивого управления и дистанционного мониторинга лесов, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – устойчивое управление лесами, дистанционное зондирование земли, биологическая продуктивность лесных экосистем, депонирование углерода лесными экосистемами, леса Киото. Автор более 120 научных и учебно-методических работ.

E-mail: kurbanovea@volgatech.net

ВОРОБЬЕВ Олег Николаевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – дистанционное зондирование лесов, депонирование углерода лесными экосистемами, мониторинг лесных экосистем. Автор более 50 научных и учебно-методических работ.

E-mail: vorobievon@volgatech.net

НЕЗАМАЕВ Сергей Александрович – аспирант кафедры лесоводства, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – дистанционное зондирование лесов, биологическая продуктивность лесов. Автор 15 публикаций.

E-mail: nezamayeysa@volgatech.net

ГУБАЕВ Александр Владимирович – соискатель кафедры лесоводства, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – дистанционное зондирование земли, биологическая продуктивность лесных экосистем. Автор 15 публикаций.

E-mail: galex@volgatech.net

ЛЕЖНИН Сергей Анатольевич – специалист Центра устойчивого управления и дистанционного мониторинга лесов, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – дистанционное зондирование земли, биологическая продуктивность лесных экосистем. Автор 34 публикаций.

E-mail: lejninsa@volgatech.net

ПОЛЕВЩИКОВА Юлия Александровна – программист кафедры лесоводства, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – дистанционное зондирование земли, биологическая продуктивность лесных экосистем. Автор 15 публикаций.

E-mail: polevshikovaya@volgatech.net

KURBANOV Eldar Alikramovich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Chair of Forestry, Head of the Centre of Sustainable Forest Management and Remote Sensing, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Research interests – sustainable forest management, remote sensing, biological productivity of forest ecosystems, carbon sequestration by the forest ecosystems, Kyoto forests. The author of more than 120 scientific publications and textbooks.

E-mail: kurbanovea@volgatech.net

VOROBYEV Oleg Nikolayevich – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Chair Forestry, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Research interests – forest remote sensing, carbon sequestration by the forest ecosystems, forest ecosystems monitoring. The author of more than 50 scientific publications and textbooks.

E-mail: vorobievon@volgatech.net

NEZAMAIEV Sergey Alexandrovich – Postgraduate Student at the Chair Forestry, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Research interests – forest remote sensing, biological productivity of forests. The author of 15 publications.

E-mail: nezamayevs@volgatech.net

GUBAYEV Aleksandr Vladimirovich – PhD student of the forestry Chair, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Research interests – forest remote sensing, biological productivity of forests. The author of 15 publications.

E-mail: galex@volgatech.net

LEZHININ Sergey Anatolyevich – Specialist of the Centre of sustainable forest management and remote sensing, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Research interest – forest remote sensing, biological productivity of forests. The author of 34 publications.

E-mail: lejninsa@volgatech.net

POLEVSHCHIKOVA Yuliya Alexandrovna – Programmer at the Chair of Forestry, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Research interest – remote sensing, biological productivity of forest ecosystems. The author of 15 publications.

E-mail: polevshikovaya@volgatech.net

*E. A. Kurbanov, O. N. Vorobyev, S. A. Nezamayev,
A. V. Gubayev, S. A. Lezhnin, Y. A. Polevshikova*

THEMATIC MAPPING AND STRATIFICATION OF FORESTS IN MIDDLE ZAVOLSGIE BY LANDSAT SATELLITE IMAGES

Key words: *thematic mapping; forest stands; remote sensing; Landsat satellite images, GIS, monitoring of forests.*

A new methodology of thematic mapping of forest cover on the base of Landsat satellite images with identification of classes by forest species, age and basal area of the forest fund was developed. Thematic mapping is based on the complex approach with the use of tasseled cap transformation of satellite images and more advanced identification of the land cover classes by the method of support vector machine of the unsupervised classification. The developed methodology was applied and estimated on the territory of Mari forest Zavolgie on the base of satellite images of 2001. Accuracy assessment of the thematic mapping based on the test sites and materials of forest inventory showed high validation of the developed maps ($\kappa = 0,78$). The research shows that some spectral indexes showed high correlation with the stand age (coefficient is 0,68 and higher). The forest cover area in Middle Zavolgie is 60,0 %, which is a bit higher than official data (57 %). All conifer thematic classes (without the young trees) consist of 433,9 thousand ha (31,4 %) of the forested area, broadleaved species – 381,7 thousand ha (27,6 %) and mixed stands - 381,7 thousand ha (27,6 %). Important part of the forested area in Middle Zavolgie is represented by the stands with middle values of basal area (57,7 %). Stands with small values of basal area are represented by the conifer classes (11,2 thousand ha), while young trees of I class constitute 10,1 % of the investigated territory. All received results on the thematic forest classes with the use of satellite Landsat images are basically coincide with the data of official statistics of forest inventory for the Republic Mari El.

УДК 632.03

И. А. Алексеев, А. В. Захаров, О. Н. Гусева

ВЛИЯНИЕ ПОДТОПЛЕНИЯ ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА НА ЛЕСОПАТОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДРЕВОСТОЕВ

Приводятся результаты лесопатологического мониторинга лесов в зоне подтопления Чебоксарского водохранилища. Выявлено увеличение заболеваний абиотического порядка и случайного отпада деревьев в результате изменения ветрового режима и чрезмерного увлажнения почвы. Отмечено изменение видового состава дереворазрушающих грибов. Установлены наиболее характерные признаки адаптации пород к подтоплению.

Ключевые слова: лесопатологический мониторинг; корневые гнили; естественный, патологический и случайный отпады; отпады пород в зависимости от стадий подтопления; факультативные сапротрофы; энтомовредители; ход стабилизации.

Введение. Строительство крупных гидроэлектростанций на равнинных реках с густо населенными берегами создает острые социальные и экологические проблемы. Левый берег водохранилища Чебоксарской гидроэлектростанции сложен легко фильтрующимися песчаными и супесчаными почвами на большую глубину территории, а правый берег – юрскими и пермскими отложениями с высоким содержанием легко растворимых кальциево-магниево-сульфатных солей [1–3]. Многолетний лесопатологический мониторинг, организованный со дня заполнения Чебоксарского водохранилища И. А. Алексеевым, выявил кризисные явления в состоянии лесов не только прибрежной зоны, но и вглубь территории западной части Республики Марий Эл [4–6]. Исследования указанных авторов показали, что процесс негативного влияния уровня водохранилища на отметке 63 м носит длительный характер и требует продолжения экологического и лесопатологического мониторинга, в частности. Мониторинг должен вестись по единой методике по суще-

ственным негативным параметрам, не вдаваясь в изучение несущественных деталей [4–7]. Так, исследуя лесопатологические характеристики насаждений, другие авторы определяли процент зараженности количества деревьев без учета категорий состояния, запаса, сравнения с нормативными параметрами жизнеспособности, фауности, отпада деревьев взятием кернов, хотя их можно оценить использованием детальных объемных классов бонитета. Не изучены параметры адаптации деревьев к длительным воздействиям негативных внешних факторов.

Цель исследования – выявить тенденции изменения санитарных характеристик насаждений для оценки их устойчивости к подтоплению и рекомендовать наиболее целесообразные структуры насаждений для различных почвенно-гидрологических условий подзон подтопления водохранилищем Чебоксарской ГЭС.

Методика исследования. В основу лесопатологического мониторинга принята унифицированная методика, разрабо-

танная И. А. Алексеевым и одобренная на Первой Всесоюзной конференции по проблемам лесопатологического мониторинга в 1991 году. Эта методика включает: порядок сбора полевой информации по маршрутно-детальным обследованиям участков, дифференцированный подход к установлению категорий состояния деревьев, учет и оценку фаутов по десяти группам причин их происхождения, оценка отпада по трем группам причин образования, расчет естественного отпада и нормального отпада с учетом лесоводственных вмешательств. По собранным материалам производится расчет уровня биологического разнообразия, эффективной фитомассы, показатели расстроенности и устойчивости, а также оценка прогнозной характеристики по 23 параметрам. Для всех учитываемых параметров негативного воздействия установлены оценочные шкалы. Такая унификация позволяет одинаково оценивать мониторинговые данные разных авторов по установлению как статического санитарного состояния, так и тенденций изменения его, включая адаптационные процессы и экологические характеристики.

Результаты и обсуждение. Подтопление водами искусственно созданных водохранилищ с уровнем воды выше уровня максимального половодья вызывает стабильное повышение уровня грунтовых вод. Левый берег крупных рек характерен отложениями несвязных песчаных почв на большую глубину территории. По В. А. Афанасьеву и А. Г. Емельянову [8], а также О. Н. Гусевой [6], вследствие этого подтопление по левому берегу распространяется от уреза воды до 20 км. Это положение подтвердилось и при наших исследованиях. Но в условиях Марийской низменности воды водохранилища глубоко зашли вглубь территории Марий Эл по руслам впадающих в Волгу рек и их притоков. Так, урез воды реки Арды у пос. Алешкино, в 5 км от водохранилища, поднялся до 63-й отметки. В литературе

[8] принято делить зону подтопления на три подзоны: **сильную**, с уровнем грунтовых вод до 0,5 м, **умеренную**, с уровнем 0,5–1,0 м и **слабую** – с уровнем более 1 м. Наиболее протяженной оказалась слабая подзона подтопления С учетом состава адаптированной растительности число подзон (стадий) подтопления мы увеличили до пяти:

1) подзона капиллярного подъема грунтовых вод с устойчивым обеспечением влажности почвогрунта в свежем состоянии. Соответствует зеленомошниковому типу леса. Сосновые культуры на таких почвах легко поражаются корневой губкой;

2) подзона влажной почвы (рис. 1). Соответствует чернично-долгомошниковым типам леса, с начавшимся в корнеобитаемом слое оглеением почвы. В живом напочвенном покрове начинают преобладать гигрофильные растения. Им соответствуют крушиновые, чистотеловые и волнисто-моховые типы зарастания очагов усыхания от корневой губки;

3) подзона преобладания сырых почв (рис. 2). Соответствует осоковым и сфагновым типам леса. В живом напочвенном покрове открытых мест преобладает болотная осока. По микропонижениям появляются пятнами типичные болотные растения – тростник, рогоз и камыш. Типичные участки черноольхово-березово-осиновых насаждений высоких полнот. Встречается ослабленная избытком влаги ель;

4) подзона мокрых почв (рис. 3). Заняты черноольховыми насаждениями с уровнем грунтовых вод 0,2–0,6 м. Встречаются единичные деревья березы пушистой, вяза гладкого, ветлы. В подлеске заросли кустарниковых ив. Подзона характерна для островных лесов и черноольховых заболоченных лесов поймы до затопления;

5) подзона с поверхностными зеркалами воды 50 % и более. Разрушающиеся низкополнотные островные ветляники и черноольховые насаждения. Сплошные заросли кустарниковых ив (рис. 4).

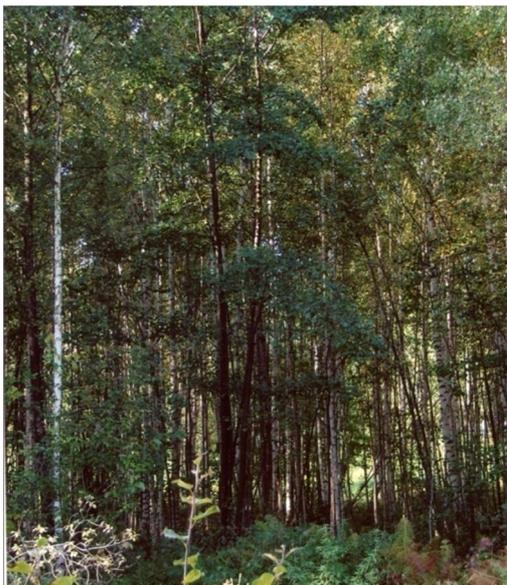


Рис. 1. Вторая подзона влажной почвы



Рис. 2. Третья подзона преобладания сырых почв



Рис. 3. Четвертая подзона мокрых почв



Рис. 4. Пятая подзона с поверхностными зеркалами воды 50 % и более

Как видно из табл. 1, по мере повышения уровня грунтовых вод изменяются состав и производительность древостоев. Изменяется степень поражения корневой губкой. Уменьшается доля запаса жизнеспособных деревьев, повышается доля усыхающих и свежесухих деревьев по запасу, которые снижают индекс жизнеспособности и повышают индекс потери жизнеспособности породы и древостоя. С учетом процента жизнеспособных деревьев по запасу от суммы растущего запаса

со свежим отпадом, индексов жизнеспособности и потери жизнеспособности по формуле Алексеева – Кусакина определялся коэффициент жизнеспособности. При значении этого коэффициента более 85 оценивается лучшая сохранность породы и древостоя с лучшей категорией состояния, 45–84 – хорошая сохранность породы и древостоя, 15–44 – удовлетворительная сохранность, 5–14 – неудовлетворительная сохранность, 1–5 – плохая и менее 1 – преобладание сильно ослаблен-

ных, усыхающих и свежеусохших деревьев породы и преобладание в древостое низких категорий состояния всех пород.

Коэффициент стабильности состояния вычислялся по формуле И. А. Алексева по произведению семи положительных параметров, деленному на сумму шести отрицательных параметров и произведение десяти отрицательных показателей уровня разрушения древостоя. При значении этого коэффициента более 10000 – состояние породы оценивается как лучшее с очень высоким уровнем жизнеспособности, от 1000 до 10000 – с высоким,

от 100 до 1000 – удовлетворительным, 10 – 100 – неудовлетворительным, от 1 до 10 – плохим уровнем жизнеспособности. Значение коэффициента менее 1 характеризует состояние выпадения породы и разрушенное состояние древостоя.

Категорию «Высокий уровень стабильности состояния» характеризовали:

- оптимальная полнота, высокий процент жизнеспособных деревьев по запасу;
- высокий показатель уровня биологического разнообразия (от 6 и выше);
- наличие и возможность обеспечения после рубки благонадежного подроста;

Таблица 1

Показатели жизнеспособности и производительности подтопленных насаждений

№ уч - ка	Состав*	А, лет	Запас, м ³ /га	Подзона	Жизнеспособные деревья, %	Индекс жизнеспособности	Индекс потери жизнеспособности	Коэффициент жизнеспособности	Коэф. стабильности санит. состояния
938	10 Ск	45	141	2	48,1	57,9	9,38	5,48	11-неуд 102-уд.
	Очаг	45	284	2	60,2	73,1	2,32	27,8	
939	10 Ск	40	181	1	31,9	38,3	27,1	1,26	0,5-разр. 247-уд.
	Очаг	40	296	1	61,8	78,9	1,89	35,7	
940	10 Сс	35	210	1	80,8	85,1	0,22	371	1210-хор.
942	7,8Ск	50	301	1	86,2	89,4	0,46	190	964-уд 1479-хор.
	2,2Бс	45	113	1	80,8	85,8	0,38	217	
945	4,6Ес	120	22	3	0	13,8	17,0	0,21	0,02-разр. 106-уд 757-уд 1256-хор
	3,5Ббс	80	17	3	30,8	45,3	2,33	15,3	
	1,8Бпс	25	8	3	39,8	58,8	1,28	36,0	
	0,1Втл	25	1	3	50,0	63,0	1,00	54,3	
949	9,0Олч 0,9Бпс 0,1Втл	25**	80	4	33	45	3,4	10,3	81-неуд
950	6Олч 4Втл	25**	60	5	25,1	31,2	4,2	6,4	14-неуд
980	5,8Дс	150	164	3-4	42,6	56,3	3,52	13,4	87-неуд 109 уд 71-неуд 351-уд 289-уд
	2,6Лпс	90	76	3-4	36,2	44,9	2,56	15,3	
	0,8Ббс	90	23	3-4	47,6	53,2	4,11	12,0	
	0,5Взс	90	14	3-4	67,3	76,8	1,67	42,1	
	0,3Олсс	90	9	3-4	71,4	89,2	1,13	35,2	

Примечания: * Ск – сосновая культура, Сс – сосна семенного происхождения, Ббс – береза повислая семенного происхождения, Взс – вяз семенного происхождения, Бпс – береза пушистая семенного происхождения, Олсс – ольха серая семенного происхождения. Расшифровки значений коэффициента стабильности состояния породы и древостоя: хор. – хорошее, уд. – удовлетворительное, неуд. – неудовлетворительное, пл. – плохое состояние, разр. – порода полностью выпадает, разрушенное состояние древостоя.

**Средние значения по выделу.

- малые размеры свежего и годовичного отходов (с преобладанием запаса экземпляров естественного отпада) относительно растущего запаса;

- фаутичность на уровне 5 % и ниже – для хвойных пород и 6–7 % – для лиственных;

- не относились к потенциальным очагам болезней и вредителей;

- не испытывали разнообразные негативные (техногенные, рекреационные, сельскохозяйственные, транспортные и прочие антропогенные) нагрузки.

Но таким условиям, как видно из приведенных данных, древостои, как левобережья водохранилища, так и правобережья, не отвечают. Повысился отпад деревьев, составляющих основной ярус древостоя. Большая часть подтопленных лесов – это не только древостои, возникшие после сведения леса между отметками 63 – 68 м, но и на отдалении от водохранилища по берегам притоков Волги, расположенные между горизонталями 68 – 70 м на левом берегу и 68 – 100 м – на правом.

До заполнения водохранилища на левом берегу над уровнем моря 64 м и выше росли высокопроизводительные сосняки, которые со времен Петра I относились к корабельным лесам, с высокими качественными характеристиками. В связи с хозяйственной неопределенностью после строительства ГЭС островные и прибрежные леса в течение 30 лет оказались беспризорными. В них санитарные мероприятия не проводились, процветали самовольные порубки, захламленность. В обследованных лесах по сравнению с нормативным уровнем скопился большой запас старого сухостоя на корню. В обследованных лесничествах в зоне подтопления запас валежника на 1 га доходил до 50–80 м³. Вспышка поражения корневой губкой одновременно сопровождалась с увеличением численности стволовых вредителей – большого соснового лубоеда (*Tomicus piniperda* L.), черного соснового

усача (*Monochamus galloprovincialis* Oliv.), синей сосновой златки (*Melanophila carynea* Fabr.), вершинной смолевки (*Pissodes piniphilus* Hbst.), стволовой смолевки (*P. pini* L.) [8]. Ель сильно повреждалась пихтовой смолевкой (*Pissodes picea* Ill.) и малым черным усачом. Осину и иву сильно повреждал древоточец пахучий (*Cossus cossus* L.), березу – березовый заболонник (*Scolytus ratzerburgi* Jans.). На вязе меньше встречались заболонники – струйчатый (*Scelitus multistratus* Marsch.) и разрушитель (*S. scolitus* F.) – переносчики голландской болезни. Объедание хвои и листвы листогрызущими вредителями в зоне подтопления за 30 лет наблюдений не имело существенного значения.

Возбудители грибных болезней были более привязаны экологически к подзонам подтопления. Поражение сосновых культур корневой губкой (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) относилось к первой и второй подзонам подтопления, опенка осеннего (*Armillaria mellea* (Vahl. ex Fr.) Karst.) – к 1 – 4 подзонам. Деревья березы по мере приближения к воде больше разрушались бурой трещиноватой гнилью от березовой губки (*Piptoporus betulinus* (Bull.:Fr.) P. Karst.) и *Daldinia concentrica* de Not., ольхи черной – заболонной гнилью от лучевого трутовика (*Inonotus radiatus* (Sowbery: Fr.) P. Karst.). Поражение белой мраморной гнилью от настоящего трутовика (*Fomes fomentarius* (L.: Fr.) Fr.) было почти одинаковым при всех уровнях грунтовых вод. Но мраморная гниль имела меньшие размеры, а базидиома быстро разрушалась. Гриб *Vjerkandera adusta* (Willd.: Fr.) Nobies больше поражал деревья в третьей подзоне, лучевой трутовик *Inonotus radiatus* – в четвертой и сумчатый гриб *Valsa sordida* Nits. – в пятой. Встречаемость поражения зависит от доли участия поражаемой породы в составе древостоя. Причем набор влаголюбивых ксилофагов в подтопленных лесах был существенно меньшим, чем при постоянном произрастании пород во влажных условиях.

Адаптация грибов-ксилофагов к изменению влажности субстрата происходила быстрее и без существенных потерь, чем адаптация древесных пород. Избыток влаги вызывал гниль корней деревьев, поэтому в нагорной стороне из 147, учтенных выше уровня водохранилища 20–40 м, 56 дубов из-за гнили корней склонились к реке под углом более 30 градусов. Более всего от подтопления здесь пострадали липа и береза, которые сползали к водохранилищу. Лучше чувствовали себя вяз голый и ольха серая. Отдельные деревья ольхи серой имели высоту 25 м при диаметре ствола на 1,3 м – 28 см.

Лесопатологическая таксация участков показала повышенные параметры отпада (табл. 2). В связи с тем, что в лесах в недавнем прошлом проводились рубки ухода, угнетенный ярус и выпадающие при естественном изреживании деревья были представлены в меньшем количестве, за основу сравнения мы взяли нормальный отпад, то есть отпад, скорректированный на вид и время рубки ухода. Нормальный годичный отпад вычислялся делением запаса на коэффициент нормального отпада. Соответственно определялись нормативные уровни свежего (умножение годичного отпада на три) и наличного (умножением свежего отпада на 1,2) отпадов. По уборке отпада за последние годы контрольные и подтопленные участки не отличались.

Приведенные в табл. 2 данные подтверждают негативное влияние на санитарное состояние лесов подтопления даже на современном уровне водохранилища 63 м. Происходит нежелательная перестройка состава насаждений за счет увеличения доли малоценных и фаутных насаждений. За счет завышенного отпада идет снижение общей полноты древостоя. Если сравнить одинакового возраста насаждения, то в 35 лет сырораствующий запас составит в неподтопленных насаждениях – 220 м³/га, в первой подзоне

подтопления – 210 м³/га, второй – 190 м³/га, третьей – 130 м³/га, четвертой – 95 м³/га и в пятой – 60 м³/га. Наивысшая захламленность отпадом древесных пород приходится на четвертую и пятую подзоны подтопления (до 80 м³/га), наивысший наличный отпад – на первую и вторую подзоны подтопления. В первой подзоне очаги усыхания от корневой губки остаются в хронически действующем состоянии, во второй большая часть очагов уже относится к затухающим. С увеличением подзоны подтопления резко падает стоимостный коэффициент кубометра древесины. В третьей подзоне полностью выпали имевшиеся единичные экземпляры сосны, стала выпадать значительная часть елей. В четвертой подзоне подтопления ель в составе древостоев отсутствует.

Адаптация к резко изменившимся условиям влажности у хвойных древостоев идет значительно хуже, чем у лиственных пород. Из-за усиления ветрового режима резко увеличивается доля случайного отпада – ветровала и бурелома. В островных лесах случайный отпад доходит до 70 % растущего запаса. Буреломность березы увеличивается повышением размеров центральной белой полосатой гнили от скошенного трутовика (чаги), средняя протяженность которой, вместо 5–6 м в неподтопленных лесах, доходит до 11 м. Буреломность липы увеличивается из-за поражения центральными белыми полосатыми гнилями от чешуйчатого и кленового трутовиков, которые в неподтопленных лесах встречаются сравнительно редко.

В июле–августе в подзоне с открытыми зеркалами воды, заполненными топляками, идет усиленное развитие видов сине-зеленых водорослей из родов *Anabaena*, *Gloeocapsa*, *Merismopedia*, *Stigonema* и др. Их развитию способствовал озерный тип водохранилища в пределах территории Марий Эл.

Таблица 2

Сравнение фактического годового отпада насаждений с нормативным

№ уч-ков	Состав	Возраст, лет	Нормативные отпады, м ³ /га			Фактические отпады, м ³ /га			Отклонение годового отпада от нормативного
			наличный	свежий	годовой	наличный	свежий	годовой	
Без подтопления									
19	9С	60	9,31	7,76	2,59	20,0	16,7	5,6	в 2,1 раза выше в 1,7 раза ниже в 2,0 раза выше
	1Б	40	0,87	0,73	0,24	0,50	0,42	0,14	
	Итого		10,18	8,49	2,83	20,5	17,1	5,74	
21	9С	60	7,48	6,23	2,08	17,50	14,6	4,86	в 2,3 раза выше отпада нет в 2 раза выше
	1Б	40	1,05	0,87	0,29	0	0	0	
	Итого		8,53	7,10	2,37	17,50	14,6	4,86	
1 подзона подтопления									
1	10С	33	8,10	6,75	2,25	71,7	30,5	10,15	в 4,5 раза выше отпада нет в 4,4 раза выше
	ед,Б	30	0,28	0,24	0,07	0,2	0	0	
	Итого		9,38	6,99	2,32	71,9	30,5	10,15	
3	10С	40	4,28	3,57	1,19	194,4	107	41,01	в 34 раза выше
4	10С	35	5,40	4,50	1,50	145,6	100	33,33	в 22,2 раза выше
5	9С	30	6,52	5,43	1,81	133,0	25,2	8,41	в 4,6 раза выше отпада нет в 3,6 раза выше
	1Б	30	1,91	1,59	0,93	0	0	0	
	Итого		8,43	7,02	2,34	133,0	25,2	8,41	
6	8С	40	9,49	7,91	2,69	89,7	40,2	13,4	в 5 раз выше отпада нет в 3,6 раза выше
	2Б	40	3,98	3,32	1,11	0	0	0	
	Итого		13,47	11,23	3,74	89,7	40,2	13,4	
7	5С	46	3,94	3,28	1,09	87,32	28,4	11,91	в 10,9 раза выше отпада нет в 5,2 раза выше
	5Б	46	4,31	3,59	1,20	0	0	0	
	Итого		8,25	6,87	2,29	87,32	28,4	11,91	
10	8Лп	80	10,24	8,54	2,85	8,00	8,00	2,67	уровень ест. изр-я отпада нет отпада нет уровень ест. изр-я
	1С	150	0,54	0,45	0,150,0	0	0	0	
	1Б	80	0,37	0,31	10	0	0	0	
	Итого		11,13	9,30	3,10	8,00	8,00	2,67	
15	10С	45	7,97	6,65	2,22	35,00	2,92	0,97	уровень ест. изр-я
16	1яр 5Е	70	4,95	4,12	1,38	14,50	12,1	4,03	в 2,9 раза выше задержанный отпад отпада нет уровень естественного изреживания отпада нет отпада нет отпада нет
	4 Лп	70	4,81	4,01	1,34	0,80	0,67	0,22	
	1 С	130	0,42	0,35	0,12	0	0	0	
	Итого 1 ярус		10,18	8,48	2,83	15,30	12,8	4,23	
	2 яр 9Е	40	1,26	1,05	0,35	0	0	0	
	1 Лп	40	0,12	0,10	0,033	0	0	0	
	Итого 2 ярус		1,38	1,15	0,383	0	0	0	
17	10С	60	8,90	7,41	2,47	2,70	2,25	0,75	уровень ест. изр-я
22	10С	33	9,33	7,77	2,60	20,37	12,5	4,18	уровень ест. изр-я отпада нет уровень ест. изр-я
	ед,Б	30	0,80	0,67	0,22	0	0	0	
	Итого		10,13	8,44	2,82	20,37	12,5	4,18	
23	10С	30	2,18	1,81	0,61	99,72	48,4	16,14	в 26 раз выше
24	10С	25	9,91	8,16	2,75	14,00	8,55	2,85	уровень ест. изр-я
25	10С		1,33	1,11	0,37	55,75	22,7	8,69	в 23 раза выше
Среднее по 1 подзоне			7,25	6,25	2,21	66,53	32,1	11,3	в 5,1 раза выше
2 подзона подтопления									
2	10 С	35	3,70	3,08	1,03	114,0	56,5	22,43	в 22 раза выше
8	1яр7С	65	16,36	13,63	4,54	14,01	14,0	4,67	уровень ест. изр-я уровень ест. изр-я отпада нет уровень ест. изр-я отпада нет
	2Бб	60	3,71	3,09	1,03	3,50	3,50	1,67	
	1Ос	60	1,89	1,57	0,52	0	0	0	
	Итого		21,96	18,29	6,10	17,51	17,5	6,34	
	2я 10Е	35	2,68	2,23	0,74	0	0	0	

Окончание таблицы 2

№ уч-ков	Состав	Возраст, лет	Нормативные отпады, м ³ /га			Фактические отпады, м ³ /га			Отклонение годовичного отпада от нормативного
			наличный	свежий	годовой	наличный	свежий	годовой	
11	10 С,	85	17,33	14,44	4,81	57,51	51,5	17,18	в 3,6 раза выше отпада нет в 3,5 раза выше
	ед, Бб	30	0,11	0,08	0,027	0	0	0	
	Итого		17,44	14,52	4,84	57,51	51,5	17,18	
Среднее по 2 подзоне			15,25	12,71	4,23	63,00	41,8	15,31	в 3,6 раза выше
3 подзона подтопления									
9	5 Е	120	0,38	0,32	0,11	3,43	3,43	1,14	ель выпала уровень ест. изр-я отпада нет отпада нет идет смена главной породы
	3 Бб	35	0,85	0,71	0,24	0,21	0,21	0,07	
	2 Бп	35	0,42	0,35	0,12	0	0	0	
	ед, Ива	25	0,42	0,35	0,12	0	0	0	
	Итого		2,07	1,73	0,59	3,64	3,64	1,21	
12	9Бп	60	4,44	3,70	1,23	27,00	22,5	7,50	в 6,1 раза выше в 2,3 раза выше в 5,2 раза выше
	1 Е	60	1,32	1,10	0,37	3,00	2,50	0,83	
	Итого		5,76	4,80	1,60	30,00	25,0	8,33	
18	7Ос	30	5,16	4,30	1,43	5,20	4,33	1,44	уровень ест. изр.-я в 7,7 раза выше в 3,5 раза выше в 3,4 раза выше в 2,0 раза выше
	1Бб	30	0,50	0,42	0,14	3,90	3,25	1,08	
	1Бп	30	0,50	0,42	0,14	1,75	1,46	0,49	
	1Е	30	0,64	0,53	0,17	2,20	1,83	0,62	
	Итого		6,80	5,67	1,88	13,05	10,9	3,63	
20	6Бп	25	1,04	0,86	0,28	3,00	2,50	0,83	в 3 раза выше в 2,3 раза выше в 4,0 раза выше в 4,6 раза выше в 3,0 раза выше
	3Олч	25	0,43	0,36	0,12	1,00	0,83	0,28	
	1Ива	25	0,26	0,22	0,07	1,00	0,83	0,28	
	ед, Е	25	0,05	0,04	0,013	0,20	0,17	0,06	
	Итого		1,78	1,48	0,483	5,20	4,33	1,45	
Среднее по 3 подзоне			4,10	3,41	1,138	12,97	10,97	3,66	в 3,2 раза выше
4 подзона подтопления									
13	8Олч	25	2,96	2,47	0,82	7,10	5,92	1,97	в 2,4 раза выше в 2,9 раза выше уровень ест. изр-я в 2,4 раза выше
	2Бп	25	0,67	0,56	0,187	1,90	1,58	0,53	
	ед, Ос	25	0,23	0,20	0,067	0,30	0,25	0,083	
	Итого		3,86	3,23	1,074	9,30	7,75	2,583	
5 подзона подтопления									
14	8Олч	25	2,47	2,06	0,687	18,00	15,0	5,00	в 7,3 раза выше в 1,6 раза выше в 4,9 раза выше
	2Ива	25	1,85	1,54	0,51	3,00	2,50	0,833	
	Итого		4,32	3,60	1,197	21,00	17,5	5,833	

Выводы и рекомендации

1. Изменение экологической обстановки при заполнении Чебоксарского водохранилища сказалось не только в изменении состава древесных пород, но и резком ухудшении их санитарного состояния. В соответствии с изменившимися гидрологическими условиями через 30 лет определился более-менее стабильный состав древостоев, отличающийся от состава до подтопления.

2. Наиболее информативными признаками адаптации пород к сложившимся уровням грунтовых вод являются снижение годовичного отпада до показателей естественного изреживания и повышение

отношения площади сечения ствола на высоте 1,3 м среднего растущего дерева к площади сечения среднего выпадающего за год дерева в 2,5 и более раза.

3. Уровень поражения болезнями и вредителями деревьев по мере увеличения абиотического фактора увеличивается. Периодические грибы уступают место кортициевым и стереумовым. Вредители переселяются с нижней части ствола к верхней половине. Адаптация древесных пород идет медленнее, чем живого напочвенного покрова и грибных разрушителей древесины.

4. Объекты подтопления, особенно недоступные для санитарных вмеша-

тельств островные леса, тридцать с лишним лет остаются вне внимания лесоводов. И они стали очагами вредителей, болезней и загрязнения вод водохранилища. Между топьями плотность синезеленых водорослей значительно выше, чем в открытой части водоема.

5. Тридцатилетний режим невмешательства в формирование подтопленных лесов резко ухудшил санитарное состояние вновь сформировавшегося гидрофильного биогеоценоза.

6. С учетом выделенных подзон необходимо проводить следующие лесоводственно-лесозащитные мероприятия:

- очистка островных и прибрежных лесов сильно подтопленной пятой зоны от валежника и плавающей в воде древесины и сухостоя;

Список литературы

1. Васильева, Д. П. *Ландшафтная география Марийской АССР* / Д. П. Васильева. – Йошкар-Ола: Маргнгоиздат, 1979. – 134 с.
2. Бикеев, Г. И. *Последствия, возникшие от создания Чебоксарского водохранилища для сосновых насаждений левобережья Волги на территории Республики Марий Эл* / Г. И. Бикеев // *Проблемы лесной биogeоценологии и методологические основы их решения*. – Йошкар-Ола: МарПИ, 1992. – С.126.
3. Смирнов, В. Н. *Почвы Марийской АССР. Их свойства и мероприятия по их улучшению* / В. Н. Смирнов. – Йошкар-Ола: Маргнгоиздат, 1958. – 224 с.
4. Алексеев, И.А. *Грибные эпифитотии, связанные с подтоплением лесов от водохранилища Чебоксарской ГЭС* / И. А. Алексеев, Г.И. Бикеев, Е.И. Шведов. – Тезисы докл.: 1-я Всесоюзная конф. 22-25 окт. 1991 г.: проблемы лесопатологического мониторинга в таежных лесах Европейской части. – Петрозаводск: Карельск. фил. АН СССР, 1991. – С.9 – 10.
5. Алексеев, И.А. *Подтопление лесов в зоне водохранилищ: результаты длительного мониторинга* / И.А. Алексеев, В.М. Ахметов, О.Н. Гусева // *Лесное хозяйство*. – 2007. – № 5. – С. 19 – 20.

- защита берегов от абразивных процессов либо дамбами, либо посадками гидрофильных древесных пород – ив, тополей, ольхи черной и серой, а также вяза, предварительно спланировав крутые склоны, и защитными от оползня мерами;

- в третьей и четвертой подзонах естественный процесс адаптации поддерживать периодическими выборочными санитарными рубками;

- в первой и второй подзонах выполнять мероприятия, рекомендованные И. А. Алексеевым [4] по защите от корневых гнилей и стволовых вредителей. Установить более обоснованные для водоохранно-защитных лесов, с лесозащитной точки зрения, возрасты защитной спелости и рубок перестойных лесов с восстановлением на вырубках более устойчивых смешанных лесов.

References

1. Vasileva D. P. *Landshaftnaya geografiya Mariyskoy ASSR* [Landscape Geography of the Mari ASSR]. Yoshkar-Ola, Marknigoizdat Publ., 1979. 134 p.
2. Bikeev G. I. *Posledstviya, vznikshie ot sozdaniya Cheboksarskogo vodokhranilishcha dlya sosnovykh nasazhdeniy levoberezhya Volgi na territorii respubliky Mariy El* [Consequences of Cheboksary Reservoir Construction for the Left Bank Volga Pine Stands of the Republic of Mari El]. *Problemy lesnoy biogeotsenologii i metodologicheskie osnovy ikh resheniya* [Problems of Forest Biotechnology and Methodological Fundamentals for Solutions.]. Yoshkar-Ola: MarPI, 1992. 126 p.
3. Smirnov V. N. *Pochvy Mariyskoy ASSR. Ikh svoystva i meropriyatiya po ikh uluchsheniyu* [Soils in Mari ASSR. Their Properties and Improvement Measures]. Yoshkar-Ola: Marknigoizdat, 1958. 224 p.
4. Alekseev I.A., Bikeev G.L., Shvedov E.I. *Gribnye epifitotii, svyazannye s podtopleniem lesov ot vodokhranilishcha Cheboksarskoy GES* [Fungus Epiphytoty Resulted from Raised Water Table Because of Cheboksary Hydro-Electric Power Station Work]. *Tezisy dokl.: 1-ya Vsesoyuznaya konf. 22-25 okt. 1991 g.: problemy lesopatologicheskogo monitoringa v taizhnykh lesakh Evropeyskoy chasti* [Abstracts from the I All-Union Conference «Problems of Forest Pathology Monitoring in Taiga Forests of European Russia» (October 22-25, 1991)]. Petrozavodsk: Karelskiy Branch of the Academy of Sciences of the USSR, 1991. P.9 – 10.
5. Alekseev I.A., Akhmetov V.M., Guseva O.N. *Podtoplenie lesov v zone vodokhranilishch: rezultaty dlitel'nogo monitoringa* [Raised Water Table in Forests: A Long-Term Monitoring Results.]. *Lesnoe khozyaystvo* [Forestry.]. 2007. No 5. P. 19 – 20.

6. Гусева, О.Н. Поражение корневой губкой чистых и смешанных культур сосны в условиях экологического стресса: Автореф. дис...канд. с.-х. наук/О.Н. Гусева. – Йошкар-Ола: МарГУ, 2011. – 22 с.

7. Алексеев, И.А. Использование годичного отпада как метода оценки и прогноза санитарного состояния при лесопатологическом мониторинге/ И.А. Алексеев // Тезисы докл. 1-й Всесоюзной конф. 22-25 октября 1991 г. :проблемы лесопатологического мониторинга в таежных лесах Европейской части. – С. 3.

8. Лесная энциклопедия. – М.: «Советская энциклопедия», 1986. – 631 с.

6. Guseva O.N. Porazhenie kornevoy gubkoy chistykh i smeshannykh kultur sosny v usloviyakh ekologicheskogo stressa: Avtoref. dis...kand. s.-kh. Nauk [Pine Fungus Affect in Mono and Mixed Pine Plantations in the Ecological Stress Conditions. Cand. agricul. sci. diss.]. Yoshkar-Ola: MarGU, 2011. 22 p.

7. Alekseev I.A. Ispolzovanie godichnogo otpada kak metoda otsenki i prognoza sanitarnogo sostoyaniya pri lesopatologicheskom monitoring [Use of Annual Attrition Figures as an Estimation Method and Forecast of Sanitary State in Forest Pathology Monitoring]. Tezisy dokl. 1-y Vsesoyuznoy konf. 22-25 oktyabrya 1991 g. :problemy lesopatologicheskogo monitoringa v taezhnykh lesakh Evropeyskoy chasti [Abstracts from the I All-Union Conference «Problems of Forest Pathology Monitoring in Taiga Forests of European Russia» (October 22-25, 1991) .]. Petrozavodsk: Karelskiy branch of the Academy of Sciences of the USSR, 1991. p.3 .

8. Lesnaya entsiklopediya [Encyclopedia on Forestry.]. Moscow: «Sovetskaya entsiklopediya», 1986. 631 p.

Статья поступила в редакцию 20.03.12.

АЛЕКСЕЕВ Иван Алексеевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры экологии, почвоведения и природопользования, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – защита растений и лесопатологический мониторинг. Автор более 360 публикаций, в т.ч. 12 монографий, 8 учебных пособий, 26 патентов и авторских свидетельств на изобретения.

E-mail: AlekseevIA@volgatech.net

ЗАХАРОВ Александр Васильевич – инженер первой категории отдела защиты леса и лесопатологического мониторинга, филиал ФБУ «Рослесозащита» – «Центр защиты леса Республики Марий Эл» (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – лесопатологический мониторинг. Автор трех публикаций.

E-mail: w-x-x-w@ya.ru

ГУСЕВА Оксана Николаевна – кандидат сельскохозяйственных наук, инженер-лаборант кафедры лесной таксации и лесоустройства, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – экология, защита растений. Автор 12 публикаций, 10 патентов на изобретения.

E-mail: GusevaON@volgatech.net

ALEKSEEV Ivan Alekseevich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Chair of Ecology, Pedology and Nature Management, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Research interest – plant protection and monitoring on forest pathology. The author of more than 360 publications, including 12 monographs, 8 study guides, 26 patents and inventor's certificates.

E-mail: AlekseevIA@volgatech.net

ZAKHAROV Alexander Vasilevich – first category engineer of the Department of Forest Protection and Monitoring of Forest Pathology, Branch of FBI «Roslesozashchita» – «Centre of Forest Protection in the Republic of Mari El» (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Research interest – monitoring on forest pathology. The author of 3 publications.

E-mail: w-x-x-w@ya.ru

GUSEVA Oksana Nikolaevna – Candidate of Agricultural Sciences, Engineer and Laboratory Assistant at the Chair of Forest Inventory and Forest Management, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Research interest – ecology, protection of plants. The author of 12 publications, 10 invention patents.

E-mail: GusevaON@volgatech.net

I. A. Alekseev, A. V. Zakharov, O. N. Guseva

CHEBOKSARY HYDRO-ELECTRIC POWER STATION RAISED WATER TABLE IMPACT ON FOREST PATHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF STANDS

Key words: forest pathology monitoring; root rot; natural, pathologic and accidental mortality; mortality of different species depending on level of raised water table; facultative saprotrophs; harmful insects; course of stabilization.

The purpose of the research is to reveal the tendencies of changes of sanitary characteristics of stands in order to evaluate their resistance to raised water table and to give recommendations of more rational stands structure for different soil-hydrological conditions of subzones with raised water table due to reservoir of Cheboksary hydro-electric power station.

A standardized methods of forest pathology monitoring which was developed by I.A.Alexeev is at the heart of the methods. It includes field-survey information collection en routes, differentiated approach to grading of trees condition, account and evaluation of faults in accordance with 10 reasons of their origin, mortality estimation in accordance with their origin, calculation of natural and normal mortality with an account of forestry influence. Calculation of level of biodiversity, effective phytomass, frustration and sustainability indices as well as evaluation of forecasting data in 23 characteristics are carried out with the use of collected materials. For all the negative parameters which are taken into consideration, the evaluative scales are determined. This standardization allows to make equal evaluation of monitoring data of different authors in determination of statistic sanitary condition as well as its tendencies of change including adaptive processes and ecological characteristics.

Coniferous trees are less adaptive to changes in humidity than broadleaved trees. A share of accidental mortality (windthrow and windbreak) dramatically increases because of intensification of wind conditions. A share of accidental mortality is up to 70 % of growing stock in forest outlier (5th subzone). Timber fungus (shelf fungus) causes Birch windbreak rise. The mean extension of shelf fungus is up to 11 meters in the forests with normal water table instead of 5–6 meters. Maple fungus and dryad's club saddle are not widely spread in the forests with normal water table but they lead to Lime windbreak rise.

Change of ecological situation upon filling the Cheboksary reservoir affected both the species composition and deterioration of their sanitary condition. As a result of changes of hydrological conditions, a rather stable trees composition formed in 30 years. It is important to note that the composition differed from the original one.

Lowering of annual mortality to the figures of natural thinning and rise in trunk section area at the 1.3 meters height of an ordinary growing tree to the section square of annually dead trees in 2.5 times and more are the most informative characteristics of adaptation of species to the new ground water level.

Number of affected by deceases and pests trees grows with the increase of abiotic factor. Corticiaceae are less often met than Polyporaceae. Pests move from the lower part of trunk to the upper one. Woody species adaptation is slower than adaptation of forest live cover and fungal pests.

The objects of impounding are out of focus of attention of foresters for more than 30 years. Particular attention should be paid to forest outliers which are beyond the reach of sanitary interference. They became the centers of forest pests, deceases and water reservoir pollution. Blue-green algae density is much higher in the open part of ponds than in the waterlogged area.

It is important to clean heavily waterlogged riparian forests and forest outliers from brushwood, dead-wood and to extract logs from water. The banks ought to be protected from abrasive processes either by means of construction of dams or by planting of hygrophilous species (e.g. Willows, Poplars, European or White Alders, Elms, etc.). At that, it is necessary to make more low-sloped stiff slopes and undertake protective measures from landslide in advance. In the 3^d and 4th subzones, natural adaptation of tree species should be carried out by means of periodical selective sanitary felling. In the 1st and 2^d subzones there should be made some measures on protection from root rot and trunk pests. Ages of protective maturity, felling of overmature forests and regeneration of more sustainable mixed forests at the fellings should be ascertained for water protection forests.

ДАТЫ. СОБЫТИЯ. КОММЕНТАРИИ

УДК 634.9

ИВАНУ АЛЕКСЕЕВИЧУ АЛЕКСЕЕВУ 85 ЛЕТ

28 августа 2013 года исполнилось 85 лет доктору сельскохозяйственных наук, профессору Поволжского государственного технологического университета, известному ученому Ивану Алексеевичу Алексееву.

Простым деревенским мальчишкой, окончившим Цивильскую среднюю школу Чувашской АССР в трудный 1945 год, он поступил в Поволжский лесотехнический институт им. А. М. Горького (ПЛТИ) в Йошкар-Оле и всю свою жизнь посвятил служению лесу. Еще будучи студентом, набирался опыта, работая инженером-таксатором Поволжской лесоустроительной экспедиции при ПЛТИ, принимал участие при устройстве лесов Волжского, Кугу-Кокшанского и Абаснурского лесхозов Марийской АССР.

Биография Ивана Алексеевича богата и насыщена: окончив с отличием в 1950 году институт, он не искал легких путей, уехал в Сибирь и занимался лесоустройством в Кемеровской и Новосибирской областях, работая инженером-таксатором Западно-Сибирского аэрофотолесоустроительного треста В/О «Леспроект». В это время появилась и первая его рукопись «Типы лесов черневой тайги и их таксационные характеристики», в которой были приведены сведения для удобства де-

шифровки таксационных характеристик труднодоступных участков сильнопересеченной местности по аэрофотоснимкам. Поработал он и инженером-почвоведом Новосибирской экспедиции в группе по организации бересклетового хозяйства в Ордынском лесхозе, возглавлял обследовательскую группу по проектированию бересклетового хозяйства в Любинском лесхозе. Пройдя курсы повышения квалификации в Воронежском лесотехническом институте (ВЛТИ), Иван Алексеевич успешно возглавлял лесоустроительные партии Омской и Томской лесоустроительных экспедиций.

Эти яркие, трудные, такие короткие и такие емкие три года работы в лесоустройстве дали и развили в Иване Алексеевиче большой опыт, широту мышления, ответственность и коммуникабельность. Но наука звала к себе, ведь еще студентом Иван Алексеевич занимался в научном кружке по таксации леса под руководством проф. П.В. Воропанова по километрическим определениям объемов маломерных стволов сосны, ели, березы и осины. И с 1953 года он стал аспирантом при кафедре лесной фитопатологии ВЛТИ.

В это время в степных районах резко повысился спрос на деловую древесину, начались рубки уникальных 150–300-летних дубовых массивов. Для реализации исследовательских задач по изучению болезней и пороков таких деревьев в процессе рубки аспирант И.А. Алексеев стал инженером объединения «Воронежмебель». По материалам этих исследований была опубликована серия статей в журналах «Природа», «Ботанический журнал», «Научные доклады высшей школы», «Лесоинженерное дело», «Лесное хозяйство», в сборниках трудов Московского лесотехнического института.

После окончания аспирантуры, работая главным лесничим Хоперского государственного заповедника, Иван Алексеевич не забывал научно-исследовательскую работу, изучая вопрос влияния чрезмерного нерегулируемого роста поголовья оленей, лосей и зубров на санитарные характеристики насаждений. Частично результаты исследований были опубликованы в трудах заповедника. В это же время, в 1958–1960 годах, молодой ученый заложил свои первые опыты по применению физико-механического и лесокультурного способов защиты сосновых насаждений от поражения корневой губкой с анализом результатов по локализации очагов усыхания.

1958 год запомнился многим по работе первой межвузовской конференции по защите леса, организованной проф. А.И. Воронцовым, где Иван Алексеевич привлек внимание своим докладом «Фитопатологическая оценка лесохозяйственных мероприятий в Теллермановском лесу». Не ускользают от ученого и вопросы установления причин образования дупел и их размеров, а также распространение и вредоносность фаутов, связанных с повреждениями древесины дуба техническими вредителями. Все это нашло отражение в успешно защищенной в 1959 году кандидатской диссертации «Фаутность старовозрастных насаждений Теллермановского леса и ее влияние на долговечность деревьев и товарные качества лесоматериалов». Вообще, уточнение терминов «фаут» и «фаутность» (которые многократно упоминались в трудах многих ученых, но не приводились ни в одном энциклопедическом словаре) – это научное достижение Ивана Алексеевича того периода.

Реорганизация Хоперского заповедника послужила причиной перехода И.А. Алексеева в отдел защиты леса Украинского НИИ лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г.Н. Высоцкого при Украинской академии сельскохозяйственных наук, где Ивану Алексеевичу предложили вплотную заняться проблемой борьбы с корневой губкой в сосновых насаждениях. Огромная и плодотворная работа ученого проделана в Черниговской области, в районе наиболее сильного разрушения лесов корневой губкой. Большинство заложенных более 40 лет назад на сотнях гектаров опытов по созданию устойчивых лесов сохранились до настоящего

времени и являются ценными объектами для научных исследований. Непосредственно на базе опытных объектов И.А. Алексеева были проведены две всесоюзные конференции. Результаты опытов нашли отражение в успешно защищенной в 1975 году докторской диссертации «Научные основы лесохозяйственных мер борьбы с корневой губкой в лесах Полесья и лесостепи УССР».

Украинский период научной работы Ивана Алексеевича был очень плодотворен и отмечен многочисленными проблемными публикациями, среди которых статьи «Роль корневой губки в формировании лесной среды» (1963), «Лесохозяйственные меры борьбы с корневой губкой» (1969), «Способы обследования насаждений, пораженных корневой губкой» (1974). В это время он тесно сотрудничал с учеными научно-исследовательских институтов лесного хозяйства Чехословакии, Польши, Финляндии, Голландии и других стран.

В 1976 году по приглашению профессора Марийского политехнического института (МПИ) Михаила Даниловича Данилова Иван Алексеевич переехал в Йошкар-Олу и стал профессором кафедры технологии деревообработки, а через год создал кафедру гидротермической обработки древесины и древесиноведения. Новый неугомонный профессор МПИ с неординарным мышлением занялся изучением проблем по комплексному использованию древесины. Значительно расширилась и география научных исследований ученого – кроме Сибири и Украины добавились регионы Поволжья, Урала, а также Ленинградская область, Грузия, Казахстан.

С 1988 года по настоящее время Иван Алексеевич трудится на факультете лесного хозяйства и экологии. Он создал свою лесную школу, готовит кандидатов и докторов наук, совершенствует унифицированную методику оценки санитарного состояния насаждений и оценки качества ведения устойчивого лесного хозяйства. Результаты кропотливой многолетней научно-исследовательской работы подтверждены многочисленными авторскими свидетельствами и патентами.

Свои научные подходы к решению многих проблем лесного комплекса в рыночных условиях Иван Алексеевич изложил в учебных пособиях: «Защита растений: болезни газонных трав» (2000); «Лесное товароведение с основа-

ми древесиноведения» (2006); «Интегрированная система защиты леса» (2013). Эти труды заслуживают внимание производителей, научных работников и студентов.

Научная и общественная деятельность Ивана Алексеевича Алексеева по заслугам оценена Грамотами и Почетными дипломами Всероссийского общества охраны природы, Всесоюзного общества «Знание», Географического общества СССР, Всесоюзного совета научно-технического общества, Всероссийского совета лесных НТО и Марийского республиканского совета НТО, Верховного Совета Марийской АССР. Государство не забыло и труд школьника в годы войны – в 1993 году Ивану Алексеевичу вручена медаль «За доблестный труд в тылу в годы Великой Отечественной войны 1941–1945 гг.».

С удовольствием перечислим регалии всеми любимого профессора: доктор сельско-

хозяйственных наук, академический советник и почетный академик Российской академии естественных наук (РАЕН), действительный член Инженерно-технической академии Чувашской Республики (ИТА ЧР) и Международной академии наук по экологии и обеспечению жизнедеятельности (МАНЭБ), Заслуженный деятель науки Российской Федерации, Республики Марий Эл, Заслуженный лесовод Чувашской Республики, Почетный профессор и Почетный ветеран Марийского государственного технического университета.

Его именем названа одна из улиц г. Новгород-Северского Черниговской области Украины.

С низким поклоном и большой любовью в 85-летний юбилей желаем дорогому Ивану Алексеевичу неиссякаемой жизненной энергии, полёта творческой мысли, молодости души, здоровья, любви, благополучия!

И. П. Курненко, Н. Н. Попова

Статья поступила в редакцию 30.08.13.

I. P. Kurnenkova, N. N. Popova

IVAN ALEXEYEVICH ALEXEEV IS 85

Ivan Alexeyevich Alexeev, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of Volga State University of Technology and a prominent scientist, turned 85 years old on the 28th of August 2013.

КУРНЕНКОВА Ирина Павловна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры экологии, почвоведения и природопользования, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – патологические отклонения в развитии фитоценозов и лесопатологическая таксация. Автор более 120 работ.

E-mail: KurninkovaIP@volgatech.net

ПОПОВА Надежда Николаевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесной таксации и лесоустройства природопользования, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – оценка качества насаждений с учетом фаутов растущих деревьев, устойчивое управление лесами. Автор более 100 работ.

E-mail: PopovaNN@volgatech.net

KURNENKOVA Irina Pavlovna – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Chair of Ecology, Pedology and Nature Management, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Research interests – disturbances in plant association evolution, forest pathology assessment. The author of more than 120 publications.

E-mail: KurninkovaIP@volgatech.net

POPOVA Nadezhda Nikolayevna – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Chair of Forest Assessment and Forest Surveying Management, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Research interests – assessment of plantations with an account of faults of growing trees, sustainable forest management. The author of 100 publications.

E-mail: PopovaNN@volgatech.net

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

Редакция журнала «Вестник ПГТУ. Сер. «Лес. Экология. Природопользование» принимает к публикации статьи, соответствующие профилю издания по рубрикам:

«**Лесное хозяйство**» – 06.03.01 Лесные культуры, селекция, семеноводство; 06.03.02 Лесоведение и лесоводство, лесоустройство и лесная таксация; 06.03.03 Агролесомелиорация и защитное лесоразведение, озеленение населенных пунктов, лесные пожары и борьба с ними.

«**Технологии и машины лесного дела**» – 05.21.01 Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства; 05.21.05 Древесиноведение, технология и оборудование деревопереработки; 05.23.11 Проектирование и строительство дорог.

«**Проблемы экологии и рационального природопользования. Биотехнологии**» – 03.02.08 «Экология (технические науки: в транспорте, в энергетике, в строительстве и ЖКХ)»; 03.02.14 Биологические ресурсы (биологические и сельскохозяйственные науки); 03.01.06 Биотехнология (в том числе бионанотехнологии).

Статья должна содержать только оригинальный материал, отражающий результаты завершённых исследований авторов, объемом 6–15 страниц, включая рисунки.

К печати принимаются материалы, которые не опубликованы и не переданы в другие редакции. Рукописи проходят обязательное рецензирование. В «Вестнике...» печатаются только статьи, получившие положительные рецензии.

Требования к оригиналам предоставляемых работ

Структура научной статьи

1. Аннотация (3–4 предложения).
2. Ключевые слова или словосочетания (не более 10) отделяются друг от друга точкой с запятой.
3. Введение (оценка состояния вопроса, основанная на обзоре литературы с мотивацией актуальности; выявленное противоречие, позволяющее сформулировать проблемную ситуацию).
4. Цель работы, направленная на преодоление проблемной ситуации (1–2 предложения).
5. Решаемые задачи, направленные на достижение цели.
6. Математическое, аналитическое или иное моделирование.
7. Техника эксперимента и методика обработки или изложение иных полученных результатов.
8. Интерпретация результатов или их анализ.
9. Выводы, отражающие новизну полученных результатов, показывающих, что цель, поставленная в работе, достигнута.

Требования к оформлению статьи

Статья должна быть предоставлена в электронном виде и компьютерной распечатке (2 экз.) на бумаге формата А4. Шрифт Times New Roman, размер шрифта 12 пт, межстрочный интервал одинарный. Поля: внутри – 2 см, верхнее, нижнее, снаружи – 3 см (зеркальные поля), абзацный отступ первой строки на 0,75 см.

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

Далее размещается аннотация (выравнивание по ширине, размер шрифта 12 пт, курсив, отступ слева и справа 1 см). Аналогично оформляются ключевые слова. Аннотация и ключевые слова статьи предоставляются на **русском и английском языках**.

Также необходимо предоставить **авторское резюме** статьи на русском и английском языках (не менее 250–300 слов).

Формулы и отдельные символы набираются с использованием редакторов формул Microsoft Equation или Math Type (не вставлять формулы из пакетов MathCad и MathLab, а также не следует использовать стандартную вставку математических формул или построение собственных формул с помощью библиотеки математических символов).

Иллюстрации. Схемы, графики, диаграммы и т.п. принимаются только в векторных форматах (Word, Excel, Visio, CorelDraw, Adobe Illustrator и др.). Графический материал принимается только в черном-белом изображении, должен быть четким и не требовать перерисовки. Графики должны выделяться линиями разного стиля (**не делать их цветными**) или отмечаться цифрами. Фотографии и скриншоты должны выполняться в растровых форматах (tiff, bmp, png и др.) достаточного расширения (300 dpi) и чёткости.

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

Размеры иллюстраций не должны превышать размеров текстового поля (не более 15 см).

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

1) на русском;

2) на языке оригинала латинскими буквами (References). Если русскоязычная статья была переведена на английский язык и опубликована в английской версии, то необходимо указывать ссылку из переводного источника. Библиографические описания российских публикаций составляются в следующей последовательности: авторы (транслитерация), перевод названия статьи (монографии) в транслитериро-

ванном варианте, перевод названия статьи (монографии) на английский язык в квадратных скобках, название источника (транслитерация, курсив), выходные данные с обозначениями на английском языке.

Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Статья должна быть подписана автором. После подписи автора и даты указываются его фамилия, имя, отчество (полностью), место работы, ученая степень, должность, область научных интересов, количество опубликованных работ, телефон, e-mail, домашний адрес.

К статье прилагаются следующие **документы**:

- авторское заявление с указанием рубрики журнала;
- рекомендация кафедры;
- экспертное заключение о возможности опубликования;
- рекомендация научного руководителя (для аспирантов и соискателей).

Материалы, не соответствующие вышеуказанным требованиям, не рассматриваются.

Адрес для переписки: 424000 Йошкар-Ола, пл. Ленина 3, ПГТУ,
редакция журнала «Вестник ПГТУ», **e-mail:** vestnik@volgatech.net

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Подробнее – на сайте ПГТУ: <http://www.volgatech.net>