



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

ВЕСТНИК

4(28)
2015

октябрь-декабрь

ПОВОЛЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Научный журнал

Издаётся с ноября 2007 года

Выходит четыре раза в год

СЕРИЯ «Лес. Экология. Природопользование»

Журнал включён в систему РИНЦ, ULRICH'S PERIODICALS DIRECTORY и ПЕРЕЧЕНЬ ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёных 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:

424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3

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. Зверева

Подписано в печать 25.12.15.

Формат 60×84 ¹/₈. Усл. п. л. 11,85.

Тираж 500 экз. Заказ №

Дата выхода в свет: 30.12.15.

Цена свободная

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

Отпечатано с готового оригинал-макета
в ООО ИПФ «Стринг»
424006, Йошкар-Ола,
ул. Строителей, 95

Главный редактор

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

Редакционный совет

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

(*председатель*)

Д. И. Мухортов, д-р с.-х. наук, доцент

(*зам. председателя*)

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

Ioannis Z. Gitas, д-р философии в области геоинформационных систем и дистанционного зондирования (Университет Кембриджа, Великобритания), ассоциат-профессор Университета Аристотеля (Салоники, Греция)

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

Cecil C. Konijnendijk, д-р наук в области лесной политики и экономики (Университет Йюенсуу, Финляндия), профессор (Шведский университет сельскохозяйственных наук, Швеция)

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

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

Редакционная коллегия

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

(*зам. гл. редактора*)

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

(Нижний Новгород)

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

Л. В. Ветчинникова, д-р биол. наук, доцент (Петрозаводск)

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

(*отв. секретарь*)

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

4(28)
2015

october-december

OF 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 Russian Science Citation Index, Ulrich's Periodicals Directory and 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:

424000, Yoshkar-Ola, 3, Lenin Square

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

Fax (8362) 41-08-72

E-mail: vestnik@volgatch.net

Editor *T. A. Rybalka*

Cover design *L. G. Malankina*

Computer assisted make up

A. A. Kisilitsyn

Translation

M. A. Zvereva

Passed for printing 25.12.15.

format 60×84 1/8. No. of press sheets 11,85

Printing run 500 copies. Order No

Release date: 30.12.15.

Open price

Volga State University of Technology
424000, Yoshkar-Ola, 3, Lenin Square

Printed from the layout original

At LLC PPF«String»

424006, Yoshkar-Ola,
95, Stroiteley St.

Editor in Chief

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

Editorial Board:

E. A. Kurbanov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor
(Chairman)

D. I. Mukhortov, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor
(Vice-chairman)

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

Ioannis Z. Gitas, PhD in Geographical Information Systems (GIS) and
Remote Sensing (Cambridge University – UK), Associate Professor
(Saloniki, Greece)

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

Cecil C. Konijnendijk, Doctor in Science in forest policy and econom-
ics from the University of Joensuu (Finland), Professor (SLU, Sweden)

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

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

Editorial team:

S. A. Denisov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor
(Vice Editor in Chief)

V. P. Besschetnov, Doctor of Biological Sciences, Professor
(Nizhny Novgorod)

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

L. V. Vetchinnikova, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor
(Petrozavodsk)

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
(Executive Secretary)

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

© Vestnik of Volga Tech, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

В. И. Желдак. Концептуальные вопросы лесоводственного обеспечения устойчивого управления еловыми лесами

5

Ю. П. Демаков, А. В. Исаев, В. Г. Краснов. Структура и закономерности развития древостоев с участием ясеня в лесах Марийского Предволжья

23

Н. Н. Бессчетнова, В. П. Бессчетнов, В. Л. Черных. Генотипическое несходство плюсовых деревьев сосны обыкновенной (*Pinus Sylvestris* L.) по физиологическому состоянию побегов

35

ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ
ЛЕСНОГО ДЕЛА

Е. М. Царев, Рен. Х. Гайнуллин, П. Е. Царев, Риш. Х. Гайнуллин. Разработка изделий (стенных блоков) на основе отходов деревообрабатывающих производств

50

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И РАЦИОНАЛЬНОГО
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ.
БИОТЕХНОЛОГИИ

О. Н. Воробьев, Э. А. Курбанов, А. В. Губаев, Е. Н. Демисева. Методика пошаговой классификации спутниковых снимков для тематического картирования лесов

57

А. С. Манаенков, Л. И. Абакумова. Повышение эффективности полезащитного лесоразведения в острозасушливых районах России

73

Н. Ф. Каплина, Н. Ю. Кулакова. Содержание неструктурных углеводов в органах дуба черешчатого в условиях южной лесостепи Европейской части России

84

ДАТЫ. СОБЫТИЯ. КОММЕНТАРИИ

Редакция журнала. Памяти учёного-лесоведа. Калинин Константин Константинович

98

Указатель материалов, опубликованных в журнале в 2015 году

99

Информация для авторов

102

CONTENTS

FORESTRY

V. I. Zheldak. Conceptual issues of silvicultural measures for spruce forests sustainable management

Yu. P. Demakov, A. V. Isaev, V. G. Krasnov. Structure and peculiarities of development of stands with some share of ashes in Mari forests (Volga Region)

N. N. Besschetnova, V. P. Besschetnov, V. L. Chernykh. Genotypic difference of plus trees of scots pine (*Pinus Sylvestris* L.) by physiological state of shoots

FORESTRY TECHNOLOGIES
AND MACHINES

E. M. Tsarev, Ren. Kh. Gainullin, P. E. Tsarev, Rish. Kh. Gainullin. Elaboration of blocks made on the basis of wastes of wood processing factories

PROBLEMS IN ECOLOGY AND RATIONAL
NATURE MANAGMENT.
BIOTECHNOLOGIES

O. N. Vorobyev, E. A. Kurbanov, A. V. Gubayev, E. N. Demisheva. Method of stepwise classification of satellite images for the thematic mapping of forest cover

A. S. Manaenkov, L. I. Abakumova. Increase in efficiency of field-protective forestations in critical droughty regions of Russia

N. F. Kaplina, N. Yu. Kulakova. Content of nonstructural carbohydrates in organs of *Quercus robur* in conditions of southern forest-steppe of european russia

DATES. EVENTS. COMMENTS

Editorial board. In memory of research forester Konstantin Konstantinovich Kalinin.

List of materials published in the journal in 2015

Information for the authors

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630*22

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЛЕСОВОДСТВЕННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО УПРАВЛЕНИЯ ЕЛОВЫМИ ЛЕСАМИ

В. И. Желдак

Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства,
Российская Федерация, 141202, Московская область, г. Пушкино, улица Институтская, 15
E-mail: lesvig@yandex.ru

Рассматриваются вопросы потенциальной повреждаемости ельников в связи с отсутствием системных лесоводственных мероприятий по их содержанию и использованию, поддержания еловых лесов в относительно устойчивом состоянии, не допуская ослабления древостоев в связи со старением, повреждением природными и антропогенными факторами, а также приводятся материалы основных положений концепции разработки лесоводственных мер, обеспечивающих повышение устойчивости и сохранности насаждений еловой формации, сокращение отрицательных последствий патологии ельников.

Ключевые слова: ель; состояние; устойчивость ельников; лесоводственные меры сохранения ельников; короед-типограф; санитарно-оздоровительные мероприятия; управление еловыми лесами.

Введение. На территории Европейско-Уральской части России еловые леса занимают 31 % покрытых лесной растительностью земель. По этому показателю ельники занимают первое место среди всех других древесных формаций, являясь важнейшим объектом лесопользования, наряду с сосновыми лесами (27 % площади лесных насаждений).

В лесном фонде отдельных субъектов Российской Федерации доля ельников значительно больше: так, в частности, в Республике Коми они представлены на 54 % общей площади земель, занятых лесными насаждениями. В районе хвойно-широколиственных лесов центральной части Европейской России площадь ель-

ников существенно меньше, но среди ценных хвойных лесов они сохраняют первенство. В Калужской области хвойные леса, составляющие менее 20 % общего фонда лесопокрытых земель, представлены на 64 % ельниками. В Московской области это соотношение составляет 25 и 55 %; в Смоленской – 17 и 70 %; в Ярославской – 27 и 70 %. Таким образом, при сравнительно небольшом участии сосняков в этих районах хозяйственная и экологическая роль еловых лесов как хвойной породы оказывается весьма значительной.

Периодически повторяющееся массовое усыхание ельников сопровождается потерей ценной хвойной древесины и

© Желдак В. И., 2015.

Для цитирования: Желдак В. И. Концептуальные вопросы лесоводственного обеспечения устойчивого управления еловыми лесами // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2015. – № 4 (28). – С. 5-22.

снижением экологических функций лесов. Это создаёт проблемы для лесного хозяйства в густонаселённых районах с развитой промышленностью и социальной инфраструктурой, где еловые леса в значительной части относятся к защитным.

Предотвращение проявления действия этих факторов патологии и связанных с ними отрицательных последствий или существенное их снижение может быть решено лишь при максимальном использовании накопленных объективных данных о причинах этих явлений, факторах, их вызывающих, и лесоводственных мерах, которые могут если не предупредить, то существенно уменьшить потери.

Цель работы – на основе анализа накопленных наукой материалов исследований разработать общую лесоводственную концепцию управления еловыми лесами и повышения их устойчивости к патологическим факторам.

Для достижения цели были поставлены **задачи** по анализу, систематизации и оценке влияния патологических факторов на ельники, а также оценки эффективности проводимых лесохозяйственных мероприятий по поддержке жизнеспособности еловых лесов, разработке основных положений концепции по обеспечению устойчивости еловых лесов и эффективному управлению ими.

Решение перечисленных задач обеспечивалось использованием значительной научной базы результатов исследований и разработок, представленных в литературных источниках, и системным приоритетно-целевым методом создания и применения лесоводственных мероприятий, которые последовательно взаимосвязаны по всему циклу воспроизводства леса каждого биогеоценоза с согласованием их динамики и размещения в пределах природных и административно-хозяйственных территориальных образований.

Обсуждение материалов исследований еловых лесов показывает, что за продолжительный исторический период (бо-

лее сотни лет) наблюдения и изучения периодически проявляющегося широкомаштабного усыхания ели в связи со вспышками массового размножения короеда-типографа основные причины проявления и усиления этого, в основе своей, природного явления в значительной мере изучены [1–5 и др.]. Установлены также и определённые закономерности проявления этих процессов, в т. ч. во времени и в пространстве с границами распространения в основном в пределах зоны хвойно-широколиственных (смешанных) лесов, причём не только на территории России, но и в Беларуси, в Польше и других странах [1–4, 6–8].

При этом, особенно хорошо изучены и представлены в литературных источниках процессы массового распространения короеда-типографа и усыхания ели в зоне хвойно-широколиственных лесов в периоды 1972–1975 гг.; 1993–2003 гг.; 2010–2013 гг., в т. ч. в Московской и соседних областях России [1, 4, 9, 10].

Применение современных методов моделирования [3, 6, 7] обеспечивает получение ценных данных для выявления и изучения причин патологии, установления специфики и природных процессов их проявления и развития.

При всём относительном разнообразии результатов, полученных исследователями, в обобщённом виде они наиболее концентрированно представлены в выводе А. Д. Маслова о том, что «усыхание ели от короеда-типографа – естественный природный процесс...», в котором «... короед-типограф выступает как индикатор состояния и в то же время как мощный фактор усыхания ельников. Предотвратить этот природный процесс нельзя, но сократить ущерб от последствий усыхания еловых насаждений возможно ...» [9, с. 121]. Наряду с выделением по существу главной причины или «пускового» фактора усыхания ельников, периодически повторяющихся засух, А. Д. Масловым, а также и другими авторами, выделяются в

качестве основных ряд других причин: поражение гнилевыми болезнями, повреждение ветром, а также механическими антропогенными воздействиями, связанными с биологическими свойствами ели. Кроме того, причинами являются и организационно-технические моменты: недостатки и ограничения лесопользования, особенно в защитных лесах, нарушение санитарных требований и технологий осуществления рубок, которые фактически создают благоприятные условия для ослабления ельников и массового размножения короеда-типографа. Это происходит, в первую очередь, в зоне хвойно-широколиственных лесов с интервалом в 15(10)–30 лет, и, в меньшей мере, с более длительным периодом или нерегулярной периодичностью в таёжной зоне и других регионах ареала произрастания ели. В иное время короед-типограф сохраняется постоянно в насаждениях на ветровальных и буреломных деревьях [1, 9–11].

В лесном хозяйстве в еловых лесах применяются такие же лесоводственные мероприятия, как и в лесах всех других породных формаций. Они регламентируются нормативными правовыми документами в области охраны, защиты, использования и воспроизводства лесов с определённым учётом биологических свойств ели в установленных видах и режиме регламентирования мероприятий, отражённых в методических и нормативных документах, и особо в правилах санитарной безопасности в лесах.

К недостаткам этой системы мероприятий, способствующих появлению и проявлению патологии, в т. ч. массового поражения ели короедом-типографом, относятся:

- выращивание чистых (близких к чистым) древостоев ели;
- установление не достаточно обоснованных, с учётом отмеченных и других биологических свойств ели, возрастов рубок;
- длительное сохранение спелых древостоев и, следовательно, накопление

перестойных насаждений, особенно в защитных лесах;

- механические повреждения деревьев при проведении рубок;
- нарушение сроков и качества проведения выборочных санитарных рубок и другие, ведущие к ослаблению деревьев ели.

Всё это при массовом размножении короеда-типографа фактически создаёт благоприятные условия для распространения патологии на другие деревья и участки насаждений.

Перечисленные недостатки системы лесохозяйственных мероприятий (включая по существу и профилактические лесозащитные и противопожарные меры) имеют место на практике и нередко значительно усиливаются фрагментарным (не системным) проведением отдельных мероприятий, что в насаждениях ели особенно опасно и приводит к значительному ослаблению их устойчивости. Это относится, в частности, к проведению проходных рубок ухода с заготовкой древесины на участках насаждений, не подготовленных предшествующими рубками ухода к разреживанию. Отрицательные моменты усиливаются повреждением стволов и поверхностной корневой системы при проведении рубок в летний, осенний или весенний периоды. В последующем это приводит к появлению и развитию гнилей, ещё большей ветровальности деревьев вдоль волоков и другим отрицательным последствиям, в целом ведущим к ухудшению состояния ельников, снижению их устойчивости и созданию благоприятных условий для массового поражения деревьев короедом-типографом.

Результаты исследований [1, 2] и реальное состояние еловых лесов подтверждают, что существующая практика организации и осуществления лесохозяйственных мероприятий, в т. ч. увеличение объёмов санитарно-оздоровительных мероприятий с нарушением сроков и качества их проведения не обеспечивают и не могут обеспечить решение проблемы без существенного изменения системы «лесо-

выращивание – лесопользование» и чёткого её исполнения.

Исходные лесоводственные принципы решения проблемы заключаются в разработке концепции совершенствования лесоводственного обеспечения повышения жизнеспособности и устойчивости насаждений ели. Снижение повреждаемости ельников базируется на сформированном в лесоводстве методе создания приоритетно-целевых систем лесоводства (ПЦСЛВ), отвечающих природным свойствам ельников, целевому назначению участков леса с необходимыми ограничениями и особенностями лесопользования [12].

В рамках общей концепции создания ПЦСЛВ для лесов любой породной формации, для ельников предусматривается дифференциация объектов лесоводства по природным географическим признакам (на основе районирования территории) и зонально-ландшафтно-лесотипологическим свойствам. Сюда входят биоэкологические свойства лесообразующей породы и лесорастительные условия, а также целевое назначение лесов с последующей интеграцией выделенных типов и видов объектов в таксоны единой природно-целевой классификации объектов, для которых разрабатываются и приводятся в соответствие определённые ПЦСЛВ, дифференцируемые в свою очередь с учётом социально-экологических и социально-экономических условий по моделям интенсивности, природоохранной направленности и другим дополняющим признакам [12, 13].

В соответствии со спецификой биоэкологических свойств и условий существования ельников при создании ПЦСЛВ для лесов этой формации необходимо:

- выделить, систематизировать и классифицировать факторы, определяющие и усиливающие проявление патологии;
- оценить управляемость этих факторов;
- установить соответствующие формы управляющего воздействия или влияния на них;

– сформировать лесоводственные меры реализации этих воздействий, которые необходимо использовать в создаваемых ПЦСЛВ.

Выявленные в результате исследований [1–5, 10, 11] комплексные причины патологии еловых лесов целесообразно объединить в следующие группы или комплексы факторов (рис. 1):

- биологические, включающие существенное снижение устойчивости ели в связи со старением;
- ограничение видов пользования и неэффективной хозяйственной деятельности с нарушением правил санитарной безопасности и технологий рубок лесных насаждений;
- периодически повторяющиеся экстремальные погодные условия – засухи и недостаток увлажнения, на которые ель сильно реагирует в связи с поверхностной корневой системой;
- патология – в виде корневых и напённых гнилей;
- поражение короедом-типографом, которое можно выделить и как своеобразный результирующий фактор.

При важности всех перечисленных факторов своеобразным пусковым механизмом часто считаются продолжительные засушливые периоды в сочетании с другими условиями, ведущие к ослаблению ели и проявлению на этом фоне массового размножения короеда-типографа. Бурное развитие и последующее затухание вспышки размножения происходит в течение двух-трёх лет по мере освоения кормовой базы и проявления неблагоприятных погодных условий для короеда-типографа [1–5, 11].

Сравнительная оценка роли перечисленных факторов на состояние, ослабление ельников, повышение их уязвимости и уничтожения при массовом размножении короеда-типографа может быть определена весьма относительно и в широком диапазоне. Это обусловлено тем, что в зависимости от конкретных сложившихся усло-

вий практически любой фактор может иметь решающее действие при отсутствии или слабом проявлении других. Следует учесть, что возможности антропогенного управляющего влияния на появление и проявление отдельных факторов крайне ограничены. Так, с одной стороны, отсутствуют на практике системы оперативного реагирования на изменяющиеся условия и применение управляющих действий. С другой стороны, периодическое проявление вспышек массового размножения короеда-типографа, по имеющимся литературным данным [1, 2, 10, 11], неизбежно, и повлиять можно только на масштабы его проявления и возникающие при этом от-

рицательные последствия. С учётом отмеченных условий можно представить лишь вероятностные рамочные параметры относительно возможной роли отдельных факторов в ухудшении состояния ельников, поражении их патологией и ущербе от её последствий (рис. 1).

Как правило, действие факторов, ослабляющих ельники и усиливающих масштабность действия массовым размножением короеда-типографа, приводит к синергетическому эффекту, что обуславливает необходимость применения взаимосогласованных системных лесоводственных мероприятий, включая специальные лесозащитные.



Рис. 1. Систематизированная совокупность факторов повреждаемости и факторов повреждения ельников (возможное ориентировочное влияние факторов каждой группы на поражение ельников)

Биоэкологические свойства ели и её насаждений определяют вредные факторы и возможную повреждаемость ими. Для целей учёта их при формировании и применении лесоводственных мероприятий в насаждениях ели выделены два комплекса – факторы потенциальной повреждаемости, включающие соответственно биоэкологические свойства, и факторы повреждения – связанные с указанными свойствами, но иной природы и происхождения – от биологических свойств вредных для ели живых организмов до погодно-климатических изменений и хозяйственно-антропогенных воздействий. В свою очередь, каждый выделенный комплекс подразделяется на несколько групп по объединяющим критериям и совокупности свойств, которые должны учитываться при формировании лесоводственных мероприятий.

В комплексе факторов потенциальной повреждаемости ельников выделяется три группы факторов (по 5–7 в каждой).

В первой группе – биоэкологические и лесоводственные свойства ели – природная биологическая устойчивость, поверхностный тип корневой системы и связанная с ними острая реакция на засухи, а также и то, что ель – основная кормовая порода короеда-типографа и др.

Во второй группе – биологические свойства ельников – породный состав, возрастная и пространственная структура насаждений, их сомкнутость и плотный полог, накопление отпада, на котором сохраняется короед-типограф, накопление лесных горючих материалов, создающих потенциал для низовых пожаров, сильно повреждающих ель, а также особенности динамики и смены поколений древостоя.

В третьей группе объединены ландшафтные свойства еловых лесов, включая их размещение по элементам ландшафта в соответствии биоэкологическим свойствам ели.

Так, в районе хвойно-лиственных лесов ельники представлены тремя группами типов леса – ельники сложные, чер-

ничные, приручейные, а также хозяйственное расположение участков ели и массивов ельников*.

В комплексе факторов повреждения ельников выделяется также несколько групп (по 3–7 в каждой).

Первая группа – погодноклиматические факторы – засухи, понижение уровня грунтовых вод; резкие изменения погодных условий в зимний период, ведущие нередко к массовым механическим повреждениям; проявление действия сильных ветров, приводящее к ветровалу и бурелому.

Вторую группу образуют биологические факторы (кроме короеда-типографа), включая болезни (в первую очередь гнилевые), ослабляющие ель; повреждения животными, непосредственно ослабляющие растения и создающие благоприятные условия для появления и развития болезней (корневая губка и др.); поражение вредителями ели.

Третья группа объединяет факторы негативного антропогенного воздействия на ельники, включая изменения экологических условий: снижение или повышение УГВ, уплотнение почвы при рекреационном пользовании и других воздействиях на неё, ведущих в целом к ухудшению почвенных условий и усилению влияния засухи.

Четвёртая группа представлена факторами неудовлетворительного управляющего лесохозяйственного воздействия на ельники, выражающегося в отсутствии чётко-

* В практике лесовосстановления часто прибегают к шаблонным посадкам ели и использованию её естественного возобновления, в т.ч. в сравнительно благоприятных лесорастительных условиях коренных сосняков. Это нередко приводит к формированию относительно однородного лесного покрова при слабой экосистемной дифференциации еловых лесов и ограниченному разнообразию их в пределах территории, в т.ч. с накоплением перестойных ослабленных древостоев, теряющих свои эксплуатационные качества и привлекательность для заготовки древесины, особенно в условиях достаточного количества более ценных древесных ресурсов.

го выполнения всех системных мероприятий лесовоспроизводства и дополняющих их специальных, в т.ч. профилактических лесозащитных и противопожарных мероприятий. Сюда входят: создание чистых еловых насаждений; бессистемное разреживание древостоев; необоснованное установление высоких возрастов рубок в эксплуатационных лесах, а в защитных лесах возрастных и других критериев смены старых поколений леса; накопление перестойных деградирующих древостоев.

Массовое поражение ели самым короедом-типографом выделяется как «главный» фактор (хотя не исключено проявление в качестве главных в определённых условиях и других). При этом для выработки комплекса управляющих воздействий могут рассматриваться отдельно специфика и скорость распространения патологии (мощность вспышки, вероятность её усиления другими факторами).

Для выработки эффективных управляющих воздействий лесоводственными мероприятиями на ельники в целях предотвращения или ослабления их поражения, необходимо в первую очередь определить степень возможности позитивного влияния на проявление того или иного фактора повреждаемости и фактора повреждения ельников. Если такая возможность существует, то необходимо установить рациональные формы влияния и его цели, что должно учитываться при формировании и применении лесоводственных мероприятий. При этом по степени возможности управления негативными факторами их можно разделить на 5–7 категорий – от абсолютно неуправляемых, т. е. на которые практически невозможно или очень сложно оказать какое-то позитивное влияние доступными управляющими мерами*, до факторов слабо-

средне- и существенно управляемых, а также и в известной мере почти абсолютно управляемых при соответствующей эффективности и адекватности осуществления управляющих мер [13].

Целевая форма управляющего влияния на проявление отрицательного фактора с достижением максимально возможного эффекта может осуществляться в нескольких вариантах:

- непосредственное целевое управляющее влияние – изменение (даже исключение) его проявления;
- сдерживание, торможение, отсрочка нарушающего действия на время, за которое могут быть подготовлены и реализованы определённые результативные управляющие защитные или иные меры;
- ослабление действия фактора на экосистему, лесной фонд; повышение устойчивости, защищённости, защитных свойств деревьев и насаждений;
- компенсация воздействия или проявления фактора;
- снижение ущерба, отрицательных последствий, особенно главного и других факторов, полное проявление которых нельзя предотвратить [13].

В то же время, на основе анализа и оценки вероятной результативности использования целевых форм управляющих влияний, можно сделать вывод, что достижение эффекта зависит от конкретных условий и обеспечивается сочетанием и проявлением разных форм управляющего влияния, в т. ч. комплексного.

С учётом отмеченных возможностей влияния на факторы патологии ели устанавливается система интегрированных требований к содержанию этих лесов. Она должна учитывать специфику биоэкологических свойств ельников, их устойчивость в связи с видами использования. Система включает общие социально-экологические и социально-экономические требования, а также специальные взаимовязанные между собой лесоводственные, лесозащитные и противопожарные

* Эти управляющие меры необходимо рассматривать относительно времени, средств, условий, уровня познания, соотношения оценки эффекта и затрат на их предотвращение, уменьшение отрицательных последствий с учётом их значимости, в т.ч. экономической, экологической и социальной.

мероприятия, в необходимой мере дифференцированные в пределах указанных комплексов.

Выделенные в особую группу факторы повреждения, связанные с нарушением режима проведения в ельниках лесохозяйственных мероприятий, являются различными по уровню возможного влияния на них. В частности, в реальных условиях нельзя достигнуть абсолютной управляемости. Так, например, нельзя абсолютно исключить повреждения деревьев при рубках ухода и ослабления устойчивости сразу после разреживания и т. д. Возможность непосредственного управляющего воздействия на проявление вспышки массового размножения короеда-типографа в лесах в виде предотвращения или подавления её на современном уровне развития нереальна и, вероятно, будет решена только в будущем. Эффект истребительных мер (сбор ловушками, ловчими деревьями, уничтожение инсектицидами и др.) с учётом их затратности и ограниченности применения обычно не высок [2]. В то же время, оказывая влияние на антропогенные факторы повреждения, в т. ч. неудовлетворительные лесохозяйственные меры (накопление ослабленных перестойных древостоев, монокультур старших возрастов и др.), как «факторы, подготавливающие объект» для короеда-типографа, можно существенно снизить возможность проявления вспышек патологии и масштабы проявившихся отрицательных последствий.

Анализ и оценка известных, по литературным источникам, причин поражения ельников короедом-типографом позволяет сформировать общую концептуальную схему максимально возможного снижения вероятности ослабления ельников и развития в них патологии, уменьшения отрицательных последствий патологических проявлений в районе хвойно-широколиственных лесов. Базой для этого является дифференциация и систематизация факторов потенциальной повреждаемости

и факторов повреждения ельников. В рамках концептуальной схемы необходимо оценить возможность управления каждым фактором, установить его форму и, учитывая это, определить направления и лесоводственные меры регулирующего влияния на факторы патологии, а также компенсационные меры, которые должны быть учтены при создании и применении приоритетно-целевых систем лесоводства для еловых лесов (рис. 2) или иных формаций.

Узловым звеном концепции повышения эффективности управления содержанием, использованием и сохранением еловых лесов в зоне проявления периодического массового поражения их короедом-типографом являются принципы установления с учётом результатов научных исследований сравнительной повреждаемости различных насаждений ельников, целевых свойств и характеристик еловых насаждений и их компонентов, в т. ч. на разных стадиях всего цикла лесовоспроизводства и связанных с ним других циклов. Они должны учитываться как обязательные при разработке и практической реализации ПЦСЛВ для ельников.

Следовательно, для создания лесоводственных систем управления еловыми лесами, в первую очередь, устанавливаются лесоводственно обоснованные целевые свойства еловых лесов со всеми составляющими, при которых обеспечивается достижимое в современных условиях устойчивое состояние ельников. На основе имеющихся данных результатов исследований, в т. ч. представленных в литературных источниках, устанавливаются:

- определённые в рамках известных данных характеристики деревьев ели, наиболее устойчивых против патологии;
- породный состав насаждений ели;
- целевое (естественное, искусственное или комбинированное) происхождение;
- возрастная структура насаждений ели;

- предельные возрасты, диапазон возрастов деревьев, древостоев ели;
- свойства и характеристики лесных экосистем, отличающихся сравнительно высокой устойчивостью против ветровала, и пути их достижения.

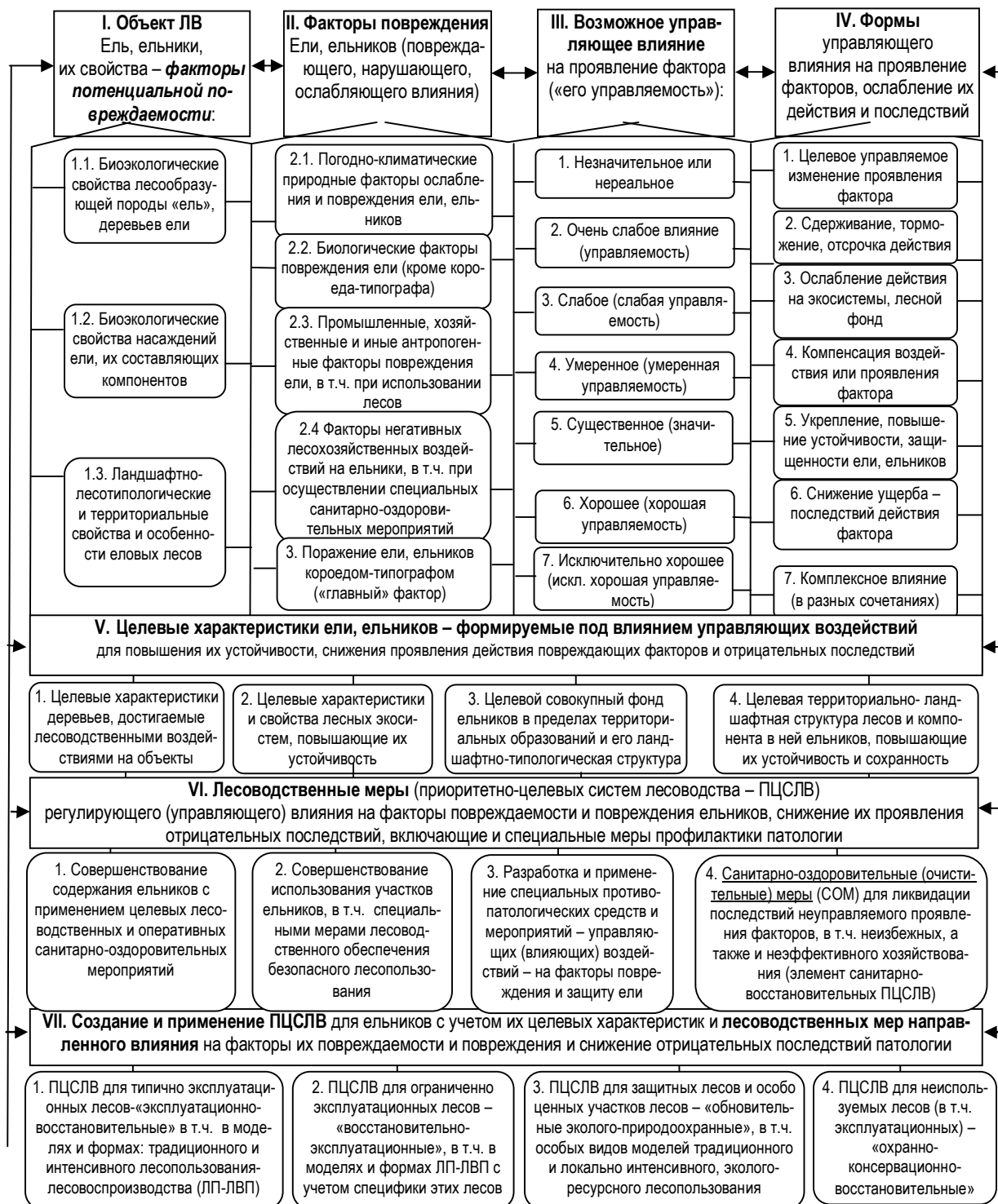


Рис. 2. Концептуальная схема разработки и использования лесоводственных мер управляющего влияния на улучшение состояния и устойчивости ельников

Решение перечисленных вопросов осуществляется в совокупности и взаимосвязи с решением задач установления целевого состава и структуры лесного фонда, формированием мероприятий содержания ельников.

Лесоводственные мероприятия содержания еловых лесов являются основой создаваемых ПЦСЛВ, обеспечивающих поддержание целевого состояния ельников, достижимого на уровне современных знаний и возможностей, в т. ч. и в условиях активной формы развития патологии, связанной с массовым размножением короеда-типографа.

В состав лесоводственных мер целевого содержания ельников включаются меры, соответствующие динамике лесных экосистем по циклам лесовоспроизводства:

- системный регулярный уход за лесами (в т. ч. со специальными для этих насаждений методами отбора деревьев по породному составу, биологическим свойствам и признакам) и осуществлением санитарных и противопожарных рубок ухода;
- закладки насаждений на стадии лесовозобновления (в т. ч. лесокультурного, исключая создание массивов одновозрастных ельников);
- осуществление своевременной смены поколений леса в эксплуатационных и защитных лесах (с использованием методов (форм) рубок соответствующих природе лесных экосистем ельников);
- вспомогательные меры, не проведение которых может существенно повлиять на проявление и развитие патологии (своевременная уборка ветровальных и буреломных деревьев с переходом при развитии патологии к специальным лесоводственно-лесозащитным мерам оперативного изъятия и удаления из насаждения заселённых короедом-типографом деревьев ели).

При оптимизации породного состава и структуры лесного фонда одним из основных исходных лесоводственных мероприятий является своевременная смена

поколений леса с целевым возобновлением в соответствии с принятой схемой формирования целевой породной структуры лесного фонда.

При этом, если в эксплуатационных лесах использование научно обоснованного показателя «возраст рубки» достаточно для назначения древостоя в рубку и предотвращения накопления перестойных древостоев, то в насаждениях защитных лесов «возраст смены» старых поколений леса является необходимым исходным условием для планирования смены деревьев старшего поколения. Для принятия окончательного решения о вырубке конкретных деревьев дополнительно используются индивидуальные признаки сохранения жизнеспособности и ослабления деревьев, что исключит накопление наиболее вероятных объектов первичного заселения короедом-типографом при его массовом размножении.

Методы лесовозобновления и закладки новых поколений ельников определяются в основном и реализуются в сочетании с выбором и применением методов рубок согласно целевой структуре лесного фонда ельников и «целевому плану лесонасаждений по преобладающим породам». При этом, как правило, при всех вариантах закладки насаждений ели предпочтение отдаётся естественному лесовозобновлению.

Закладка лесных культур ели в условиях, где естественное возобновление ели не обеспечивается (но успешно возобновляются лиственные – берёза с осинкой, а иногда и с сосной, дубом, липой, ясенем, особенно в южных районах), осуществляется, как правило, по специальным схемам «неполных лесных культур».

В условиях, где комбинированное лесовосстановление не может обеспечить создание насаждений целевого состава с преобладанием ели, осуществляется закладка и создание лесных культур смешанного породного состава. В дополнение к ели в соответствующих условиях

могут быть использованы липа, дуб, а также сосна, лиственница. При этом должен учитываться положительный и особенно отрицательный прошлый опыт создания таких культур, поскольку выращивание их гораздо сложнее, чем чистых ельников.

Важнейшее значение для создания целевой породной, возрастной и пространственной структур насаждений, «воспитания» их устойчивости имеют мероприятия по формированию молодых ельников (рубки ухода – осветления, прочистки, прореживания), а также его продолжение – средневозрастных – проходные рубки в лесах всех категорий.

Формированием относительно стабильного породного состава и структуры целевых молодняков или закладывается основа регулярного системного проведения мероприятий ухода за лесами. Это относится ко всем категориям лесов и разным моделям режима выращивания: интенсивного много- или моноцелевого, а также традиционного «главного» пользования, а при необходимости и охранно-консервационного типа для сохранения резервных неосваиваемых лесов.

В составе системы мер управляющего лесоводственного воздействия на лесные экосистемы еловых лесов особое значение имеет регулирование состава и объёмов отпада в связи с распространением патологии.

В рамках решения задачи снижения патологической опасности и последствий формируются и применяются мероприятия эффективного лесоводственного обеспечения использования ельников:

- своевременное изъятие спелых, подлежащих рубке древостоев;
- умеренное регулирование рекреационного лесопользования (по интенсивности и территории);
- создание лесных плантаций с укороченным циклом лесовоспроизводства;
- лесоводственное обеспечение санитарной и экологической безопасности

при строительстве и эксплуатации дорог, линейных сооружений, водных и иных объектов, а также при геологическом изучении недр и разработке месторождений полезных ископаемых;

- лесоводственное регламентирование создания компенсационных древесных плантаций.

Не проведение рубок перестойных древостоев на участках ельников, переданных для использования, следует считать нарушением условий использования лесов. То же распространяется и на участки, не предоставленные для лесопользования в целях заготовки древесины.

В рамках принятых исходных концептуальных положений для достижения поставленной цели исследований в системе лесозащитных мер целесообразно выделить и обязательно реализовывать «специальные лесозащитные противопатологические» (при возможно и ином терминологическом обозначении), а также *профилактические меры*. При этом, многие профилактические лесозащитные мероприятия, включая активные (воздействия на леса), являются соответствующими составляющими системных мероприятий воспроизводства, использования лесов или их обязательными элементами. Это не исключает при необходимости проведение их и отдельно, самостоятельно, в т. ч. оперативно дополняя системные (как удаление ветровальных, буреломных и др. сильно повреждённых или ослабленных деревьев выборочной санитарной рубкой, специальными санитарными уходами или специальной очисткой в период между очередными приёмами ухода за лесами).

Специальные лесозащитные противопатологические меры, направленные на решение проблемы периодического массового поражения ельников в зоне смешанных хвойно-широколиственных лесов, планируются и применяются согласованно с общелесоводственными мероприятиями. Они могут быть проведены и вполне самостоятельно при реализации

особых мер, непосредственно не связанных с указанными системными мероприятиями содержания и использования ельников, включая:

своевременные оперативные (экстренные) защитные и истребительные меры с использованием химических, биологических и иных средств, а также направленные непосредственно на защиту деревьев ели или особо ценных участков древостоя путём применения всего комплекса средств и методов (с учётом их совершенствования и развития), в т. ч. физических, механических, химических, биологических; более или менее системные профилактические и «предупредительные» меры, особенно при прогнозе неблагоприятного развития патологии – применения комплексных методов (биологические препараты, биофизические средства и т. д.), усиливающих защитные свойства ели и снижающих привлекательность деревьев для заселения короедом-типографом.

Санитарно-оздоровительные мероприятия, предусмотренные законодательством и нормативными правовыми документами, в связи с очередной вспышкой массового размножения короеда-типографа (2010–2013 гг.) и в целом ухудшения состояния ельников в сложившихся условиях нормативного регламентирования и практического несвоевременного осуществления, включают в основном меры ликвидации последствий патологии. Эти меры включают проведение сплошных санитарных рубок, уборку сухостоя и отпада, по существу – подготовку участков к проведению лесовосстановительных мероприятий, т. е. преимущественно, санитарно-очистительные меры. Они проводятся в комплексе с созданием лесных культур, реже – других лесоводственных мероприятий. Фактически они представляют узловые мероприятия переходных санитарно-восстановительных систем лесоводственных мероприятий по воспроизводству леса с уборкой отпада, накапливающегося в объёмах,

превышающих установленные нормы, оставление которого способствует возникновению новых очагов вредителей. При всей необходимости осуществления этих мероприятий они практически направлены только на устранение отрицательных последствий патологии, не оказывая активного влияния на её проявления и масштабы последствий.

Реальное оздоровление ельников, повышение их жизнеспособности и устойчивости определяется эффективностью проведения основных системных мероприятий лесовоспроизводства, дополняемых необходимыми лесозащитными, в т. ч. специальными профилактическими и противопатологическими.

Подобно лесозащитным в рамках принятой концепции создания и применения ПЦЛСМ формируются **подсистемы противопожарных мероприятий** в совокупности с базовыми мероприятиями лесовоспроизводства, обеспечивающие приемлемую пожарную безопасность в лесах. Планирование и осуществление системы рубок ухода, специальных противопожарных мероприятий комплексно решает задачу улучшения санитарного состояния насаждений и противопожарной профилактики уменьшением накопления горючего материала для снижения опасности низовых пожаров с последующим развитием патологии. Особое интегральное значение (противопожарное, лесозащитное, в целом лесоводственное) имеют меры формирования и поддержания устойчивого состава и структуры лесного фонда территориальных образований, в т. ч. при обоснованной необходимости частичной замены в целевом плане лесных насаждений ельников лиственными, разделяющими массивы хвойных и выполняющими одновременно роль противопожарных заслонов или барьеров в совокупности с другими элементами противопожарного устройства лесов.

Специфика разрабатываемых для ельников ПЦСЛВ отражается в формируемых

на общих принципах лесоводственных системах, соответствующих природным свойствам, условиям и целевому назначению лесов, объединяемых в целевые комплексы систем: эксплуатационно-восстановительные (для типично эксплуатационных лесов); восстановительно-эксплуатационные (для ограниченно эксплуатационных лесов); обновительные эколого-природоохранные (для защитных лесов и особо защитных участков лесов); охранно-консервационно-восстановительные (для резервных и в целом неосваиваемых – не используемых лесов).

В рамках создаваемых целевых комплексов систем специфика конкретных лесоводственных мер сохранения еловых лесов отражается в функциональных типах ПЦСЛВ: основных, производных, переходных (в т. ч. переформирующих, реконструктивных, санитарно-восстановительных и первично восстановительных), а также начально лесообразовательных.

В частности, создание и применение ПЦСЛВ для ельников осуществляется, в первую очередь, с учётом фактора риска патологии. При установлении соотношения целевого породного состава насаждений в пределах общего потенциального фонда ельников системы основного типа приводятся в соответствие участкам еловых насаждений, а специфические системы «производного–основного» типа – участкам целевых производных насаждений сохраняемых и выращиваемых в лесном фонде ельников в связи с необходимостью снижения риска и масштабов проявления патологии на территориях, где типы еловых лесов занимают значительные их части.

В формируемых ПЦСЛВ, в первую очередь, «основного типа» – для участков с преобладанием ели в насаждениях значительное место занимают мероприятия ухода за молодыми древостоями, направленные на достижение взаимосвязанных целей формирования породного состава и «воспитание» устойчивости деревьев и

насаждений в целом. Тогда последующие мероприятия ухода уже за подготовленными (в т. ч. сравнительно устойчивыми и технологически организованными) средневозрастными и старшего возраста насаждениями ведутся в сочетании с обязательными санитарно-оздоровительными мерами. При проявлении действия негативных факторов применяются санитарные рубки, причём с учётом специфики распространения патологии, не только в типичной выборочной, но и в переходных формах – «выборочно-сплошные» и «сплошно-выборочные» санитарные рубки или ведётся санитарно-оздоровительный, в т. ч. по существу противопатологический уход за лесами с необходимой комбинацией форм (методов) выборки поражённых и других нежелательных деревьев. В случае начала массового размножения короеда-типографа осуществляется также переход к системе мер «оперативного управляющего воздействия» на поражённые объекты – со срочным удалением заселённых вредителями частей древостоев, достигая определённого сдерживания развития патологии в зависимости от условий на основе «выборочно-сплошных» (выборка площадками необходимой формы), «сплошно-выборочных» рубок (микро- и очень мелкими лесосеками), не допуская применения типичных крупнолесосечных сплошных санитарных рубок, что очень важно, в первую очередь, для защитных лесов и особо защитных участков лесов.

Соответственно, участки лесного фонда ельников не целевых насаждений или с утраченными насаждениями, а также многолетне не покрытых лесом и не лесных земель преобразуются не только в целевые ельники применением соответствующих переходных и начально лесообразовательных систем, но и участки целевых производных насаждений, размещаемых в соответствии с установленной целевой структурой лесов территориальных образований.

При этом в связи с проявлением масштабных отрицательных последствий патологии появились большие возможности (быстрее чем в обычных условиях) в рамках «санитарно-восстановительных лесоводственных систем», решить задачи оптимизации структуры лесного фонда территориальных образований в соответствии с научно обоснованными целевыми планами лесонасаждений, в первую очередь, по преобладающим породам, а также и создания восстанавливаемых лесных насаждений с определённым участием других целевых пород в составе или частично (на участках где это предусмотрено планом) с преобладанием таких пород соответствующих лесорастительным условиям, не нанося ущерба коренной формации еловых лесов (во многом уже заменённых в прошлом производными древостоями, где восстанавливаются ельники в соответствии с целевым планом насаждений лесного фонда).

На том же общем концептуальном подходе решения проблемы ельников зоны хвойно-широколиственных лесов Европейской части России основывается и решение задачи разработки и применения лесоводственных мероприятий первично восстановительных систем для участков многолетне не покрытых лесом лесных земель потенциального фонда еловых лесов, обеспечивающих восстановление на них насаждений с преобладанием ели или иного целевого породного состава в соответствии с принятой целевой структурой лесного фонда территориальных образований.

На сходных концептуальных принципах решаются также задачи разработки и применения мероприятий лесоводственных систем начально лесообразовательного типа для участков нелесных земель (не используемых по целевому назначению), предназначенных для лесоразведения и лесораспространения, относящихся по комплексу исходных потенциальных лесорастительных условий к общему фонду

ельников, на которых необходимо создавать не только лесные насаждения с определённым преобладанием ели в составе, но и с преобладанием других целевых пород в соответствии с планируемой структурой лесного фонда.

Подобные задачи решаются и при реконструкции малоценных насаждений в рамках формирования и поддержания целевого по породному составу и структуре совокупного фонда ельников и его распределения в общем лесном фонде территориальных образований.

Определённый вклад в решение задачи создания и поддержания целевого фонда ельников вносится и применением перестроительных систем мероприятий, преимущественно к насаждениям потенциальных ельников. Перестроивание сформировавшихся высокополнотных чистых, одновозрастных ельников второго и особенно третьего классов возраста, как правило, нецелесообразно, т. к. при этом создаётся высокая опасность потери устойчивости. В связи с этим рекомендуемое в отдельных литературных источниках [2] перестроивание таких насаждений подлежит проверке в конкретных региональных условиях и научному обоснованию на базе полученных экспериментальных данных. В массовой практике в этих условиях необходимо использовать другие меры снижения риска патологии или оперативного уменьшения её неизбежных отрицательных последствий.

Комплексное, интегрированное решение задачи научного обеспечения эффективного управления еловыми лесами может быть достигнуто при проведении комплексных НИР и разработке ПЦСЛВ, включая решение не только всех перечисленных, но и других частных вопросов лесозащиты, генетики и селекции, лесовосстановления, ухода за лесами, смены поколений леса и других мероприятий.

При этом, в рамках разработки ПЦСЛВ необходимо, в первую очередь на основе результатов экспериментальных

исследований, установить научно обоснованные, дифференцированные в региональном, зонально-ландшафтно-лесотипологическом плане и по целевому назначению лесов критерии и характеристики целевых насаждений ели на всех стадиях цикла воспроизводства лесов, в т. ч. с учётом смены поколений и смены пород, а также совокупного лесного фонда еловых лесов, распределение его в пределах общего лесного фонда территориальных образований с учётом научно обоснованной динамики в пространстве и во времени.

Осуществление всей совокупности мероприятий по сохранению, поддержанию жизнеспособности и устойчивости ельников, эффективного их использования путём практической реализации научных разработок и мониторинга состояния возможно при совершенствовании управления еловыми лесами, включающих в обязательном порядке меры оперативного реагирования на основе эффективного мониторинга состояния экосистем, прогноза проявления опасной патологии с переходом при необходимости к режиму «экстренного управления еловыми лесами». Существенное улучшение лесоводственного обеспечения эффективного управления еловыми лесами может быть достигнуто дифференциацией нормативно-правового регламентирования лесоводственных, в т. ч. лесозащитных мероприятий, путём разработки и применения региональных и локальных правил ухода за лесами и других правовых документов, обеспечивающих взаимоувязанную реализацию всей совокупности системных лесоводственных мероприятий, соответствующих региональным (конкретным) условиям.

В существующем комплексе нормативных документов, регламентирования лесоводственных мероприятий значительное улучшение (развитие) нормативно-правового обеспечения содержания и использования еловых лесов, представленными естественными лесами с дости-

жением цели повышения сохранности и устойчивости ельников, снижения отрицательных последствий в условиях их массовой патологии может быть обеспечено значительным дополнением и улучшением содержания правил ухода за лесами с восстановлением в них полной системы видов мероприятий ухода за лесами, включая обновление, переформирование насаждений, противопожарный и санитарно-оздоровительный уход, что в значительной мере позволяет регулировать на практике системный подход при планировании и проведении всех лесоводственных мероприятий и соответственно решить многие актуальные вопросы улучшения реального управления еловыми лесами.

При этом, детальное методическое регламентирование применения приоритетно-целевых систем лесоводственных мероприятий для еловых лесов во взаимосвязи с лесами других формаций в пределах территориальных образований, с учётом их ландшафтной структуры возможно путём разработки и применения определённых методических рекомендаций по ведению хозяйства в еловых лесах (или содержанию и использованию еловых лесов).

Заключение. Анализ накопленных наукой и практикой данных, характеризующих особенности проявления периодически повторяющихся массовых поражений ельников короедом-типографом и связанных с этим отрицательных экологических и экономических последствий, позволил разработать концептуально-методические основы формирования целевых лесоводственных мер, направленных на улучшение управления еловыми лесами. В значительной степени они ориентированы на устранение шаблонных целевых установок и хозяйственных мероприятий по созданию преимущественно чистых еловых насаждений, особенно лесокультурного происхождения, а также на исключение нерегулируемого накопления перестойных древостоев путём лесовод-

ственного обеспечения использования лесов, организации и регулирования лесопользования, установления требований обязательного проведения рубок перестойных насаждений ели на участках, предоставленных в аренду или бессрочное пользование.

В рамках разработанных основ концепции лесоводственного обеспечения устойчивого управления еловыми лесами учитывается, что достижение этой цели возможно только при системной чёткой организации планирования, назначения и применения разработанных мероприятий лесоводственных систем и их технологической реализации, исключая при этом превращение любых из них в очередные шаблоны. Это относится в первую очередь к закладке и созданию лесных культур (а также и молодняков естественного происхождения) исключительно смешанного породного состава, в которых при необеспеченности качественного системного ухода ель окажется под пологом лиственных пород, что подтверждается всей предшествующей практикой лесного хозяйства. Негативные последствия неизбежно проявятся и при шаблонном установлении необоснованных низких возрастов рубок, что приведёт к снижению общей продуктивности и экологической ценности лесов, срочной вырубке ценных

древостоев, достигших такого возраста, особенно в защитных лесах, где установление возрастных шаблонов или сплошное омоложение ельников вообще неприемлемо. Как в защитных, так и в эксплуатационных лесах недопустимо необоснованное уменьшение (фрагментация) сложившихся массивов продуктивных еловых лесов, особенно ценных, естественно сформировавшихся относительно устойчивых, тем более разновозрастных. Научно обоснованное использование сформированных лесоводственных мер, включая лесозащитные, обеспечит достижение поставленных целей при необходимом сохранении и чистых древостоев, и особо ценных высоковозрастных, сохранившихся ещё разновозрастных с динамикой, близкой к естественной, или естественной в условиях обеспечения пользования древесины в других лесах и на лесных плантациях. В то же время исключение массовых потерь древостоев и древесины еловых лесов при неизбежных природных процессах – вспышках размножения короеда-типографа, достигается и за счёт чёткой организации управления, своевременной вырубке заселённых вредителями древостоев, использования мер активной защиты наиболее ценных лесных насаждений и проведения других необходимых мероприятий.

Список литературы

1. Маслов, А.Д. Короед-типограф и усыхание еловых лесов / А.Д. Маслов. – М.: ВНИИЛМ, 2010. – 138 с.
2. Кухта, В.Н. Короеды ели европейской и мероприятия по регулированию их численности / В.Н. Кухта, А.И. Блинцов, А.А. Сазонов. – Минск: БГТУ, 2014. – 238 с.
3. Федоров, Н.И. Особенности формирования еловых лесов Беларуси в связи с их периодическим массовым усыханием / Н.И. Федоров, В.В. Сарницкий. – Минск: Тэхналогія, 2001. – 180 с.
4. Липаткин, В.А. Факторы, обуславливающие массовое размножение короеда-типографа в Подмосковье / В.А. Липаткин, Е.Г. Мозолевская // Комплексные меры защиты ельников европейской части России по подавлению вспышки массового размножения короеда-типографа. – Пушкино, 2001. – С. 36-47.
5. Мозолевская, Е.Г. Особенности развития вспышки массового размножения короеда-типографа в ближнем Подмосковье / Е.Г. Мозолевская, В.А. Липаткин // Лесное хозяйство. – 2003. – № 1. – С. 31-33.
6. Toivanen, Tero. Effects of forest restoration treatments on the abundance of bark beetles in Norway spruce forests of southern Finland / Tero Toivanen, Veli Liikanen, Janne S. Kotiaho // Forest Ecology and Management - FOREST ECOL MANAGE. – 2009. – Vol. 257, no. 1. – Pp. 117-125.
7. Maja Jurc. Spruce bark beetles (*Ips typographus*, *Pityogenes chalcographus*, Col.: Scolytidae) in the Dinaric mountain forests of Slovenia: Monitoring

and modeling / Maja Jurc, Marko Perko, Sašo Džeroski, Damjan Demšar, Boris Hrašovec // Ecological Modelling - ECOL MODEL. – 2006. – Vol. 194, no. 1. Pp. 219-226.

8. Beat, Wermelinger. Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* – a review of recent research // Forest Ecology and Management - FOREST ECOL MANAGE. – 2004. – Vol. 202, no. 1. – Pp. 67-82.

9. Маслов, А.Д. Система защитных мероприятий от короеда-типографа в защитных лесах / А.Д. Маслов // Проблемы и перспективы совершенствования лесоводственных мероприятий в защитных лесах: Международная научно-практическая конференция; 18-20 июня 2013 г. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2014. – С. 119-122.

10. Коротков, С.А. Структура, устойчивость и естественная спелость ельников северо-восточного Подмосковья / С.А. Коротков, Л.В. Стоноженко // Проблемы и перспективы совершенствования ле-

соводственных мероприятий в защитных лесах: Международная научно-практическая конференция; 18-20 июня 2013 г. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2014. – С. 96-99.

11. Ковалевич, А.И. Массовое усыхание ельников в Республике Беларусь: состояние, проблемы и пути решения / А.И. Ковалевич, В.В. Усень // Проблемы и перспективы совершенствования лесоводственных мероприятий в защитных лесах: Международная научно-практическая конференция; 18-20 июня 2013 г. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2014 – С. 92-96.

12. Желдак, В.И. Эколого-лесоводственные основы целевого устойчивого управления лесами / В.И. Желдак. – М.: ВНИИЛМ, 2010. – 377 с.

13. Желдак, В.И. Формирование лесоводственного механизма устойчивого управления еловыми лесами (концептуально-методические положения) / В.И. Желдак. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2014. – 137 с.

Статья поступила в редакцию 31.03.15.

Информация об авторе

ЖЕЛДАК Владимир Иванович – доктор биологических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией лесоводства и управления лесами, Всероссийский НИИ лесоводства и механизации лесного хозяйства. Область научных интересов – лесоводство, теоретические и методические вопросы лесоводственного обеспечения управления лесами. Автор 130 публикаций.

UDC 630*22

CONCEPTUAL ISSUES OF SILVICULTURAL MEASURES FOR SPRUCE FORESTS SUSTAINABLE MANAGEMENT

V. I. Zheldak

All-Russian Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry,
15, Institutskaya St., Pushkino, Moscow oblast, Russian Federation, 141202
E-mail: lesvig@yandex.ru

Key words: spruce; conditions; spruce forests sustainability; silvicultural measures to preserve spruce forests; Bark beetle; sanitary measures; spruce forests management.

ABSTRACT

Introduction. The problem of constant Bark beetles attacks in spruce forests and loss of valuable coniferous stands demands the analysis and classification of a number of factors provoking spruce forests damage. **The goal** of the research is to elaborate the general silvicultural conception of spruce forests management and to increase their resistance to the pathological factors. **Methods.** The analysis of many researches and elaborations is at the heart of the conception development. The conception was developed on the basis of a systems top-priority-target method. Silvicultural measures were successively interconnected along the cycle of spruce forests regeneration. **Results.** The factors of spruce plantations damage (climatic, biological, and human-caused) were revealed. The conception for silvicultural measures improvement with the aim to improve their vitality, and to diminish negative consequences when Bark beetle mass propagating, was elaborated. It was elaborated on the basis of assessment of potential and real managerial impact on the performance of the main factors for spruce forests dying. **Conclusions.** The conception for silvicultural measures improvement in spruce forests to improve their vitality and to diminish negative consequences when Bark beetle mass propagating was elaborated. The developed silvicultural measures will assure the solution of the problem if systematic and timely application aimed at spruce forests conservation and sustainable forest management.

REFERENCES

1. Maslov A.D. *Koroed-tipograf i usykhaniye elovykh lesov* [Bark Beetle and Drying of Spruce Forests]. Moscow: VNIILM, 2010. 138 p.
2. Kukhta V.N., Blintsov A.I., Sazonov A.A. *Koroedy eli evropeyskoy i meropriyatiya po regulirovaniyu ikh chislennosti* [Bark Beetles of European Spruce and Measures to Regulate Their Population]. Minsk: Belarusian State Technological University, 2014. 238 p.
3. Fedorov N.I., Sarnitskiy V.V. *Osobennosti formirovaniya elovykh lesov Belorusi v svyazi s ikh periodicheskim massovym usykhaniem* [Peculiarities of Formation of Spruce Forests in Belorussia Caused by Periodic Mass Drying of Forests]. Minsk: Tekhnologiya, 2001. 180 p.
4. Lipatkin V.A., Mozolevskaya E.G. *Faktory, obuslavliyaushchie massovoe razmnozheniye koroeda-tipografa v Podmoskovye* [Factors Causing Mass Propagation Bark Beetles in Moscow Region]. *Kompleksnyye mery zashchity elnikov evropeyskoy chasti Rossii po podavleniyu vspyshki massovogo razmnozheniya koroeda-tipografa* [Complex Protection of Spruce Forests of the European Part of Russia to Suppress the Outbreak of Bark Beetle]. Pushkino, 2001. Pp. 36-47.
5. Mozolevskaya E.G., Lipatkin V.A. *Osobennosti razvitiya vspyshki massovogo razmnozheniya koroeda-tipografa v blizhnem Podmoskovye* [Features of Outbreaks of Bark Beetle in the Moscow Suburbs]. *Lesnoe khozyaystvo* [Forestry]. 2003. № 1. Pp. 31-33.
6. Tero Toivanen, Veli Liikanen, Janne S. Kotiaho. Effects of Forest Restoration Treatments on the Abundance of Bark Beetles in Norway Spruce Forests of Southern Finland. *Forest Ecology and Management - FOREST ECOL MANAGE*. 2009. Vol. 257, no. 1. Pp. 117-125.
7. Maja Jurc, Marko Perko, Sašo Džeroski, Damjan Demšar, Boris Hrašovec *Spruce Bark Beetles (Ips ty-pographus, Pityogenes chalcographus, Col.: Scolytidae) in the Dinaric Mountain Forests of Slovenia: Monitoring and modeling. Ecological Modelling - ECOL MODEL*. 2006. Vol. 194, no. 1. Pp. 219-226.
8. Beat Wermelinger *Ecology and Management of the Spruce Bark Beetle Ips typographus – a review of recent research. Forest Ecology and Management - FOREST ECOL MANAGE*. 2004. Vol. 202, no. 1. Pp. 67-82.
9. Maslov A.D. *Sistema zashchitnykh meropriyatiy ot koroeda-tipografa v zashchitnykh lesakh* [System of Protective Measures Against Bark Beetle in Protected Forests]. *Problemy i perspektivy sovershenstvovaniya lesovodstvennykh meropriyatiy v zashchitnykh lesakh: mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya; 18-20 iunya 2013 g.* [Problems and Perspectives for Improving of Silvicultural Activities in Protected Forests: International research-practical conference; June 18-20, 2013]. Pushkino: VNIILM, 2014. Pp. 119-122.
10. Korotkov S.A., Stonozhenko L.V. *Struktura, ustoychivost i estestvennaya spelost elnikov severovostochnogo Podmoskovya* [Structure, Sustainability and Natural Maturity of Spruce Forests of the North-Eastern Moscow Region]. *Problemy i perspektivy sovershenstvovaniya lesovodstvennykh meropriyatiy v zashchitnykh lesakh: Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya; 18-20 iunya 2013 g.* [Problems and Prospects for Improving of Silvicultural Activities in Protected Forests: International research-practical conference; June 18-20, 2013]. Pushkino: VNIILM, 2014. Pp. 96-99.
11. Kovalevich A.I., Usenya V.V. *Massovoe usykhanie elnikov v Respublike Belarus: sostoyaniye, problemy i puti resheniya* [Mass Drying of Spruce Forests in the Republic of Belarus: Situation, Problems and Solutions]. *Problemy i perspektivy sovershenstvovaniya lesovodstvennykh meropriyatiy v zashchitnykh lesakh: Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya; 18-20 iunya 2013 g.* [Problems and Prospects for Improving of Silvicultural Activities in Protected Forests: International research-practical conference; June 18-20, 2013]. Pushkino: VNIILM, 2014. Pp. 92-96.
12. Zheldak V.I. *Ekologo-lesovodstvennyye osnovy tselevogo ustoychivogo upravleniya lesami* [Ecological and Silvicultural Basis for the Specific Sustainable Forest Management]. Moscow: VNIILM, 2010. 377 p.
13. Zheldak V.I. *Formirovaniye lesovodstvennogo mekhanizma ustoychivogo upravleniya elovymi lesami (kontseptualno-metodicheskie polozeniya)* [Formation of Silvicultural Management System for Spruce Forests Management (conceptual and methodological positions)]. Pushkino: VNIILM, 2014. 80p.

The article was received 31.03.15.

Citation for an article: Zheldak V. I. Conceptual issues of silvicultural measures for spruce forests sustainable management. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management*. 2015. No 4 (28). Pp. 5-22.

Information about the author

ZHELDAK Vladimir Ivanovich – Doctor of Biological Sciences, Senior Researcher, Head of the Laboratory of Forestry and Forest Management, All-Russian Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry. Research interests – forestry, theoretical and methodical problems of silvicultural support for forest management. The author of 130 publications.

УДК 630*181 (470.343)

СТРУКТУРА И ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ДРЕВОСТОЕВ С УЧАСТИЕМ ЯСЕНЯ В ЛЕСАХ МАРИЙСКОГО ПРЕДВОЛЖЬЯ

Ю. П. Демаков^{1,2}, А. В. Исаев², В. Г. Краснов¹

¹Поволжский государственный технологический университет,
Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3
E-mail: DemakovYP@volgatech.net; KrasnovVG@volgatech.net

²Государственный природный заповедник «Большая Кокшага»,
Российская Федерация, 424038, Йошкар-Ола, ул. Воинов-Интернационалистов, 26
E-mail: avsacha@yandex.ru

*Приведены результаты исследований, характеризующие структуру и закономерности развития древостоев с участием ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior* L.) в лесах Марийского нагорного правобережья Волги (Предволжье) и выраженные в форме математических уравнений. Показано, что долевое участие ясеня наиболее велико в молодняках, составляя в среднем 30 %, а в древостоях старше 60 лет оно опускается до 10–17 %. Место ясеня в древостоях постепенно занимает липа, которая подавляет, в свою очередь, развитие берёзы и осины. Максимальный наличный запас древостоев с участием ясеня отмечается в возрасте 60 лет ($275 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$), а кульминация его среднего годовичного прироста – в 20–25 ($5,75 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$). Производительность древостоев с доминированием ясеня выше, чем древостоев с его участием (в 60 лет разница составляет $41 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$). Сделан вывод о том, что выращивать ясень в условиях Марийского Предволжья целесообразно, однако необходимо совершенствовать технологии ухода за лесом и оптимизировать породный состав древостоев.*

Ключевые слова: ясень обыкновенный; Марийское нагорное Предволжье; древостой; структура; развитие.

Введение. Ясень обыкновенный, или высокий (*Fraxinus excelsior* L.), является одной из наиболее хозяйственно ценных, но в то же время очень редких древесных пород в лесном фонде России [1, 2], несомненно нуждающихся в сохранении. Ясень светолюбив и поселяется чаще всего в разреженных пойменных древостоях на влажных и плодородных почвах с нейтральной реакцией среды, где его стволы достигают, в зависимости от климатических условий, 30–40, а иногда даже 60 м высоты. Он образует смешанные по составу и сложные по структуре насаждения, успешно выполняющие многие средообразующие и средоохранные функции, широко используется в полезащитном лесоразведении и садово-парковом строительстве

[1, 3, 4]. Древесина ясеня прочная и красивая, легко обрабатывается, незначительно изменяется в объёме при высушивании и отлично полируется. Ясенева фанера, которую оценивают наравне с красным деревом, идёт на отделку мебельных гарнитуров и музыкальных инструментов. Древесину ясеня из Чувашии использовали в своё время для отделки Кремлёвского дворца съездов. Из неё делают жерди для гимнастических брусьев, спортивные вёсла и высококачественные лыжи. Плоды ясеня – крылатки, которые образуются ежегодно в большом количестве, содержат немало жиров и белков, являясь излюбленным кормом для лесных птиц и зверей. Незрелые мягкие крылатки маринуют, получая пикантную острую приправу к овощным

© Демаков Ю. П., Исаев А. В., Краснов В. Г., 2015.

Для цитирования: Демаков Ю. П., Исаев А. В., Краснов В. Г. Структура и закономерности развития древостоев с участием ясеня в лесах Марийского Предволжья // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2015. – № 4 (28). – С. 23–34.

и мясным блюдам, напоминающую по вкусу маринованные незрелые грецкие орехи [5]. Листья ясеня можно добавлять в чайные смеси. Используется ясеня и в народной медицине. Все эти полезные качества и редкость ясеня в лесах Марий Эл, где проходит северо-восточная граница его ареала, указывают на необходимость сохранения и, по возможности, расширенного воспроизводства этой породы, что можно сделать только на строго научной основе.

Цель работы – выявить закономерности распространения ясеня обыкновенного в лесах Марийского нагорного правобережья и развития древостоев с его участием, выразив их в форме математических моделей, которые необходимы для научного обоснования мероприятий по сохранению и рациональному использованию ресурсного потенциала этой ценной древесной породы.

Объект и методика исследования. Материалом для анализа служила электронная поведельная база данных, содержащая таксационную характеристику древостоев (более 3 тыс. выделов общей площадью 10166 га), произрастающих на территории Марийского нагорного Предволжья, которое входит в состав Ветлужско-Унжинской провинции лесной зоны Русской равнины подзоны широколиственных лесов [6], являясь частью Приволжской возвышенности и краем Чувашского овражного плато, круто обрывающегося к долине Волги. Абсолютные высоты местности составляют 150–190 м. Географическое положение Марийского Предволжья, которое расчленено густой сетью рек, балок и оврагов, довольно специфично. Оно является, по сути, полуостровом, ограниченным с запада р. Сурой, а с севера и северо-востока – Волгой. Леса, покрывающие всего 27 % его территории, произрастают в основном на серых лесных суглинистых почвах. Преобладающий тип леса – дубняк кленово-липовый, а тип лесорастительных условий – свежая дубрава (D₂). Климат умеренно-континентальный, средняя годовая температура воздуха равна +3,3°C, зимой иногда отмечаются морозы

до –46°C, а летом может подниматься до +38°C. Сумма температур выше +10°C составляет 1900–2200°, а средняя продолжительность периода с температурой воздуха выше 0°C – 208 дней [7]. За год в среднем выпадает 475–550 мм осадков, из которых 335–385 мм приходится на апрель–октябрь. Гидротермический коэффициент изменяется по годам от 0,3 до 2,7, составляя в среднем 1,1–1,2.

При решении задачи использовали хорошо отработанную нами информационную технологию, основанную на системном анализе данных массовой таксации насаждений [8–14]. Обработку материала проводили стандартными методами, используя прикладные программы математической статистики. Величина погрешности полученных средних оценок таксационных параметров не превышала 10 %, составляя чаще всего 5 %.

Результаты. Анализ исходного материала показал, что древостои с участием ясеня обыкновенного произрастают в Марийском нагорном Предволжье только в свежих дубравах на площади 805,6 га (7,9 % лесного фонда этого района). По составу они в основном сложные, состоящие из 4–5 пород деревьев (рис. 1), из которых чаще всего встречаются липа (24,5 %), дуб (15,3 %) и берёза (12,5 %). Доля участия в них ясеня изменяется от 1 до 10 единиц, составляя чаще всего 2–4 единицы (в среднем 26,8 %). Преобладание ясеня отмечено всего только на 1/3 части площади древостоев с его участием (277,1 га), из которых 65 % являются лесными культурами. Ясеня произрастает в древостоях с I по V класс бонитета (в среднем 1,66) полнотой от 0,3 до 1,0 (в среднем 0,82), возраст которых может достигать 180 лет.

Породный состав древостоев с участием в них ясеня и параметры их состояния не остаются стабильными на протяжении всей их жизни, а определённым образом изменяются под влиянием естественных факторов и лесохозяйственной деятельности. Так, долевое участие ясеня в молодня-

ках составляет 23–27 % (табл. 1). В 40–60-летних древостоях оно повышается до 32–33 %, а затем постепенно снижается до 10–12 %. Доля липы в древостоях неуклонно увеличивается, достигая в 160–180 лет 67–70 %, а осины до 55 лет в целом снижается. Доля участия остальных пород деревьев флуктуирует в больших пределах, что связано с системной перестройкой древостоев под влиянием неблагоприятных природных факторов, естественных сукцессионных процессов и рубок ухода. Доля дуба в древостоях с участием ясеня наиболее ве-

лика в возрасте 20–30, 65 и 90 лет, а доля берёзы – 20–40 и 80–90 лет. Доля прочих пород, в число которых входят клён, вяз и древовидные ивы, резко увеличивается в возрасте 10–20, 40–50 и 160 лет. Расчёты показали, что долевое участие в древостое ясеня наиболее сильно сопряжено с долевым участием липы (табл. 2), которая постепенно вытесняет его, подавляя также развитие берёзы и осины. Изменение же долевого участия дуба в древостоях слабо зависит от долевого участия других пород деревьев.

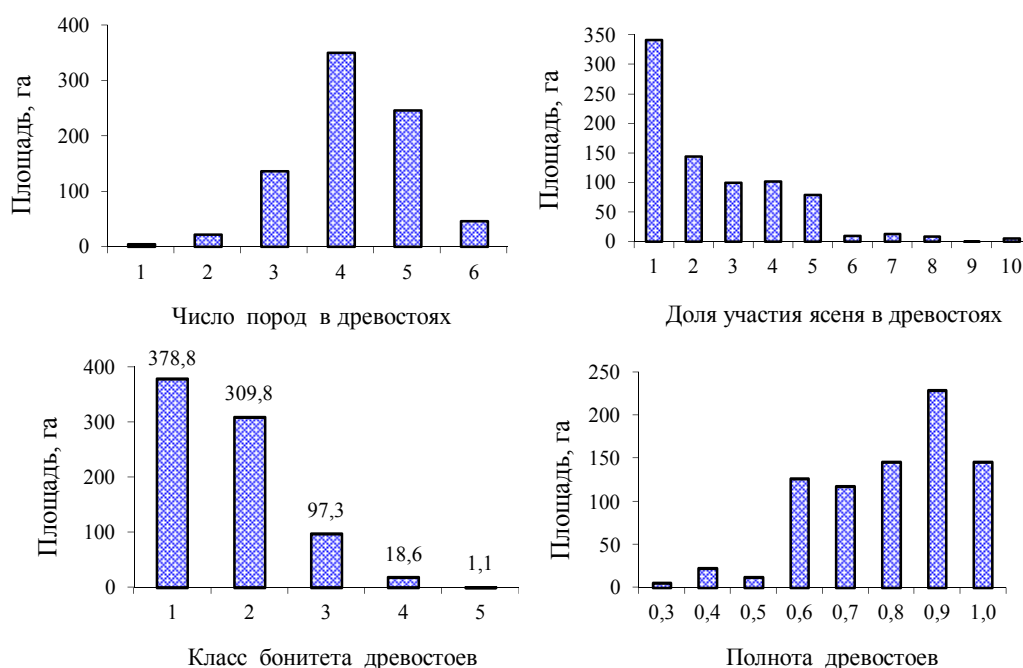


Рис. 1. Параметры древостоев с участием ясеня обыкновенного в лесах Марийского Предволжья

Таблица 1

Породный состав древостоев разного возраста Марийского Предволжья с участием в них ясеня

Средний возраст древостоя, лет	Число выделов	Площадь древостоев, га	Средняя доля участия разных пород в составе древостоев, %					
			ясеня	липы	дуба	берёзы	осины	прочих
5	21	27,9	23,3	10,0	18,1	11,0	27,1	10,5
15	88	138,6	26,9	21,8	4,1	10,3	16,8	20,0
25	70	153,6	27,0	13,9	20,6	16,7	13,1	8,7
35	42	96,6	29,3	25,0	19,3	16,7	4,5	5,2
45	47	125,3	32,3	26,6	16,4	8,7	3,0	13,0
55	42	100,2	33,3	26,9	19,3	13,1	3,6	3,8
65	8	16,3	16,3	35,0	25,0	8,8	12,5	2,5
80	6	12,2	13,3	46,7	13,3	20,0	5,0	1,7
90	10	48,4	11,0	36,0	25,0	17,0	4,0	7,0
100	11	43,4	11,8	63,6	17,3	7,3	0,0	0,0
120	3	13,6	16,7	53,3	16,7	6,7	0,0	6,7
160	1	5,6	10,0	70,0	10,0	0,0	0,0	10,0
180	4	23,9	12,5	67,5	12,5	0,0	5,0	2,5

Таблица 2

Матрица коэффициентов корреляции рядов динамики доли участия в древостое разных пород

Порода деревьев	Значения коэффициентов корреляции между породами деревьев					
	Ясень	Липа	Дуб	Берёза	Осина	Прочие
Ясень	1,00					
Липа	-0,77	1,00				
Дуб	0,02	-0,27	1,00			
Берёза	0,34	-0,63	0,39	1,00		
Осина	0,29	-0,70	-0,01	0,21	1,00	
Прочие	0,43	-0,46	-0,50	-0,06	0,43	1,00

Закономерным образом изменяются с возрастом и другие параметры древостоев. Так, среднее число пород деревьев в них в целом неуклонно уменьшается, резко возрастая лишь в возрасте 50–60, 90 и 160 лет (табл. 3). Среднее значение класса бонитета древостоев в возрасте до 40 лет варьирует в пределах от 1,48 до 1,98, в возрасте 40–70 лет – от 1,26 до 1,38, а после 90 лет увеличивается до 2–3. Полнота

древостоев в возрасте до 60 лет изменяется незначительно, составляя в среднем 0,83–0,86 относительных единиц. Затем она резко снижается до 0,54–0,60, оставаясь на этом уровне в возрасте от 80 до 180 лет. Варьирование значений этих параметров древостоя связано в основном с изменением их породного состава (табл. 4), определяющего выбор норматива при проведении таксации леса.

Таблица 3

Динамика параметров древостоев с участием ясеня в лесах Марийского Предволжья

Средний возраст древостоя, лет	Средние значения параметров древостоев					
	Число пород	Класс бонитета	Полнота	Высота, м	Диаметр, см	Запас, м ³ ·га ⁻¹
5	4,24	1,86	0,83	3,0	2,8	25
15	4,23	1,48	0,86	8,4	7,8	81
25	4,06	1,93	0,85	10,8	10,5	120
35	4,02	1,98	0,84	14,3	13,6	174
45	4,02	1,36	0,81	18,5	18,7	237
55	4,43	1,26	0,86	20,1	19,2	282
65	4,13	1,38	0,76	23,4	24,5	295
80	3,83	1,83	0,58	25,5	30,7	257
90	4,40	1,90	0,54	25,0	31,6	226
100	3,73	2,00	0,55	25,6	32,2	235
120	3,67	2,33	0,57	25,3	41,3	227
160	4,00	3,00	0,60	25,0	60,0	230
180	3,25	2,25	0,58	25,8	54,0	230

Таблица 4

Матрица коэффициентов корреляции таксационных параметров древостоев

Таксационный параметр	Значения коэффициентов корреляции между параметрами древостоев					
	Число пород	Класс бонитета	Полнота	Доля участия пород		
				ясеня	липы	дуба
Число пород	1,00					
Класс бонитета	-0,48	1,00				
Полнота	0,55	-0,60	1,00			
Доля ясеня	0,45	-0,63	0,90	1,00		
Доля липы	-0,69	0,65	-0,84	-0,77	1,00	
Доля дуба	0,30	-0,27	0,02	0,02	-0,27	1,00

Изменение средней высоты (H , м) и диаметра деревьев (D , см) с возрастом насаждений (A , лет) наилучшим образом описывают следующие уравнения регрессии:

$$H = 25,8 \cdot [1 - \exp(-6,796 \cdot 10^{-3} A^{1,377})]; \\ R^2 = 0,994; p < 0,001;$$

$$D = 1,00 \cdot (A - 3)^{1,377}; \\ R^2 = 0,992; p < 0,001.$$

Анализ этих математических моделей показывает, что высота древостоев плотную приближается к своему биологическому пределу, определённым условиями среды обитания ясеня в условиях Марийского Предволжья, уже в возрасте 60–70 лет и после чего уже практически не увеличивается (рис. 2). Максимум текущего годичного прироста в высоту, составляющий 50 см, отмечается в возрасте 15–20 лет, а затем он резко снижается. Значения же среднего диаметра деревьев увеличиваются в течение всей их жизни, хотя текущий годичный прирост неуклонно снижается.

Нормативный запас стволовой древесины в предельно сомкнутых древостоях полнотой 1,0 с участием ясеня в плотную приближается к своему биологическому пределу, составляющему в условиях Марийского Предволжья $410\text{--}420 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, уже в возрасте 70 лет. Математической моделью изменения его величины (M , $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$) с возрастом насаждений (A , лет) является уравнение:

$$M_{\text{норм.}} = 411,4 \cdot [1 - \exp(-97,9 \cdot 10^{-5} A^{1,883})]; \\ R^2 = 0,988; p < 0,01.$$

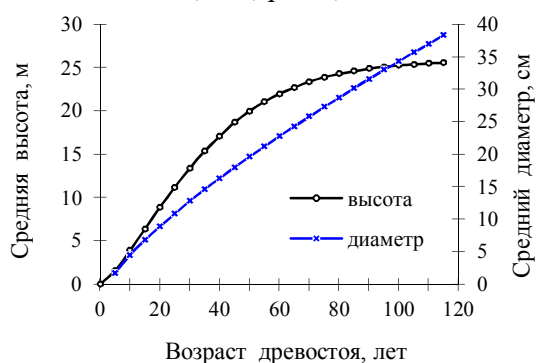


Рис. 2. Динамика средней высоты деревьев, их диаметра и годичного прироста в древостоях с участием ясеня в лесах Марийского Предволжья

Наличный запас стволовой древесины изменяется у всех пород деревьев в целом однотипно, достигая в определённом возрасте максимальной величины, а затем в результате отпада под действием различных факторов постепенно снижается. Для математического описания его динамики лучше всего подходят следующие уравнения:

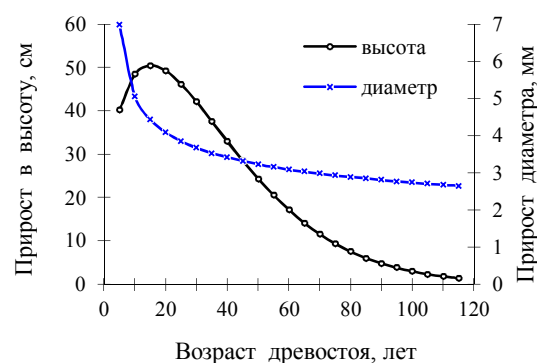
$$M_{\text{общий}} = M_{\text{норм.}} - 186,0 \cdot [1 - \exp(-7,90 \cdot 10^{-6} \cdot A^{2,770})]; R^2 = 0,982; p < 0,01;$$

$$M_{\text{ясеня}} = M_{\text{норм.}} - 387,8 \cdot [1 - \exp(-77,48 \cdot 10^{-5} \cdot A^{1,848})]; R^2 = 0,820; p < 0,01;$$

$$M_{\text{дуба}} = 7,73 \cdot 10^{-2} \cdot A^2 \times \exp(-31,10 \cdot 10^{-3} \cdot A^{0,975}); R^2 = 0,802; p < 0,05;$$

$$M_{\text{липы}} = 0,292 \cdot A^{1,5} \cdot \exp(-8,23 \cdot 10^{-3} \cdot A); \\ R^2 = 0,935; p < 0,01.$$

Анализ этих моделей, графическое отображение которых представлено на рис. 3, показывает, что кульминация нального запаса ясеня в древостоях отмечается в возрасте 50 лет, составляя $69 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$. У дуба максимальный запас древесины отмечается в 75 лет ($54 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$), у липы — в 180 ($160 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$), а у древостоя в целом — в 60 ($275 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$). Кульминация среднего годичного прироста запаса (рис. 4) наступает у ясеня и древостоя в целом — в возрасте 20–25 лет ($1,75$ и $5,75 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ соответственно), у дуба — в 35–40 ($1,00 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$), у липы — в 55–65 ($1,38 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$). Кульминация текущего годичного прироста наступает в ещё более раннем возрасте: у ясеня и древостоя в целом — в 15 лет ($2,15$ и $6,76 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ соответственно), у дуба — в 20 ($1,25 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$), у липы — в 35 ($1,57 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$).



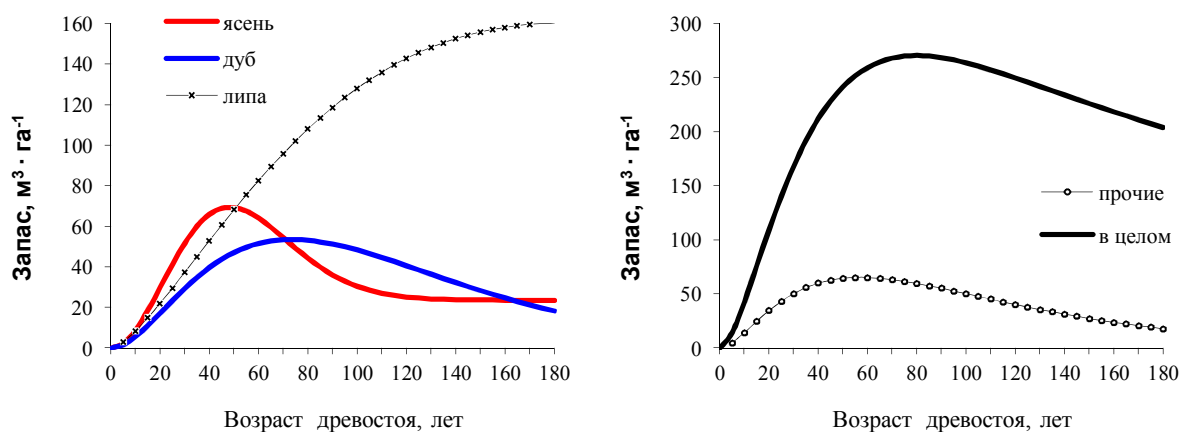


Рис. 3. Модели динамики наличного запаса различных пород деревьев в древостоях с участием ясеня в лесах Марийского Предволжья

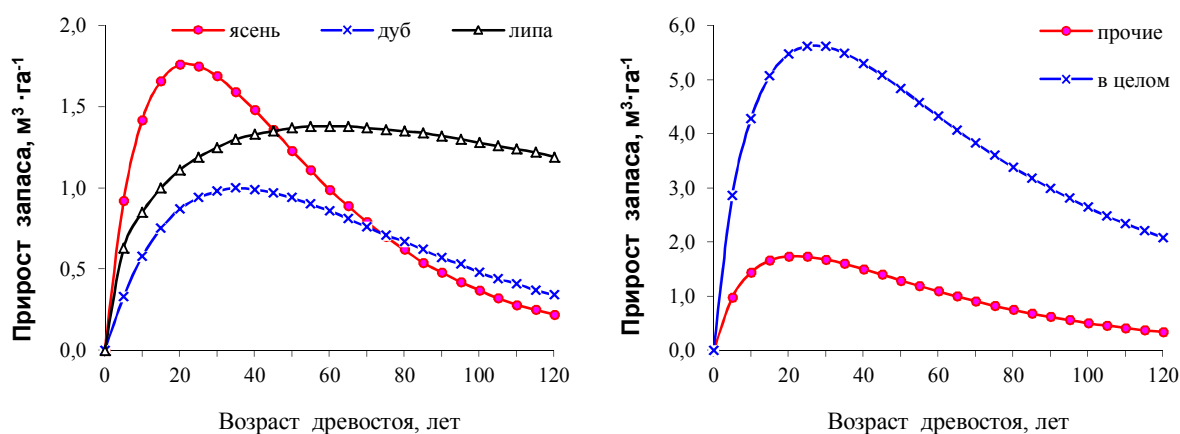


Рис. 4. Модели динамики среднего годовичного прироста запаса различных пород деревьев в древостоях с участием ясеня в лесах Марийского Предволжья

Породная структура древостоев с преобладанием в них ясеня в Марийском Предволжье несколько иная, чем древостоев с его участием, хотя по составу они тоже в основном сложные (табл. 5). Средняя доля ясеня в молодняках составляет 65 %, а с возрастом она постепенно снижается до 43 %. В качестве сопутствующих пород в этих древостоях чаще всего встречаются липа, доля которой варьирует вне связи с возрастом от 2,5 до 25 %, и берёза (4,3–19,6 %). Гораздо реже встречаются осина (2,5–13,3 %) и дуб (1,0–13,2 %). В древостоях старше 60 лет ясень уже не входит в число преобладающих пород, а присутствует лишь в виде примеси. Основной причиной этого являются сильные морозы зимы 1941/1942 го-

да, приведшие к гибели многих деревьев ясеня и расстройству насаждений. Морозы 1955/1956 и 1978/1979 годов оказали на ясень меньшее влияние, что связано, возможно, с выпадением неустойчивых к этому фактору особей и сохранением в ценопопуляциях наиболее устойчивых из них.

Среднее значение класса бонитета древостоев изменяется от 1,00 до 1,42 вне всякой зависимости от их возраста, а их полнота – от 0,81 до 0,90 (табл. 6). Варьирование этих значений, а также породной структуры древостоев связано, на наш взгляд, скорее с особенностями лесорастительных условий мест их произрастания и проведением рубок ухода, нежели с протеканием сукцессий.

Таблица 5

Породный состав древостоев разного возраста с преобладанием в них ясеня

Средний возраст древостоя, лет	Число выделов	Среднее число пород	Средняя доля участия разных пород в составе древостоев, %					
			ясеня	липы	дуба	берёзы	осины	прочих
10	4	3,25	65,0	2,5	2,5	12,5	10,0	7,5
15	21	4,38	43,3	20,5	1,0	4,3	13,3	17,6
20	12	3,17	62,5	10,0	0,0	10,8	2,5	14,2
25	23	3,96	48,3	8,3	4,8	19,6	8,3	10,9
35	19	3,79	46,8	22,6	6,3	16,8	0,0	7,4
45	14	3,21	51,4	17,9	5,0	15,7	0,7	9,3
50	22	4,36	46,4	22,7	9,1	10,0	4,1	7,7
55	28	4,46	42,9	25,0	13,2	10,4	3,9	4,6

Таблица 6

Динамика параметров древостоев с преобладанием ясеня в лесах Марийского Предволжья

Средний возраст древостоя, лет	Площадь древостоев, га	Средние значения параметров древостоев				
		Класс бонитета	Полнота	Высота, м	Диаметр, см	Запас, м ³ ·га ⁻¹
10	3,9	1,25	0,85	4,8	3,5	45
15	29,2	1,00	0,89	7,6	7,2	70
20	25,4	1,42	0,88	9,8	8,7	106
25	45,8	1,61	0,86	11,4	10,0	137
35	51,7	1,05	0,84	17,2	14,6	217
45	37,7	1,00	0,81	20,8	18,9	281
50	45,6	1,18	0,88	20,1	18,5	286
55	69,8	1,14	0,90	20,7	18,4	300

Средняя высота (Н, м) и диаметр деревьев (D, см) в древостоях с преобладанием ясеня изменяются с их возрастом (А, лет) также несколько по-иному, чем в древостоях с его участием. Математическими их моделями, достоверно отображающими динамику значений данных параметров древостоев до возраста 70 лет, являются следующие уравнения регрессии:

$$H = 23,2 \cdot [1 - \exp(-7,193 \cdot 10^{-3} A^{1,456})];$$

$$R^2 = 0,991; p < 0,001;$$

$$D = 22,9 \cdot [1 - \exp(-16,72 \cdot 10^{-3} (A - 3)^{1,191})];$$

$$R^2 = 0,980; p < 0,01.$$

Анализ моделей показывает, что до 55 лет высота древостоев с преобладанием ясеня выше, чем древостоев с его участием. Наибольшие различия, достигающие 1,3–1,4 м, отмечаются в возрасте от 25 до 35 лет. Максимум текущего годичного прироста в высоту отмечается в возрасте

15 лет и составляет 58 см, против 50,5 см в древостоях с участием ясеня. Средний диаметр деревьев в насаждениях с преобладанием ясеня в возрасте до 20 лет и старше 40 лет ниже, чем в насаждениях с его участием. В возрасте 60 лет разница достигает 3 см. Лишь в возрастном интервале 20–40 лет различия практически не проявляются.

Математическими моделями динамики запаса стволовой древесины (М, м³·га⁻¹) являются следующие уравнения регрессии:

$$M_{\text{норм.}} = 357,4 \cdot [1 - \exp(-95,84 \cdot 10^{-5} A^{2,032})];$$

$$R^2 = 0,989; p < 0,01;$$

$$M_{\text{факт.}} = 340,7 \cdot [1 - \exp(-19,45 \cdot 10^{-4} A^{1,758})];$$

$$R^2 = 0,997; p < 0,001;$$

$$M_{\text{ясеня}} = 145,5 \cdot [1 - \exp(-26,18 \cdot 10^{-4} \cdot A^{1,752})];$$

$$R^2 = 0,966; p < 0,01.$$

Их анализ показывает, что производительность древостоев с доминированием ясеня выше, чем древостоев с его участием в результате, главным образом, их более высокой полноты. Разница между ними с возрастом увеличивается и в 60 лет достигает $41 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$. Разница же между запасом ясеневой древесины в них ещё более значительна и достигает в этом возрасте $77 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$. Разница среднего годовичного прироста общего запаса древесины в момент его кульминации, отмечающейся в 35 лет, составляет $0,50 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, а ясеневго элемента леса – $1,38 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$. Производительность древостоев с преобладанием ясеня в Марийском Предволжье хотя и значительно ниже, чем в других регионах [3, 4], где климатические и почвенно-экологические условия более благоприятны для его роста, но всё же достаточно велика, и выращивание их, учитывая ценность ясеневой древесины и большой спрос на неё, рентабельно и целесообразно, особенно в современный период глобального потепления и мягких зим.

Повышение производительности древостоев и долевого участия в них ясеня возможно только путём регулирования их

густоты и породного состава с помощью рубок ухода, проводить которые нужно как можно раньше. Исследования показали, что наибольший запас стволовой древесины имеют в молодости трёхпородные древостои, доля участия ясеня в которых составляет 30–50 % (табл. 7). Лучшими породами для смешения с ясенем являются липа и лиственница [3, 4]. Примесь первой из них всегда появляется в насаждениях естественным путём, а вторую нужно вводить искусственно. Примесь в древостоях дуба не всегда желательна, так как ясень воздействует на него отрицательно, постепенно вытесняя из биогеоценозов [15]. Производительность древостоев с участием более четырёх пород деревьев резко снижается. Полноту молодых древостоев целесообразно поддерживать на уровне 0,6–0,7 единиц. Полностью решить задачу по оптимизации густоты и породного состава древостоев, а также режимов их выращивания можно лишь на основе натурных экспериментов. На это потребуется, естественно, очень много времени, средств и терпения, однако получить надёжные результаты иным путём, к сожалению, невозможно.

Таблица 7

Влияние числа пород деревьев на производительность и состав древостоев с участием ясеня

Число пород деревьев	Запас древостоев, м ³ ·га ⁻¹	Средняя доля участия разных пород в составе древостоев, %					
		ясеня	дуба	липы	берёзы	осины	прочих
Возраст древостоев 20 лет							
3	132	48,0	14,0	10,0	8,0	18,0	2,0
4	101	28,6	8,6	14,2	18,6	20,0	10,0
5	110	15,0	6,0	32,0	15,0	14,0	18,0
6	90	20,0	3,3	20,0	16,7	16,7	23,3
Возраст древостоев 25 лет							
3	145	30,7	25,4	6,2	18,5	15,4	3,8
4	116	25,0	19,5	19,4	17,2	11,7	7,2
5	116	21,8	17,1	12,9	20,0	16,5	11,7
6	100	18,0	16,0	20,0	12,0	16,0	18,0
Возраст древостоев 30 лет							
3	240	44,0	0,0	12,0	42,0	2,0	0,0
4	170	30,0	20,0	22,2	16,7	2,2	8,9
5	135	16,9	26,2	23,1	11,5	13,1	9,2
6	130	30,0	10,0	30,0	0,0	10,0	20,0

Выводы

1. Древостои с участием ясеня обыкновенного, которые произрастают в Марийском нагорном Предволжье только в свежих дубравах (ТЛУ D₂), по составу являются в основном сложными, состоящими из 4–5 пород деревьев, из которых в них чаще всего встречаются липа (24,5 %), дуб (15,3 %) и берёза (12,5 %). Их возраст достигает 180 лет, класс бонитета варьирует от I до V (средний 1,66), а полнота – от 0,3 до 1,0 (в среднем 0,82).

2. Породный состав древостоев с участием ясеня и параметры их состояния закономерно изменяются на протяжении всей их жизни, частично флуктуируя под влиянием неблагоприятных природных факторов, естественных сукцессионных процессов и лесохозяйственной деятельности. Долевое участие ясеня наиболее велико в молодняках, составляя в среднем 30 %, а в древостоях старше 60 лет оно опускается до 10–17 %. Место ясеня в древостоях постепенно заменяет липа, которая вытесняет также берёзу и осину.

3. Изменение наличного запаса древесины у разных пород деревьев в древостоях с участием ясеня отображается куполообразной кривой. Максимальный запас древесины ясеня отмечается в возрасте 50 лет ($69 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$), а липы – в 180 лет ($160 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$). Кульминация же наличного запаса древостоя в целом отмечается в возрасте 60 лет, составляя $275 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$. Кульминация среднего годового прироста запаса у ясеня наступает в возрасте 20–25 лет ($1,75 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$), а текущего – в 15 лет ($2,15 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$), у липы соответственно в 55–65 ($1,38 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$) и 35 ($1,57 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$), у древостоя в целом – в 20–25 ($5,75 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$) и 15 ($6,76 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$).

4. Высота древостоев вплотную приближается к своему биологическому пределу, определённым условиями среды обитания ясеня в условиях Марий-

ского Предволжья, уже в возрасте 60–70 лет и после чего уже практически не увеличивается. Максимум текущего годового прироста в высоту, составляющий 50 см, отмечается в возрасте 15–20 лет, а затем он резко снижается. Значения же среднего диаметра деревьев увеличиваются в течение всей их жизни, хотя текущий годичный прирост неуклонно снижается.

5. Производительность древостоев с доминированием ясеня выше, чем древостоев с его участием. Разница между ними с возрастом увеличивается и достигает в 60 лет $41 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$. Разница же между запасом ясеновой древесины в них ещё более значительна и достигает в этом возрасте $77 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$. Разница среднего годового прироста общего запаса древесины в момент его кульминации, отмечающейся в 35 лет, составляет $0,50 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, а ясенового элемента леса – $1,38 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$. Высота древостоев с преобладанием ясеня до 55 лет выше, чем древостоев с его участием. Наибольшие различия, достигающие 1,3–1,4 м, отмечаются в возрасте от 25 до 35 лет. Максимум текущего годового прироста в высоту отмечается в возрасте 15 лет и составляет 58 см, против 50,5 см в древостоях с участием ясеня. Средний диаметр деревьев в насаждениях с преобладанием ясеня в возрасте старше 40 лет ниже, чем в насаждениях с его участием, что связано с различиями их густоты. В возрасте 60 лет разница достигает уже 3 см.

6. Производительность древостоев с преобладанием ясеня в Марийском Предволжье хотя и значительно ниже, чем в других регионах, где климатические и почвенно-экологические условия более благоприятны для его роста, но всё же достаточно велика и выращивание их, учитывая ценность ясеновой древесины и большой спрос на неё, целесообразно, особенно в смеси с другими породами (липой и лиственницей сибирской).

Список литературы

1. Пчелин, В. И. Дендрология / В.И. Пчелин. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. – 519 с.
2. Лесной фонд России: Справочник. – М.: Государственная лесная служба, 2003. – 637 с.
3. Юркевич, И. Д. Ясеньевые леса Беловежской пуцци / И.Д. Юркевич, В.С. Адериго, В.С. Гельтман // Беловежская пуца: Исследования. – Минск: Наука и техника, 1971. – Вып. 5. – С. 3-22.
4. Чернодубов, А. И. Ясень обыкновенный в лесостепи / А.И. Чернодубов, Е.Е. Шелестов. – Воронеж: Воронежская государственная лесотехническая академия, 2010. – 67 с.
5. Федоров, Ф. В. Дикорастущие пищевые растения / Ф.В. Федоров. – Чебоксары: Чувашское кн. изд-во, 1993. – 215 с.
6. Курнаев, С. Ф. Лесорастительное районирование СССР / С.Ф. Курнаев. – М.: Наука, 1973. – 201 с.
7. Агроклиматические ресурсы Марийской АССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 107 с.
8. Демаков, Ю. П. Методика использования таксационных описаний насаждений для анализа структуры и динамики древостоев / Ю.П. Демаков // Наука в условиях современности. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2009. – С. 6-8.
9. Демаков, Ю. П. Динамика производительности и состава древостоев в различных экотопах заповедника «Большая Кокшага» / Ю.П. Демаков, А.В. Исаев // Научные труды государственного природного заповедника «Большая Кокшага». – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2009. – Вып. 4. – С. 24-67.
10. Демаков, Ю. П. Структура и динамика естественных лесных биогеоценозов Ботанического сада МарГТУ / Ю.П. Демаков, Е.А. Медведкова // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2010. – № 1. – С. 16-28.
11. Демаков, Ю. П. Структура, продуктивность и динамика осинников Республики Марий Эл / Ю.П. Демаков, А.Е. Смыков, Н.Н. Гаврицкова // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2011. – № 2. – С. 24-38.
12. Демаков, Ю. П. Структура ельников Республики Марий Эл и закономерности распространения елей рода *Picea* в её лесном фонде / Ю.П. Демаков, А.А. Симанова // Хвойные бореальной зоны. – 2014. – № 5-6. – С. 29-35.
13. Демаков, Ю. П. Закономерности развития древостоев в сурамях Марийского Заволжья / Ю.П. Демаков, А.В. Исаев, А.А. Симанова // Сибирский лесной журнал. – 2015. – № 1. – С. 43-57.
14. Демаков, Ю. П. Закономерности развития древостоев в суборах Марийского Заволжья / Ю.П. Демаков, А.В. Исаев // Вестник Удмуртского государственного университета. Серия: Биология. Науки о Земле. – 2015. – Т. 25, Вып. 2. – С. 58-70.
15. Колесниченко, М. В. Биохимические взаимодействия древесных растений / М.В. Колесниченко. – М.: Лесная промышленность, 1968. – 152 с.

Статья поступила в редакцию 15.09.15.

Информация об авторах

ДЕМАКОВ Юрий Петрович – доктор биологических наук, профессор-консультант кафедры лесных культур и механизации лесохозяйственных работ, Поволжский государственный технологический университет, главный научный сотрудник заповедника «Большая Кокшага». Область научных интересов – лесоведение, лесоводство, биогеоценология. Автор 290 публикаций, в том числе 10 монографий и учебных пособий.

ИСАЕВ Александр Викторович – кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель директора государственного природного заповедника «Большая Кокшага» по научной работе. Область научных интересов – биогеоценология, лесное почвоведение, охрана природы. Автор 47 публикаций, в том числе одной монографии.

КРАСНОВ Виталий Геннадиевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесных культур, селекции и биотехнологии, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – искусственное лесовосстановление и лесоразведение основных древесных пород. Автор 70 публикаций.

UDC 630*181 (470.343)

STRUCTURE AND PECULIARITIES OF DEVELOPMENT OF STANDS WITH SOME SHARE OF ASHES IN MARI FORESTS (VOLGA REGION)

Yu. P. Demakov^{1,2}, A. V. Isaev², V. G. Krasnov¹¹Volga State University of Technology,

3, Lenin sq., Yoshkar-Ola, Russian Federation, 424000

E-mail: DemakovYP@volgatech.net; KrasnovVG@volgatech.net

²State National Reserve «Bolshaya Kokshaga»,

26, Voinov-Internatsionalistov St., Yoshkar-Ola, Russian Federation, 424038

E-mail: avsacha@yandex.ru

Key words: European ash; Mari upland pre-Volga area; stands; structure; development.

ABSTRACT

*The goal of the research is to reveal the peculiarities for European ash expansion in Mari forests (upland right bank of the Volga) and development of stands with some share of European ash. An e-database, containing taxation description of stands (more than 3000 stratum, total area - 10166 ha) in the territory of Mari upland pre-Volga area, was chosen to be the material for the analysis. Research results show the structure and peculiarities of development of stands with European ash (*Fraxinus excelsior* L.). They are offered in the form of mathematical equations. In the studied area, there are stands with European ash in fresh oak forests only (D_2 growth conditions). The stands are mainly complex in composition (4–5 tree species). The most common species are linden (24,5 %), oak (15,3 %), and birch (12,5 %). The age of trees may be up to 180 year, bonitet class varies from I to V (1,66 mean figure), density varies from 0,3 to 1,0 (0,82 mean figure). The share of ash is higher in young stands (about 30 %), but in the stands older than 60 years the share of ash is 10–17 %. Little by little, linden tree replaces ash. Besides, it suppresses propagation of birch and asp. Maximum wood stock of ash is found to be at 50 years old (69 m^3/ha), linden – 180 years old (160 m^3/ha). The age of the highest wood stock on the whole is 60 years old (275 m^3/ha). The highest mean annual increment of ash is at the age of 20–25 years old (1,75 m^3/ha), stand on the whole – 20–25 years old (5,75 m^3/ha). Productivity of a stand where ash prevails is higher, than the productivity of stands with some share of ash (at the age of 60 years old, the difference is 41 m^3/ha). It was also defined that the height of trees with some share of ash was close to its biological limit at 60–70 years old (25,8 m), determined by the environment conditions of their growing; after that, it had practically no changes. Maximum of current annual increment in height (50 cm) is at the age of 15–20 years old, then it decreases sharply. The height of stands and current annual increment are higher in the stands where ash prevails. Most differences were found to be at the age 25 - 35 years old. It was concluded it was reasonable to cultivate ash in Mari upland pre-Volga area. However, it is necessary to improve the technologies of forest tending and to optimize stands species composition.*

REFERENCES

1. Pchelin V. I. *Dendrologiya* [Dendrology]. Yoshkar-Ola: MarSTU, 2007. 519 p.
2. Lesnoy fond Rossii: Spravochnik [Russian Forests: reference book]. Moscow: Gosudarstvennaya lesnaya sluzhba, 2003. 637 p.
3. Yurkevich I. D., Aderiko V. S., Geltman V. S. Yasenevye lesa Belovezhskoy pushchi [Ash Forests in Belovezhskaya Pushcha]. *Belovezhskaya pushcha: Issledovaniya* [Belovezhskaya pushcha: researches]. Minsk: Nauka i tekhnika, 1971. Issue 5. Pp. 3–22.
4. Chernodubov A. I., Shelestov E. E. *Yasen obyknovenny v lesostepi* [European Ash in Forest-Steppe Area]. Voronezh: Voronezhskaya gosudarstvennaya lesotekhnicheskaya akademiya, 2010. 67 p.
5. Fedorov F. V. *Dikorastushchie pishchevye rasteniya* [Wild Food Plants]. Cheboksary: Chuvashskoe kn.izdatelstvo, 1993. 215 p.
6. Kurnae S. F. *Lesorastitelnoe rayonirovanie SSSR* [Zoning of the Forest Sites in the USSR]. Moscow: Nauka, 1973. 201 p.
7. *Agroklimaticheskie resursy Mariyskoy ASSR* [Agroclimatic Resources in Mari ASSR]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1972. 107 p.
8. Demakov Yu. P. Metodika ispolzovaniya taksatsionnykh opisaniy nasazhdeniy dlya analiza struktury i dinamiki drevostoev [A Methods to Use Taxation Description of Plantations for the Analysis of Structure and Dynamics of Stands]. *Nauka v*

usloviyakh sovremennosti [Science in Present-Day Conditions]. Yoshkar-Ola: MarSTU, 2009. Pp. 6–8.

9. Demakov Yu. P., Isaev A.V. Dinamika proizvoditelnosti i sostava drevostoev v razlichnykh ekotopakh zapovednika «Bolshaya Kokshaga» [Dynamics of Productivity and Composition of Stands in Various Ecotopes of Nature Reserve «Bolshaya Kokshaga»]. *Nauchnye trudy gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika «Bolshaya Kokshaga»* [Research papers of state nature reserve «Bolshaya Kokshaga»]. Yoshkar-Ola: MarSTU, 2009. Issue 4. Pp. 24–67.

10. Demakov Yu. P., Medvedkova E.A. Struktura i dinamika estestvennykh lesnykh biogeotsenozov Botanicheskogo sada MarGTU [Structure and Dynamics of Natural Forest Biogeocoenoses in Botanic Garden of MarSTU.]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie*. [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2010. № 1. Pp. 16–28.

11. Demakov Yu. P., Smykov A.E., Gavritskova N.N. Struktura, produktivnost i dinamika osinnikov Respubliki Mariy El [Structure, Productivity and Dynamics of Mari El Republic Groves]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie*. [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.:

Forest. Ecology. Nature Management]. 2011. № 2. Pp. 24–38.

12. Demakov Yu. P., Simanova A.A. Struktura elnikov Respubliki Mariy El i zakonomernosti rasprostraneniya eley roda Picea v ee lesnom fonde [Structure of Fir Stands in Mari El Republic and Peculiarities for Propagation of Picea in Forests]. *Khvoynye borealnoy zony* [Coniferous Trees in Boreal Area]. 2014. № 5-6. Pp. 29–35.

13. Demakov Yu. P., Isaev A.V., Simanova A.A. Zakonomernosti razvitiya drevostoev v suramenyakh Mariyskogo Zavolzhyia [Peculiarities for Stands Development in the Suramen of Trans-Volga Area]. *Sibirskiy lesnoy zhurnal* [Siberian Forest Journal]. 2015. № 1. Pp. 43–57.

14. Demakov Yu. P., Isaev A.V. Zakonomernosti razvitiya drevostoev v suboryakh Mariyskogo Zavolzhyia [Peculiarities of Stands Development in Subor Conditions of Mari Trans-Volga Region]. *Vestnik Udmurtskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Biologiya. Nauki o Zemle* [Vestnik of Udmurt State University. Series: Biology. Earth Sciences]. 2015. Vol. 25, Issue 2. Pp. 58–70.

15. Kolesnichenko M. V. *Biokhimicheskie vzaimovliyaniya drevesnykh rasteniy* [Biochemical Interconnection of Woody Plants]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1968. 152 p.

The article was received 15.09.15.

Citation for an article: Demakov Yu. P., Isaev A. V., Krasnov V. G. Structure and peculiarities of development of stands with some share of ashes in Mari forests (Volga Region). *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management*. 2015. No 4 (28). Pp. 23-34.

Information about the authors

DEMAKOV Yuriy Petrovich – Doctor of Biological Sciences, visiting professor at the Chair of Forest Plantations and Mechanization of Forestry Activities at Volga State University of Technology, chief researcher at the state national reserve «Bolshaya Kokshaga». Research interests – forestry, silviculture, biogeocoenology The author of 290 publications, including 10 monographs and study guides.

ISAEV Alexander Victorovich – Candidate of Agricultural Sciences, Deputy Director for Research Activity, state natural reserve «Bolshaya Kokshaga». Research interests – biogeocoenology, forest pedology, nature protection. The author of 47 publications including one monograph.

KRASNOV Vitaliy Gennadiyevich – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Chair of Forest Plantations, Selection and Biotechnology, Volga State University of Technology. Research interests – artificial forest restoration and forest cultivation of the main woody species. The author of 70 publications.

УДК 630*165.6 + 630*232.311.3

ГЕНОТИПИЧЕСКОЕ НЕСХОДСТВО ПЛЮСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) ПО ФИЗИОЛОГИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ ПОБЕГОВ

Н. Н. Бессчетнова¹, В. П. Бессчетнов¹, В. Л. Черных²

¹Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия,
Российская Федерация, 603107, Нижний Новгород, пр. Гагарина, 97
E-mail: besschetnova1966@mail.ru

²Поволжский государственный технологический университет,
Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3
E-mail: ChernyhVL@volgatech.net

Плюсовые деревья сосны обыкновенной существенно различаются показателями физиологического состояния побегов. Комплекс этих показателей выступает надёжным критерием оценки их адаптированности и резистентности. Дисперсионный анализ установил высокую степень генотипической обусловленности различий плюсовых деревьев по развитию и лигнификации ксилемы, содержанию сахаров и крахмала. Многомерный анализ предоставил возможность оценить уровень генотипического несходства плюсовых деревьев.

Ключевые слова: сосна обыкновенная; плюсовые деревья; архив клонов; лигнификация ксилемы; крахмал; жиры; генотипическое несходство.

Введение. Осуществление намеченных Государственной программой Российской Федерации «Развитие лесного хозяйства» на 2013–2020 годы * мероприятий по дальнейшему развитию отечественного лесного семеноводства на генетико-селекционной основе предполагает неуклонный рост качества используемых семян, что всегда признавалось приоритетом отечественными специалистами [1–5]. Зарубежные публикации подтверждают обоснованность такого подхода и его актуальность [6–10]. Совершенствование существующей системы отбора плюсовых деревьев возможно посредством увеличения перечня оцениваемых признаков, используемых в качестве селекционных критериев и маркеров, и расширения ар-

сенала и спектра методов их всестороннего анализа [11–15].

Цель работы – дать сравнительную оценку плюсовых деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) по комплексу показателей физиологического состояния растений, на её основе определить степень их селекционной значимости.

Предмет исследования – генотипическая обусловленность показателей физиологического состояния плюсовых деревьев сосны обыкновенной.

Объектом исследований выступал ассортимент плюсовых деревьев в составе архива клонов № 12 Государственного бюджетного учреждения Нижегородской области «Семеновский спецсемлесхоз».

© Бессчетнова Н. Н., Бессчетнов В. П., Черных В. Л., 2015.

Для цитирования: Бессчетнова Н. Н., Бессчетнов В. П., Черных В. Л. Генотипическое несходство плюсовых деревьев сосны обыкновенной (*Pinus Sylvestris* L.) по физиологическому состоянию побегов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2015. – № 4 (28). – С. 35–49.

* Государственная программа Российской Федерации «Развитие лесного хозяйства» на 2013 – 2020 годы: Утв.: распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 дек. 2012 г. № 2593 - р : Председатель Правительства Российской Федерации Д. Медведев [Доступ – 17.09.2013: http://www.nbchr.ru/PDF/042_oos.pdf] // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2013. – № 2. – 230 с.

Методика исследований. Присутствие крахмала и жиров в тканях побегов связывают с устойчивостью растений к неблагоприятным зимним условиям, резистентностью к воздействию низких температур, сбалансированностью многих процессов их жизнедеятельности [16–22]. Крахмал выявляли цветной реакцией на раствор Люголя [23, 24], жиры фиксировались реакцией на Судан-III [23]. Их содержание регистрировалось в условных баллах по предложенной нами [25] шкале. Оценка давалась по каждой учётной зоне тканей отдельно, в сумме баллов по всем учётным зонам и в средних значениях балльных оценок для учётной зоны. В качестве контроля визирования использовались неокрашенные срезы, не подвергавшиеся воздействию тестирующих реагентов [25, 26]. Состояние и темпы развития ксилемы древесных растений, процессы образования и лигнификации её клеток, соотношение между формируемыми при этом ранней и поздней древесиной, а также их наследственная обусловленность выступают предметом разносторонних исследований [27–32]. Одревеснение ксилемы оценивали с помощью качественной реакции лигнина на флороглюцин [23, 24, 33, 34]. При проведении гистохимического анализа нами использовался собственный опыт выполнения таких работ [35–39].

Результаты исследований и их обсуждение. Плюсовые деревья, представленные в архиве клонов № 12, заметно различались по своему физиологическому состоянию (рис. 1). При этом отчётливо проступает неодинаковый характер соотношений между плюсовыми деревьями по разным признакам (см. рис. 1), что связано со спецификой их наследственной детерминации и величиной дисперсии. Так, по числу частично одревесневших клеток ксилемы (см. рис. 1, б) плюсовое дерево K-601 с наибольшими оценками ($16,60 \pm 1,46$) превосходило образец K-612 с наименьшей величиной по данной характеристике ($5,80 \pm 0,97$) в 3,21 раза. Аналогичные заключения удаётся сделать и в

отношении других признаков, введённых в схему анализа.

Поскольку отмеченная неоднородность ассортиментного состава проявилась на выровненном фоне экологических условий, можно с большой уверенностью говорить о её генотипической обусловленности. Однофакторный дисперсионный анализ (табл. 1) подтвердил справедливость сделанных утверждений. Материалы табл. 1 позволяют констатировать, что в комплексе плюсовых деревьев, представленных в архиве клонов № 12, опытные критерии Фишера по всем признакам превосходят свои табличные величины на 5- и 1-процентном уровнях значимости. Наименьшая существенная разность (HCP_{05}) и D-критерий Тьюки (D_{05}) обозначают критический порог существенности различий и позволяют установить, между какими вегетативными потомствами он будет достигнут или превышен. Эти оценки в дальнейшем использованы для определения по каждому плюсовому дереву числа случаев его парного сопоставления со всеми остальными, в которых фактическая разность больше заданного уровня существенности различий или равна ему. На их основе формируется матрица существенных различий, используемая в вычислении значений индекса неидентичности.

В целом полученный материал соответствует представлению о выровненности условий произрастания на данном опытном участке и минимизации в соответствии с этим влияния внешних факторов на дифференциацию анализируемых растений по учитываемым показателям. Доля влияния организованных факторов, которые в нашем случае определены принадлежностью к тому или иному плюсовому дереву, в оценках по алгоритму Плохинского составила от $16,79 \pm 5,80$ % (признак 8) до $63,56 \pm 2,54$ % (признак 11). Вычисления по алгоритму Снедекора дали вполне сопоставимый результат: от $11,23 \pm 6,18$ % (признак 8) до $61,58 \pm 2,68$ % (признак 11). Приведённые сведения указывают на за-

метную генотипическую обусловленность различий между плюсовыми деревьями по разнообразным параметрам их физиологического состояния, обеспечивающим резистентность растений к комплексу неблагоприятных внешних факторов.

Эффективность действия всех организованных факторов, вызывающих возникновение фенотипических различий между плюсовыми деревьями по содержанию

запасных веществ и состоянию ксилемы, позволила установить двухфакторный иерархический дисперсионный анализ (табл. 2). Различия между собственно плюсовыми деревьями – ортетами, оказались существенными во всех вариантах опыта. Расчётные критерии Фишера превосходят соответствующие критические значения на 5- и на 1-процентном уровнях значимости.

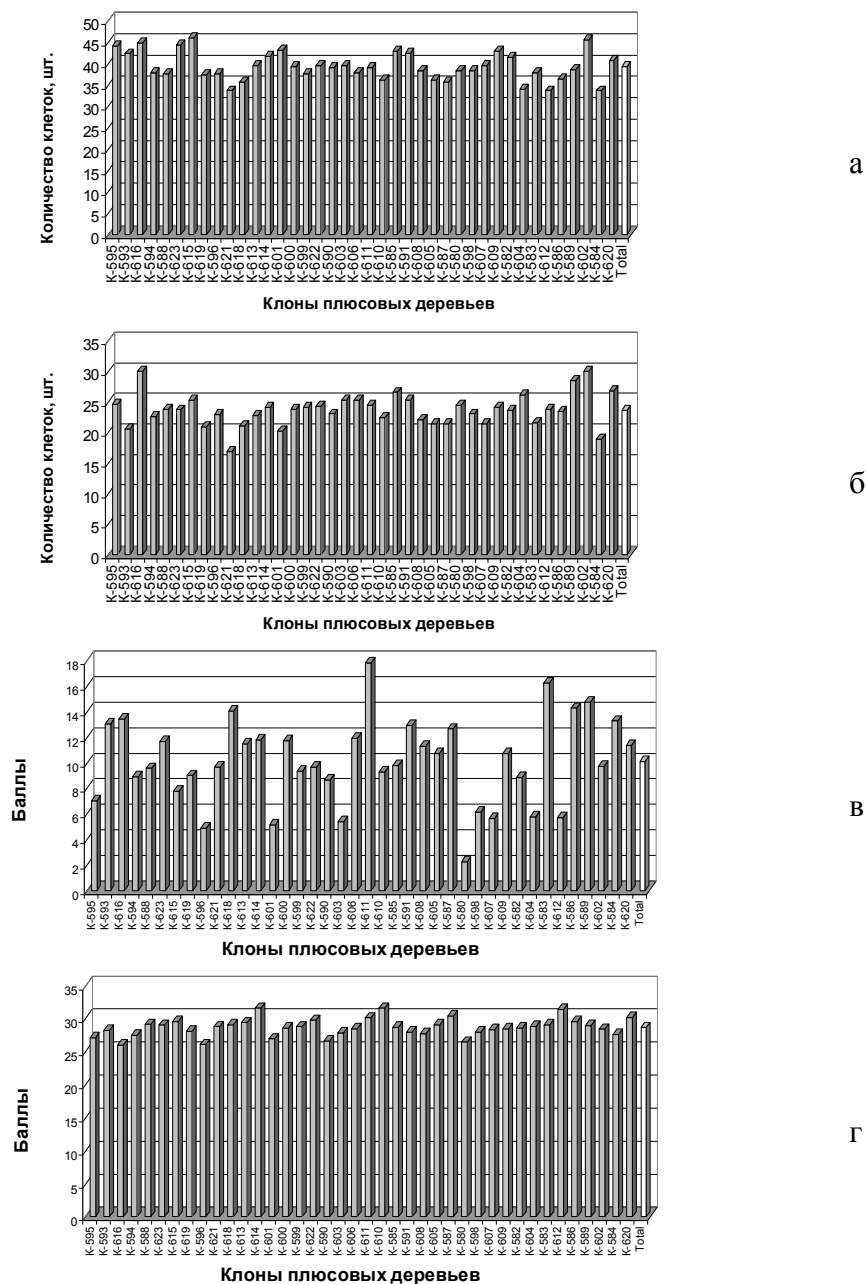


Рис. 1. Соотношение между плюсовыми деревьями в архиве клонов № 12:
а) общее количество клеток ксилемы; б) не одревесневших клеток ксилемы;
в) содержание крахмала; г) содержание жиров

Таблица 1

Существенность различий между плюсовыми деревьями по показателям физиологического состояния годовичных побегов

Признак	Критерий Фишера		Доля влияния фактора ($h^2 \pm s_{h2}$)				Критерии различий	
			по Плохинскому		по Снедекору			
	$F_{оп}$	F_{05}/ F_{01}	h^2	$\pm s_{h2}$	h^2	$\pm s_{h2}$	HCP_{05}	D_{05}
Признак 1	3,38	1,40/1,59	0,1907	0,0564	0,1371	0,0601	5,0	9,1
Признак 2	5,30	1,40/1,59	0,2695	0,0509	0,2227	0,0541	3,2	5,8
Признак 3	6,09	1,40/1,59	0,2980	0,0489	0,2535	0,0520	1,3	2,4
Признак 4	3,72	1,40/1,59	0,2056	0,0553	0,1533	0,0590	3,9	7,1
Признак 5	3,73	1,40/1,59	0,2061	0,0553	0,1539	0,0589	3,9	7,0
Признак 6	5,70	1,40/1,59	0,2843	0,0498	0,2387	0,0530	3,5	6,3
Признак 7	6,47	1,40/1,59	0,3107	0,0480	0,2673	0,0510	3,3	6,0
Признак 8	2,90	1,40/1,59	0,1679	0,0580	0,1123	0,0618	4,9	8,9
Признак 9	16,04	1,40/1,59	0,5276	0,0329	0,5007	0,0348	2,3	4,2
Признак 10	6,52	1,40/1,59	0,3122	0,0479	0,2690	0,0509	1,5	2,6
Признак 11	25,04	1,40/1,59	0,6356	0,0254	0,6158	0,0268	1,3	2,4
Признак 12	14,81	1,40/1,59	0,5077	0,0343	0,4793	0,0363	2,9	5,2

Примечание: в табл. 1 использованы сокращённые названия признаков: признак 1 – общее количество сформировавшихся рядов клеток ксилемы; признак 2 – количество рядов полностью одревесневших клеток ранней ксилемы; признак 3 – количество рядов абсолютно не одревесневших клеток ксилемы; признак 4 – количество рядов частично одревесневших клеток ксилемы; признак 5 – глубина одревеснения с учётом коэффициента балльной оценки; признак 6 – абсолютный процент одревеснения клеток ксилемы; признак 7 – относительный процент одревеснения клеток ксилемы с учётом частично одревесневших (полуодревесневших) клеток; признак 8 – сумма рядов полностью одревесневших клеток ранней и поздней ксилемы; признак 9 – содержание крахмала; признак 10 – содержание жиров; признак 11 – отношение содержания жиров к содержанию крахмала; признак 12 – суммарное содержание жиров и крахмала.

Влияние фактора, обусловленного различиями между ортегами, достоверно и достаточно велико: от $16,79 \pm 8,11$ % по признаку 8 до $63,56 \pm 3,55$ % по признаку 11 (по алгоритму Плохинского) и от $11,45 \pm 8,63$ % по признаку 8 до $61,58 \pm 2,68$ % по признаку 11 (по алгоритму Снедекора). Действие различий между раметами несколько меньше и в ряде случаев демонстрирует неподтверждённый критериями Фишера эффект. Его максимум в оценках по алгоритму Плохинского достигает $31,12 \pm 27,55$ % (признак 5) и даже $33,78 \pm 26,49$ % (признак 10). Влияние данного фактора связано с фенотипической неоднородностью вегетативного потомства одного плюсового дерева и может быть объяснено, исходя из следующих соображений. Существующие регламенты и реализуемая в соответствии с

ними агротехника создания архивов клонов предусматривает выравнивание условий произрастания и минимизацию в этой связи их дифференцирующего эффекта. Кроме того, принятые приёмы тиражирования и режимы выращивания посадочного материала обеспечивают однотипность его технологических параметров. Причиной неравноценности прививок (этот метод размножения использовался для создания анализируемого объекта) остаётся качество работ при их выполнении, как впрочем, и индивидуальное состояние подвоя и привоя. Это может определять успешность их срастания и последующее развитие.

Фоновое влияние собственно факторов среды доминирует далеко не во всех случаях. Вместе с тем по ряду признаков оно превышает 50 % или приближается к

этому уровню. Данное обстоятельство указывает на определённую зависимость проявляющейся способности плюсовых деревьев накапливать в своих тканях запасные вещества, развивать достаточной мощности ксилему и завершать лигнификацию её клеток от воздействия внешних условий. Оно способно в некоторой степени нивелировать разницу в показателях,

имеющую генотипическую природу, и предопределяет возможность достаточно больших изменений в фенотипических проявлениях признака. Это влияние также способно изменить соотношение в показателях определённого набора плюсовых деревьев при учётах в разные годы, характеризующиеся несходными климатическими параметрами.

Таблица 2

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа плюсовых деревьев по физиологическому состоянию тканей однолетних побегов

Порядковый номер признака	Источник дисперсии	Критерий Фишера		Доля влияния фактора ($h^2 \pm m_h$)			
		$F_{оп}$	$F_{05/01}$	по Плохинскому		по Снедекору	
				h^2	$\pm m_{h2}$	h^2	$\pm m_{h2}$
Признак 1	ортеты (А)	2,89	1,50/ 1,70	0,1907	0,0789	0,1391	0,0839
	раметы (В)	1,26	1,24/ 1,36	0,2709	0,2916	0,0681	0,3728
	остаток (Z)	-	-	0,5384	0,4616	0,7928	0,2072
Признак 2	ортеты (А)	5,37	1,50/ 1,70	0,2695	0,0712	0,2227	0,0758
	раметы (В)	0,98	1,24/ 1,36	0,2058	0,3177	-0,0051	0,4021
	остаток (Z)	-	-	0,5247	0,4753	0,7825	0,2175
Признак 3	ортеты (А)	5,81	1,50/ 1,70	0,2980	0,0684	0,2536	0,0728
	раметы (В)	1,07	1,24/ 1,36	0,2103	0,3159	0,0168	0,3933
	остаток (Z)	-	-	0,4918	0,5082	0,7296	0,2704
Признак 4	ортеты (А)	2,74	1,50/ 1,70	0,2056	0,0775	0,1569	0,0822
	раметы (В)	1,58	1,24/ 1,36	0,3077	0,2769	0,1367	0,3453
	остаток (Z)	-	-	0,4867	0,5133	0,7064	0,2936
Признак 5	ортеты (А)	2,72	1,50/ 1,70	0,2061	0,0774	0,1577	0,0821
	раметы (В)	1,61	1,24/ 1,36	0,3112	0,2755	0,1427	0,3429
	остаток (Z)	-	-	0,4826	0,5174	0,6996	0,3004
Признак 6	ортеты (А)	5,51	1,50/ 1,70	0,2843	0,0698	0,2389	0,0742
	раметы (В)	1,05	1,24/ 1,36	0,2116	0,3153	0,0124	0,3950
	остаток (Z)	-	-	0,5041	0,4959	0,7488	0,2512
Признак 7	ортеты (А)	6,08	1,50/ 1,70	0,3107	0,0672	0,2673	0,0714
	раметы (В)	1,09	1,24/ 1,36	0,2096	0,3161	0,0219	0,3912
	остаток (Z)	-	-	0,4797	0,5203	0,7108	0,2892
Признак 8	ортеты (А)	2,50	1,50/ 1,70	0,1679	0,0811	0,1145	0,0863
	раметы (В)	1,23	1,24/ 1,36	0,2751	0,2900	0,0643	0,3743
	остаток (Z)	-	-	0,5570	0,4430	0,8213	0,1787
Признак 9	ортеты (А)	7,28	1,50/ 1,70	0,5276	0,0461	0,4892	0,0498
	раметы (В)	4,25	1,24/ 1,36	0,2975	0,2810	0,2657	0,2937
	остаток (Z)	-	-	0,1749	0,8251	0,2451	0,7549
Признак 10	ортеты (А)	3,79	1,50/ 1,70	0,3122	0,0671	0,2697	0,0712
	раметы (В)	2,41	1,24/ 1,36	0,3378	0,2649	0,2338	0,3065
	остаток (Z)	-	-	0,3500	0,6500	0,4964	0,5036
Признак 11	ортеты (А)	9,90	1,50/ 1,70	0,6356	0,0355	0,5986	0,0391
	раметы (В)	6,53	1,24/ 1,36	0,2635	0,2946	0,2602	0,2959
	остаток (Z)	-	-	0,1009	0,8991	0,1412	0,8588
Признак 12	ортеты (А)	6,79	1,50/ 1,70	0,5077	0,0480	0,4688	0,0518
	раметы (В)	4,14	1,24/ 1,36	0,3069	0,2772	0,2716	0,2914
	остаток (Z)	-	-	0,1854	0,8146	0,2596	0,7404

Двухфакторный иерархический дисперсионный анализ (см. табл. 2), в целом, подтвердил оценки генотипической обусловленности различий между плюсовыми деревьями в физиологическом состоянии тканей их побегов, отмеченные в ходе однофакторного анализа (см. табл. 1). При этом он позволил вычленить долю влияния такого фактора, как «различия между раметами». Полученные сведения обуславливают принципиальную возможность включения данного перечня показате-

телей в состав комплекса признаков при многомерной идентификации объектов лесной селекции. Зная величину коэффициента наследуемости признака (см. табл. 1 и 2), определяли степень генотипической обусловленности установленного несходства плюсовых деревьев в составе архива клонов № 12 ГБУ НО «Семеновский спецсемлесхоз». На завершающем этапе вычисляли величину интегрального показателя – индекса неидентичности каждого из них (табл. 3).

Таблица 3

**Значения показателей несходства признаков и индекса неидентичности
плюсовых деревьев сосны обыкновенной в архиве клонов № 12**

Клон	Показатель несходства по анализируемым признакам												Индекс
	Признак 1	Признак 2	Признак 3	Признак 4	Признак 5	Признак 6	Признак 7	Признак 8	Признак 9	Признак 10	Признак 11	Признак 12	
К-595	4,00	3,23	1,79	3,49	3,30	1,71	2,17	2,35	13,72	7,18	11,44	16,75	0,406
К-593	1,72	5,66	2,38	6,17	6,60	1,71	1,86	1,51	13,19	3,43	9,53	9,14	0,359
К-616	5,34	10,24	8,34	2,26	2,06	2,56	3,42	2,01	13,72	10,93	10,80	8,63	0,459
К-594	1,53	2,16	3,28	1,03	0,82	2,27	2,17	0,84	13,19	5,31	7,63	11,68	0,296
К-588	1,53	1,89	5,36	2,67	2,47	6,25	6,52	1,85	10,55	3,43	12,71	8,12	0,362
К-623	4,39	1,62	5,36	4,11	3,30	1,42	2,49	1,85	10,55	3,12	6,36	9,14	0,307
К-615	5,53	3,50	1,79	5,96	5,77	3,98	3,73	5,04	12,14	4,68	10,80	11,68	0,426
К-619	1,53	4,85	4,77	1,03	0,82	6,25	5,59	1,85	12,14	3,75	5,72	11,68	0,342
К-596	1,53	1,89	2,38	1,64	1,65	2,84	2,49	1,51	17,41	10,62	21,61	18,78	0,482
К-621	4,00	10,51	2,38	1,23	1,44	7,39	8,08	4,87	10,03	3,12	10,80	8,63	0,414
К-618	2,29	4,04	11,32	2,26	2,06	10,80	11,18	0,67	15,30	3,43	9,53	13,20	0,492
К-613	1,33	2,16	6,26	1,03	0,82	5,12	6,21	0,84	10,03	4,06	6,99	8,63	0,305
К-614	1,72	2,16	3,28	2,47	2,06	3,98	4,97	1,68	10,55	11,24	5,08	14,22	0,362
К-601	3,05	6,74	1,79	7,40	7,83	2,56	4,97	3,19	17,41	8,12	20,34	17,26	0,575
К-600	1,33	1,89	1,79	1,23	1,24	1,71	1,86	0,67	10,55	3,75	6,36	9,65	0,240
К-599	1,53	2,16	2,98	2,88	3,50	4,26	8,08	1,85	11,08	3,12	6,36	8,63	0,322
К-622	1,33	2,43	2,98	1,03	1,03	2,27	3,11	1,01	10,03	5,31	10,17	8,63	0,282
К-590	1,53	1,89	1,79	1,03	1,24	2,56	2,49	0,67	13,19	9,05	6,36	14,22	0,320
К-603	1,33	3,50	2,68	1,44	1,44	1,71	2,17	1,01	17,41	3,75	19,70	16,75	0,416
К-606	1,53	3,50	6,26	1,85	1,65	5,97	8,39	1,01	10,55	3,43	8,26	9,65	0,354
К-611	1,53	2,43	4,47	1,03	1,03	4,55	5,28	0,84	20,58	7,18	14,62	19,80	0,476
К-610	2,29	2,16	4,47	1,44	1,44	2,84	3,73	1,68	11,61	11,24	12,71	8,63	0,367
К-585	3,05	5,12	2,09	1,23	1,44	2,56	3,42	1,85	10,03	3,43	5,72	8,63	0,277
К-591	1,72	3,50	1,79	1,85	1,86	2,56	3,11	1,34	12,66	3,75	9,53	8,63	0,299
К-608	0,95	2,43	2,98	1,64	1,65	1,71	3,11	0,67	9,50	3,75	8,26	8,12	0,256
К-605	2,29	3,23	11,02	2,06	2,27	10,52	11,18	0,67	9,50	3,12	6,99	8,63	0,408
К-587	2,29	3,23	2,68	1,44	1,44	1,71	2,80	1,85	12,66	8,12	6,99	13,20	0,333
К-580	0,95	2,43	2,38	2,26	2,06	2,56	3,11	1,34	21,11	9,68	25,42	19,80	0,532

Окончание таблицы 3

Клон	Показатель несходства по анализируемым признакам												Индекс
	Признак 1	Признак 2	Признак 3	Признак 4	Признак 5	Признак 6	Признак 7	Признак 8	Признак 9	Признак 10	Признак 11	Признак 12	
К-598	0,95	1,89	2,98	1,03	1,03	1,71	2,80	0,67	16,88	3,75	16,53	16,75	0,382
К-607	1,33	3,23	2,98	2,47	2,47	2,27	3,42	1,01	16,88	3,12	19,70	16,75	0,432
К-609	3,05	2,16	2,09	3,08	3,09	2,56	2,80	1,85	8,97	3,43	6,99	8,12	0,275
К-582	1,72	1,89	4,17	2,06	1,65	2,56	2,49	0,84	13,19	3,75	6,99	11,68	0,302
К-604	3,81	4,31	11,62	3,29	2,89	11,37	12,43	0,67	16,88	3,12	19,07	14,72	0,595
К-583	1,53	2,96	4,77	2,06	1,86	3,98	2,80	0,84	19,00	3,12	12,71	17,26	0,416
К-612	4,00	1,89	2,98	6,17	6,60	1,71	2,49	3,69	16,88	10,93	23,52	11,68	0,528
К-586	2,29	1,89	1,79	2,67	3,30	1,71	6,52	3,19	16,36	5,00	10,17	16,75	0,409
К-589	0,95	9,16	8,64	4,32	4,33	5,69	8,08	0,84	16,88	3,43	10,80	14,72	0,502
К-602	5,34	9,97	1,79	1,23	0,82	2,56	2,80	4,53	10,03	3,43	5,72	8,63	0,325
К-584	4,00	8,36	2,98	1,23	0,82	1,42	2,17	3,19	13,72	4,37	9,53	8,63	0,345
К-620	0,95	5,66	6,55	2,88	2,68	5,12	3,11	1,01	9,50	6,87	6,36	10,15	0,347
Total	1,53	1,89	2,09	1,03	1,03	1,71	3,11	0,67	10,03	3,75	10,17	8,12	0,258
$n \times h^2$	7,82	11,05	12,22	8,43	8,45	11,66	12,74	6,88	21,63	12,80	26,06	20,82	-
h^2	0,19	0,27	0,30	0,21	0,21	0,28	0,31	0,17	0,53	0,31	0,64	0,51	-

Примечание: в табл. 3 использованы сокращённые названия признаков, принятые для табл. 1, а также следующие обозначения показателей: h^2 – коэффициент наследуемости в широком смысле; n – число учтённых плюсовых деревьев.

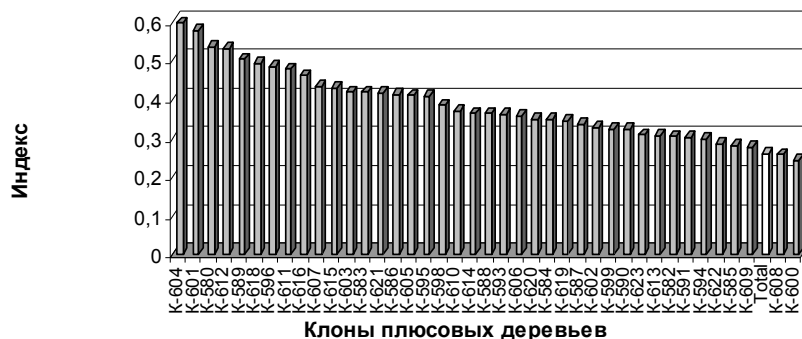


Рис. 2. Индекс неидентичности плюсовых деревьев по степени развитости и лигнификации ксилемы, содержанию крахмала и жиров в клетках тканей

Материалы табл. 3 дают представление о характере формирования комплексных различий между плюсовыми деревьями по показателям физиологического состояния растений. Полученные оценки степени их наследственно обусловленного несходства в конечном итоге позволили ранжировать весь ассортимент по возрастанию значений индекса неидентичности (рис. 2, табл. 4).

На рис. 2 и в материалах табл. 4 видно, что ассортимент архива клонов № 12

сравнительно монотонно распределён в ранжированном ряду. Однако удаётся заметить, что плюсовые деревья К-604 и К-607 выделяются на общем фоне наиболее высокими оценками наследственно обусловленных несовпадений по предложенному комплексу признаков. Плюсовые деревья К-580, К-612, К-589, К-618, К-596, К-611, К-616, хотя имели заметно меньшие значения, также входили в группу лидеров.

Ранжирование (см. табл. 4, рис. 3) позволяет сгруппировать плюсовые деревья в архиве клонов № 12 в соответствии с их генотипической индивидуальностью. К категории с «высокими» оценками индекса в границах 0,50 – 0,74(9) отнесено 5 из 40 объектов: К-604, К-601, К-580, К-612, К-589. В количественном плане заметно преобладает (34 из 40 объектов) группа со «средними» оценками индекса: от 0,25 до 0,49(9). Категория объектов, имеющих «низкий» (до 0,25) индекс неидентичности, представлена только одним плюсовым деревом К-600. Такая категория значений индекса неидентичности как «очень высокий» (0,75 – 1,00) не представлена ни одним образцом. В конечном итоге каждое плюсовое дерево из числа включённых в схему анализа получило индивидуальную оценку степени генотипического несходства с остальными объектами того же комплекса и в соответствии с её величиной

заняло строго определённое место в ранжированном ряду. Плюсовые деревья, обладающие наибольшими значениями индекса неидентичности, имеют меньше совпадений по всему комплексу характеристик с каждым из других. Это позволяет признать меньшую вероятность их генетического родства, а следовательно, и меньшую опасность возникновения негативных последствий инбредной депрессии сменного потомства от скрещивания с другими плюсовыми деревьями. Такими характеристиками в нашем случае обладают плюсовые деревья К-604, К-601, К-580, К-612, К-589, образовавшие группу с «высокими» оценками индекса, а также некоторая часть из состава следующей за ними группы, имеющей «средние» показатели: К-618, К-596, К-611, К-616. Они более предпочтительны в составе лесосеменных плантаций первого порядка и лесосеменных плантаций повышенной генетической ценности.

Таблица 4

Ранжирование плюсовых деревьев сосны обыкновенной по величине индекса несходства по 12 признакам физиологического состояния

Ранг	Плюсовое дерево	Число превышений	Индекс несходства	Ранг	Плюсовое дерево	Число превышений	Индекс несходства
1	К-604	104,190	0,595	21	К-588	63,369	0,362
2	К-601	100,661	0,575	22	К-593	62,903	0,359
3	К-580	93,103	0,532	23	К-606	62,048	0,354
4	К-612	92,525	0,528	24	К-620	60,834	0,347
5	К-589	87,855	0,502	25	К-584	60,437	0,345
6	К-618	86,105	0,492	26	К-619	59,970	0,342
7	К-596	84,352	0,482	27	К-587	58,407	0,333
8	К-611	83,327	0,476	28	К-602	56,855	0,325
9	К-616	80,319	0,459	29	К-599	56,422	0,322
10	К-607	75,652	0,432	30	К-590	55,997	0,320
11	К-615	74,601	0,426	31	К-623	53,699	0,307
12	К-603	72,906	0,416	32	К-613	53,477	0,305
13	К-583	72,875	0,416	33	К-582	52,969	0,302
14	К-621	72,497	0,414	34	К-591	52,296	0,299
15	К-586	71,629	0,409	35	К-594	51,903	0,296
16	К-605	71,487	0,408	36	К-622	49,320	0,282
17	К-595	71,145	0,406	37	К-585	48,568	0,277
18	К-598	66,962	0,382	38	К-609	48,189	0,275
19	К-610	64,236	0,367	39	К-608	44,767	0,256
20	К-614	63,401	0,362	40	К-600	42,023	0,240

Примечание: в табл. 4 число превышений фактической разностью установленного уровня критериев существенности различий (HCP_{05}) скорректировано на соответствующие величины коэффициента наследуемости в широком смысле.

Выводы. Подводя предварительные итоги, можно заметить, что ассортимент плюсовых деревьев во всех объектах ПЛСБ и ЕГСК неоднороден по широкому перечню показателей физиологического состояния растений. В значительной степени зафиксированные различия носят наследственный характер. Степень несовпадения значений при сопоставлении анализируемых характеристик плюсовых де-

ревьев связана с их индивидуальными особенностями и детерминирована генотипически. Многопараметрическое несходство плюсовых деревьев позволяет дать интегральную оценку их генотипической неидентичности, которая обеспечивает выделение в составе ассортимента лесосеменных плантаций и архивов клонов наиболее предпочтительных кандидатов для объектов постоянной лесосеменной базы.

Список литературы

1. Царев, А.П. Вопросы и проблемы плюсовой селекции / А.П. Царев, Н.В. Лаур // Лесной вестник. – 2006. – № 5. – С. 118 – 123.
2. Царев, А.П. Программы лесной селекции (в России и за рубежом): монография / А.П. Царев. – М.: МГУЛ, 2013. – 164 с.
3. Бессчетнов, В.П. Проблемы и перспективы развития лесного семеноводства на селекционно-генетической основе в Нижегородской области / В.П. Бессчетнов // Создание и использование постоянной лесосеменной базы на селекционной основе, перспективные методы выращивания посадочного материала и опыт создания лесных культур с закрытой корневой системой на базе Семеновского спецсемлесхоза Нижегородской области / Тезисы докладов на совещании-семинаре. – Нижний Новгород, 2005. – С. 26 – 27.
4. Бессчетнова, Н.Н. Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Морфометрия и физиология хвои плюсовых деревьев / Н.Н. Бессчетнова, В.П. Бессчетнов. Монография. – Нижний Новгород: Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, 2014. – 368 с.
5. Бессчетнова, Н.Н. Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Репродуктивный потенциал плюсовых деревьев / Н.Н. Бессчетнова. Монография. – Нижний Новгород: Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, 2015. – 586 с.
6. Alizoti, P.G. Effect of Different Climatic Conditions on Phenological Assortative Mating in a Black Pine (*Pinus nigra* Arn.) Clonal Seed Orchard [Free access – 17.07.2015: http://www.iufro.org/download/file/10659/5289/20901-antalya12-abstracts_pdf/] / P.G. Alizoti, K. Kyllimis, P. Gallios // Seed Orchards and Breeding Theory Conference: 21-25 May, 2012 - Antalya, Turkey. Proceedings. – Isparta-Turkey: Forestry Faculty of Suleyman Demirel University, 2012. – Pp. 55 – 56.
7. Funda, T. Parental Reproductive Investment and Success in Conifer Seed Orchards [Free access – 17.07.2015: http://www.iufro.org/download/file/10659/5289/20901-antalya12-abstracts_pdf/] / T. Funda, Y.A. El-Kassaby // Seed Orchards and Breeding Theory Conference: 21-25 May, 2012 - Antalya, Turkey. Proceedings. – Isparta-Turkey: Forestry Faculty of Suleyman Demirel University, 2012. – Pp. 35 – 39.
8. Lee, K.M. Spatial Genetic Structure and Mating System of *Pinus densiflora* Seed Orchard Based on Microsatellite Marker Analysis [Free access – 17.07.2015: http://www.iufro.org/download/file/10659/5289/20901-antalya12-abstracts_pdf/] / K.M. Lee, Y.Y. Kim, Y.R. Kwon, K.J. Cho // Seed Orchards and Breeding Theory Conference: 21-25 May, 2012 - Antalya, Turkey. Proceedings. – Isparta-Turkey: Forestry Faculty of Suleyman Demirel University, 2012. – Pp. 104 – 105.
9. Almqvist, C. Effect of pruning and stand density on cone and pollen production in *Pinus sylvestris* seed orchards [Free access – 10/08/2015: http://www.iufro.org/download/file/16708/5477/20402-20207-20211-prague14-abstracts_pdf/] / D. Lindgren // Forest Tree Breeding. Conference 2 August 25-29, 2014, Prague, Czech Republic. Book of Abstracts. – Prague: Czech University of Life Sciences Prague, Faculty of Forestry and Wood Sciences, 2014. – Pp. 6 – 6.
10. Lindgren, D. Seed orchards and supporting breeding [Free access – 10/08/2015: http://www.iufro.org/download/file/16708/5477/20402-20207-20211-prague14-abstracts_pdf/] / D. Lindgren // Forest Tree Breeding. Conference 2 August 25-29, 2014, Prague, Czech Republic. Book of Abstracts. – Prague: Czech University of Life Sciences Prague, Faculty of Forestry and Wood Sciences, 2014. – Pp. 3 – 3.
11. Бессчетнов, В.П. Сравнительная оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной по параметрам семян / В.П. Бессчетнов, Н.Н. Бессчетнова // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2012. – № 1 (14). – С. 3 – 11.
12. Бессчетнова, Н.Н. Многомерная оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной по пока-

зателям пигментного состава хвои / Н.Н. Бессчетнова // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2013. – № 1 (17). – С. 5 – 14.

13. Бессчетнова, Н.Н. Многомерная оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) по выходу семян из шишек / Н.Н. Бессчетнова, В.П. Бессчетнов, С.А. Денисов, В.Л. Черных // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2014. – № 2(22). – С. 21 – 35.

14. Ganea, L.S. Multiplex nuclear SSR amplification in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). [Free access: 11.04.2012: <http://www.Cabi.org/forestsience/FullTextPDF/2012/20123003662.pdf>] / L. S. Ganea, M. R. G. Gil // University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine, Cluj-Napoca, Romania, Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Horticulture. – 2011. – Vol. 68, No. 1. – Pp. 47 – 53.

15. Kurt, Y. Genetic comparison of *Pinus brutia* Ten. populations from different elevations by RAPD markers [Free access – 11.04.2012: <http://www.cabi.org/forestsience/FullTextPDF/2011/20113388907.pdf>] / Y. Kurt, B.B. Bilgen, N. Kaya, K. Isik // Notulae Botanicae, Horti Agrobotanici, Cluj-Napoca. – 2011. – Vol. 39, No. 2. – Pp. 299 – 304.

16. Лур, Х. Физиология древесных растений: Пер. с нем. / Х. Лур, Г. Польстер, Г.-И. Фидлер. – М.: Лесная промышленность, 1974. – 424 с.

17. Либберт, Э. Физиология растений: Пер. с нем. / Э. Либберт. – М.: Мир, 1976. – 582 с.

18. Крамер, П.Д. Физиология древесных растений: Пер. с англ. / П.Д. Крамер, Т.Т. Козловский. – М.: Лесная промышленность, 1983. – 464 с.

19. Brahim, M.B. Effects of phosphate deficiency on photosynthesis and accumulation of starch and soluble sugars in 1-year-old seedlings of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait) [Free access – 06.04.2012: http://www.afs-journal.org/articles/forest/pdf/1996/04/AFS_0003-4312_1996_53_4_ART0001.pdf] / M.B. Brahim, D. Loustau, J.P. Gaudillère, E. Saur // Annals of Forest Science. – 1996. – Vol. 53, No. 4. – Pp. 801 – 810.

20. Andersone, U. Changes of Morphogenic Competence in Mature *Pinus sylvestris* L. Buds in vitro [Free access - 05.04.2012: <http://aob.oxfordjournals.org/content/90/2/293.full.pdf+html>] / U. Andersone, G. Vinsh // Annals of Botany. – 2002. – Vol. 90, Iss. 2. – Pp. 293 – 298.

21. Mencuccini, M. The significance of phloem transport for the speed with which canopy photosynthesis and belowground respiration are linked [Free access – 05.05.2015: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.2009.03050.x/epdf>] / M. Mencuccini, T. Hölttä // New phytologist. – 2010. – Vol. 185, Iss. 1. – Pp. 189 – 203.

22. Woodruff, D.R. Water stress, shoot growth and storage of non-structural carbohydrates along a tree height gradient in a tall conifer [Free access – 17.05.2015: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-3040.2011.02388.x/epdf>] / D.R. Woodruff, F.C. Meinzer // Plant, Cell & Environment. – 2011. – Vol. 34, Iss. 11. – Pp. 1920 – 1930.

23. Прозина, Н.М. Ботаническая микротехника / Н.М. Прозина. – М.: Высшая школа, 1960. – 205 с.

24. Гродзинский, А.М. Краткий справочник по физиологии растений / А.М. Гродзинский, Д.М. Гродзинский. – Киев: Наукова думка, 1964. – 288 с.

25. Бессчетнова, Н.Н. Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Селекционный потенциал плюсовых деревьев / Н.Н. Бессчетнова. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & co. KG. (ISBN 978-3-8443-5608-3), 2011. – 402 с.

26. Бессчетнова, Н.Н. Сравнительная оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной по содержанию крахмала в побегах / Н.Н. Бессчетнова // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – № 2 (9). – 2010. – С. 49 – 55.

27. Gryc, V. Density of juvenile and mature wood of selected coniferous species [Free access – 11.04.2012: <http://www.cabi.org/forestsience/FullTextPDF/2011/20113175200.pdf>] / V. Gryc, H. Vavrčik, K. Horn // Journal of Forest Science. – 2011. – Vol. 57, Iss. 3. – Pp. 123 – 130.

28. Begum, S. Effects of Low Temperature in Reactivated Cambial Cells Induced by Localized Heating During Winter Dormancy in Conifers [Free access - 03.04.2012: <http://scialert.net/qredirect.php?doi=ajpp.2012.30.40&linkid=pdf>] / S. Begum, S. Nakaba, Md. A. Islam, Y. Yamagishi, R. Funada // American Journal of Plant Physiology. – 2012. – Vol. 7, Iss. 1. – Pp. 30 – 40.

29. Lloyd, A. Localization of Cell Wall Polysaccharides in Normal and Compression Wood of Radiata Pine: Relationships with Lignification and Microfibril Orientation [Free access – 04.08.2015: <http://www.plantphysiol.org/content/158/2/642.full.pdf+html>] / L.A. Donaldson, J.P. Knox // Plant Physiology. – 2012. – Vol. 158, No 2. – Pp. 642 – 653.

30. Mencuccini, M. Concurrent measurements of change in the bark and xylem diameters of trees reveal a phloem-generated turgor signal [Free access – 05.05.2015: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/nph.12224/epdf>] / M. Mencuccini, T. Hölttä, S. Sevanto, E. Nikinmaa // New phytologist. – 2013. – Vol. 198, Iss. 4. – Pp. 1143 – 1154.

31. Jyske, T. Comparison of phloem and xylem hydraulic architecture in *Picea abies* stems [Free access – 05.05.2015: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi>

/10.1111/nph.12973/epdf] / T. Jyske, T. Hölttä // New phytologist. – 2015. – Vol. 205, Iss. 1. – Pp. 102 – 115.

32. *Scoffoni, C.* Modelling the outside-xylem hydraulic conductance: towards a new understanding of leaf water relations [Free access – 17.05.2015: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/pce.12433/epdf>] / C. Scoffoni // Plant, Cell & Environment. – Vol. 38, Iss. 1, January 2015. – Pp. 4 – 6.

33. *Наумов, Н.А.* Основы ботанической микротехники / Н.А. Наумов, В.Е. Козлов. – М.: Советская наука, 1954. – 312 с.

34. *Барская, Е. И.* Изменения хлоропластов и вызревание побегов в связи с морозоустойчивостью древесных растений / Е.И. Барская. – М.: Наука, 1967. – 223 с.

35. *Бессчетнов, В.П.* Образование и лигнификация ксилемы плюсовых деревьев сосны обыкновенной / В.П. Бессчетнов, Н.Н. Бессчетнова // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2013. – № 2 / 332. — С. 45 – 52.

36. *Бессчетнова, Н.Н.* Скорость сезонного роста ксилемы в годичных побегах клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной / Н.Н. Бессчетнова // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2008. – № 2. – С. 4 – 10.

37. *Бессчетнова, Н.Н.* Многомерная оценка плюсовых деревьев сосны по степени развития ксилемы / Н.Н. Бессчетнова // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. Естественные, технические, экономические науки. – 2012. – № 07. – С. 9 – 14.

38. *Бессчетнова, Н.Н.* Содержание жиров в клетках побегов плюсовых деревьев сосны обыкновенной / Н.Н. Бессчетнова // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2012. – № 4 / 328. – С. 48 – 55.

39. *Бессчетнова, Н.Н.* Генотипическая неидентичность плюсовых деревьев сосны обыкновенной по содержанию крахмала / Н.Н. Бессчетнова // Известия Оренбургского аграрного университета. – 2013. – № 4(42). – С. 20 – 23.

Статья поступила в редакцию 14.10.15.

Информация об авторах

БЕССЧЕТНОВА Наталья Николаевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесных культур, декан факультета лесного хозяйства, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия. Область научных интересов – проблемы эффективности лесной селекции и совершенствования селекционного потенциала плюсовых деревьев основных лесообразующих пород, селекция сосны обыкновенной, лесные культуры, интродукция. Автор 77 публикаций, в том числе трёх монографий.

БЕССЧЕТНОВ Владимир Петрович – доктор биологических наук, профессор, проректор по общим и организационным вопросам, заведующий кафедрой лесных культур, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия. Область научных интересов – лесные культуры, селекция и интродукция древесных и кустарниковых видов, проблемы эффективности лесной селекции и совершенствования селекционного потенциала природных популяций и плюсовых деревьев основных лесообразующих пород. Автор 143 публикаций.

ЧЕРНЫХ Валерий Леонидович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесоводства, таксации и лесоустройства, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – проблемы таксации леса, математического моделирования и ГИС-технологий. Автор 250 публикаций, в том числе пяти монографий.

UDC 630*165.6 + 630*232.311.3

**GENOTYPIC DIFFERENCE OF PLUS TREES OF SCOTS PINE
(*PINUS SYLVESTRIS* L.) BY PHYSIOLOGICAL STATE OF SHOOTS****N.N. Besschetnova¹, V.P. Besschetnov¹, V.L. Chernykh²**¹Nizhny Novgorod Agricultural Academy,
97, Gagarina Av., Nizhny Novgorod, 603107, Russian Federation
E-mail: besschetnova1966@mail.ru²Volga State University of Technology,
3, Lenin Sq., Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation
E-mail: ChernyhVL@volgatech.net

Key words: Scots pine; plus trees; storage of clones; xylem lignification; starch; fats; genotypic difference.

ABSTRACT

Introduction. Development of Russian forest seedage on the genetic-selection basis is supposed to improve the existing system of plus trees selection by increase of a number of assessed characteristics, used as the selective criteria and markers, and enlargement of the methods of an extensive analysis. **The goal** of the research was to make a comparative assessment of plus trees of Scots pine by a number of characteristics of physiological condition of plants and to define the selective significance based on the assessment. **Research techniques** covered the comparison of physiological condition of the analyzed plants by presence of fats and starch in the tissue of the studied plants, as well as by lignification of the cells of xylem. The traditional methods of histochemical analysis with the definition of relative marks using the offered scale (the authors offered the abovementioned scale) were used. According to the **research results**, plus trees have a significant difference by their physiological condition. One-factor and two-factor dispersion analysis proved its genotypic dependence. The share of dispersion, connected with the differences between the ortets was $16,79 \pm 8,11$ % - $63,56 \pm 3,55$ %. The obtained data determined the possibility to include the list of characteristics into the feature complex when multidimensional classification of the objects of forest selection. The extent of the genotypic dependence of the specified difference of plus trees was defined by the overall performance – nonidentity index. This criterion made it possible to range all the assortment by the growth of values and make the groups of plus trees by their genotypic individuality. Five of forty objects were defined to belong to the category with high index valuation (0,50 – 0,74(9)). Plus trees with higher figures of the nonidentity index have less coincidences in all the complex of characteristics. It shows less probability of their genetic affinity and less danger of negative consequences occurrence of inbreeding depression of the trees grown out from the seeds on cross breeding with other plus trees. They are more preferable in composition of the first-order seed plantations and the seed plantations with the genetic value of higher value. **Conclusion.** The extent of difference of values when comparison of the analyzed characteristics of plus trees is explained by their individual peculiarities and determined by their genotypic characteristics. Multivariable discrepancy of plus trees allows to make an integral estimation of their genotypic difference which assures definition in their composition of the assortment of seedage plantation and clones storage of the preferable trees as the object of constant seed base.

REFERENCES

1. Tsarev A.P., Laur N.V. Voprosy i problemy plusovoy selektsii [Issues and Problems of Plus Selection]. *Lesnoy Vestnik* [Forest Vestnik]. 2006. № 5. Pp. 118 – 123.
2. Tsarev A.P. *Programmy lesnoy selektsii (v Rossii i za rubezhom): monografiya* [Forest Selection Programs (in Russia and abroad): monograph]. Moscow: MGUL, 2013. 164 p.
3. Besschetnov V.P. Problemy i perspektivy razvitiya lesnogo semenovodstva na selektsionno-geneticheskoy osnove v Nizhegorodskoy oblasti [Problems and Perspectives for Development of Forest Seedage on the Selection-Genetic Basis in Nizhny Novgorod Oblast]. *Sozdanie i ispolzovanie postoyannoy lesosemennoy bazy na selektsionnoy osnove, perspektivnye metody vyrashchivaniya posadochnogo materiala i opyt sozdaniya lesnykh kultur s zakrytoy kornevoy sistemoy na baze Semenovskogo spetssemleskhoza Nizhegorodskoy oblasti. Tezisy dokladov na soveshchaniy-seminare* [Development and Use of

Constant Seed Base on the Selective Basis, Perspective Methods for Cultivation of Planting Material and An Experience for Establishment of Plantations in Containers on the Basis of Semenovskiy Forestry Farm in Nizhniy Novgorod Oblast. Proceedings of the Meeting-Seminar]. Nizhniy Novgorod, 2005. Pp. 26 – 27.

4. Besschetnova N.N., Besschetnov V.P. *Sosna obyknovennaya (Pinus sylvestris L.). Morfometriya i fiziologiya khvoi plusovykh derevev* [Scots Pine (Pinus sylvestris L.). Morphometry and Physiology of Plus Trees Needles. Monograph]. Nizhniy Novgorod: Nizhegorodskaya gosudarstvennaya selskokhozyaystvennaya akademiya, 2014. 368 p.

5. Besschetnova N.N. *Sosna obyknovennaya (Pinus sylvestris L.). Reproktivnyy potentsial plusovykh derevev. Monografiya* [Scots Pine (Pinus sylvestris L.). Breeding Potential of Plus Trees. Monograph.]. Nizhniy Novgorod: Nizhegorodskaya gosudarstvennaya selskokhozyaystvennaya akademiya, 2015. 586 p.

6. Alizoti P.G., Kylimis K., Gallios P. Effect of Different Climatic Conditions on Phenological Assortative Mating in a Black Pine (Pinus nigra Arn.) Clonal Seed Orchard [Free access – 17.07.2015: http://www.iufro.org/download/file/10659/5289/20901-antalya12-abstracts_pdf/] Seed Orchards and Breeding Theory Conference: 21-25 May, 2012 - Antalya, Turkey. Proceedings. Isparta-Turkey: Forestry Faculty of Suleyman Demirel University, 2012. Pp. 55 – 56.

7. Funda T., El-Kassaby Y.A. Parental Reproductive Investment and Success in Conifer Seed Orchards [Free access – 17.07.2015: http://www.iufro.org/download/file/10659/5289/20901-antalya12-abstracts_pdf/]. Seed Orchards and Breeding Theory Conference: 21-25 May, 2012 - Antalya, Turkey. Proceedings. Isparta-Turkey: Forestry Faculty of Suleyman Demirel University, 2012. Pp. 35 – 39.

8. Lee K.M., Kim Y.Y., Kwon Y.R., Cho K.J. Spatial Genetic Structure and Mating System of Pinus densiflora Seed Orchard Based on Microsatellite Marker Analysis [Free access – 17.07.2015: http://www.iufro.org/download/file/10659/5289/20901-antalya12-abstracts_pdf/]. Seed Orchards and Breeding Theory Conference: 21-25 May, 2012 - Antalya, Turkey. Proceedings. – Isparta-Turkey: Forestry Faculty of Suleyman Demirel University, 2012. Pp. 104 – 105.

9. Almqvist C., Lindgren D. Effect of pruning and stand density on cone and pollen production in Pinus sylvestris seed orchards [Free access – 10/08/2015: http://www.iufro.org/download/file/16708/5477/20402-20207-20211-prague14-abstracts_pdf/]. Forest Tree Breeding. Conference 2 August 25-29, 2014, Prague, Czech Republic. Book of Abstracts. – Prague: Czech University of Life Sciences Prague, Faculty of Forestry and Wood Sciences, 2014. Pp. 6 – 6.

10. Lindgren D. Seed orchards and supporting breeding [Free access – 10/08/2015: http://www.iufro.org/download/file/16708/5477/20402-20207-20211-prague14-abstracts_pdf/]. Forest Tree Breeding. Conference 2 August 25-29, 2014, Prague, Czech Republic. Book of Abstracts. – Prague: Czech University of Life Sciences Prague, Faculty of Forestry and Wood Sciences, 2014. Pp. 3 – 3.

11. Besschetnov V.P., Besschetnova N.N. Sravnitel'naya otsenka plusovykh derevev sosny obyknovennoy po parametram semyan [Comparative Assessment of Plus Trees of Scots Pine by Seed Parameters]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie*. [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2012. № 1 (14). Pp. 3 – 11.

12. Besschetnova N.N. Mnogomernaya otsenka plusovykh derevev sosny obyknovennoy (Pinus sylvestris L.) po pokazatelyam pigmentnogo sostava khvoi [Multilevel Assessment of Plus Trees of Scots Pine by Color Combination of Needles]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser. Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie*. [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2013. № 1 (17). Pp. 5 – 14.

13. Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Denisov S.A., Chernykh V.L. Mnogomernaya otsenka plusovykh derevev sosny obyknovennoy (Pinus sylvestris L.) po vykhodu semyan iz shishek [Multilevel Assessment of Plus Trees of Scots Pine (Pinus sylvestris L.) by Number of Seeds in the Cones]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser. Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie*. [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2014. № 2(22). Pp. 21 – 35.

14. Ganea L.S., Gil M.R.G. Multiplex nuclear SSR amplification in Scots pine (Pinus sylvestris L.). [Free access: 11.04.2012: <http://www.cabi.org/forestsience/FullTextPDF/2012/20123003662.pdf>]. University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine, Cluj-Napoca, Romania, Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Horticulture. 2011. Vol. 68, No. 1. Pp. 47 – 53.

15. Kurt Y., Bilgen B.B., Kaya N., Isik K. Genetic comparison of pinus brutia Ten. populations from different elevations by RAPD markers [Free access – 11.04.2012: <http://www.cabi.org/forestsience/FullTextPDF/2011/20113388907.pdf>]. Notulae Botanicae, Horti Agrobotanici, Cluj-Napoca. 2011. Vol. 39, No. 2. Pp. 299 – 304.

16. Lir Kh., Polster G., Fidler G.-I. Fiziologiya drevesnykh rasteniy : per. s nem. [Woody Plants Physiology: translated from German into Russian.]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1974. 424 p.

17. Libbert E. Fiziologiya rasteniy : per. s nem. [Plants Physiology: translated from German into Russian.]. Moscow: Mir, 1976. 582 p.

18. Kramer P.D., Kozlovskiy T.T. Fiziologiya drevesnykh rasteniy: per. s angl. [Woody Plants Physiology: translated from English into Russian.]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1983. 464 p.
19. Brahim M.B., Loustau D., Gaudillère J.P., Saur E. Effects of phosphate deficiency on photosynthesis and accumulation of starch and soluble sugars in 1-year-old seedlings of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait) [Free access – 06.04.2012: http://www.afs-journal.org/articles/forest/pdf/1996/04/AFS_0003-4312_1996_53_4_ART0001.pdf]. *Annals of Forest Science*. 1996. Vol. 53, No. 4. Pp. 801 – 810.
20. Andersone U., Vinsh G. Changes of Morphogenic Competence in Mature *Pinus sylvestris* L. Buds in vitro [Free access - 05.04.2012: <http://aob.oxfordjournals.org/content/90/2/293.full.pdf+html>]. *Annals of Botany*. 2002. Vol.90, Iss. 2. Pp. 293 – 298.
21. Mencuccini M., Hölttä T. The significance of phloem transport for the speed with which canopy photosynthesis and belowground respiration are linked [Free access – 05.05.2015: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.2009.03050.x/epdf>]. *New phytologist*. 2010. Vol. 185, Iss. 1. Pp. 189 – 203.
22. Woodruff D.R., Meinzer F.C. Water stress, shoot growth and storage of non-structural carbohydrates along a tree height gradient in a tall conifer [Free access – 17.05.2015: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-3040.2011.02388.x/epdf>]. *Plant, Cell & Environment*. 2011. Vol. 34, Iss.11. Pp. 1920 – 1930.
23. Prozina N.M. *Botanicheskaya mikrotekhnika* [Botanical Microengineering]. Moscow: Vysshaya shkola, 1960. 205 p.
24. Grodzinskiy A.M., Grodzinskiy D.M. *Kratkiy spravochnik po fiziologii rasteniy* [Quick Reference Handbook on Plants Physiology]. Kyiv: Naukova Dumka, 1964. 288 p.
25. Besschetnova N.N. Sosna obyknovennaya (*Pinus sylvestris* L.). Seleksionnyy potentsial plusovykh derevev [Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.). Selection Potential of Plus Trees]. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & co. KG. (ISBN 978-3-8443-5608-3), 2011. 402 p.
26. Besschetnova N.N. Sravnitel'naya otsenka plusovykh derevev sosny obyknovennoy po sodержaniyu krakhmala v pobegakh [Comparative Assessment of Plus Trees of Scots Pine by Starch Content in the Shoots]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie*. [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. № 2 (9). 2010. Pp. 49 – 55.
27. Gryc V., Vavrčík H., Horn K. Density of juvenile and mature wood of selected conifero us species [Free access – 11.04.2012: <http://www.cabi.org/forestsience/FullTextPDF/2011/20113175200.pdf>]. *Journal of Forest Science*. 2011. Vol.57, Iss. 3. Pp. 123 – 130.
28. Begum S., Nakaba S., Islam Md.A., Yamagishi Y., Funada R. Effects of Low Temperature in Reactivated Cambial Cells Induced by Localized Heating During Winter Dormancy in Conifers [Free access - 03.04.2012: <http://scialert.net/qredirect.php?doi=ajpp.2012.30.40&linkid=pdf>]. *American Journal of Plant Physiology*. 2012. Vol. 7, Iss.1. Pp. 30 – 40.
29. Lloyd A., Donaldson L.A., Knox J.P. Localization of Cell Wall Polysaccharides in Normal and Compression Wood of Radiata Pine: Relationships with Lignification and Microfibril Orientation [Free access – 04.08.2015: <http://www.plant-physiol.org/content/158/2/642.full.pdf+html>]. *Plant Physiology*. 2012. Vol. 158, No 2. Pp. 642 – 653.
30. Mencuccini M., Hölttä T., Sevanto S., Nikinmaa E. Concurrent measurements of change in the bark and xylem diameters of trees reveal a phloem-generated turgor signal [Free access – 05.05.2015: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/nph.12224/epdf>]. *New phytologist*. 2013. Vol. 198, Iss. 4. Pp. 1143 – 1154.
31. Jyske T., Hölttä T. Comparison of phloem and xylem hydraulic architecture in *Picea abies* stems [Free access – 05.05.2015: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/nph.12973/epdf>]. *New phytologist*. 2015. Vol. 205, Iss. 1. Pp. 102 – 115.
32. Scoffoni C. Modelling the outside-xylem hydraulic conductance: towards a new understanding of leaf water relations [Free access – 17.05.2015: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/pce.12433/epdf>]. *Plant, Cell & Environment*. Vol.38, Iss. 1, January 2015. Pp. 4 – 6.
33. Naumov N.A., Kozlov V.E. *Osnovy botanicheskoy mikrotekhniki* [Fundamentals of Botanic Microengineering]. Moscow: Sovetskaya nauka, 1954. 312 p.
34. Barskaya E. I. *Izmeneniya khloroplastov i vyzrevanie pobegov v svyazi s morozoustoychivostu drevesnykh rasteniy* [Chloroplasts Variation and Shoots Maturing Resulting from Freezing Resistance of Woody Plants]. Moscow: Nauka, 1967. 223 p.
35. Besschetnov V.P., Besschetnova N.N. Obrazovanie i lignifikatsiya ksilemy plusovykh derevev sosny obyknovennoy [Formation and Lignification of Xylem of Plus Trees of Scots Pine]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal*. [News of Higher Educational Institutions. Forest Journal]. 2013. № 2 / 332. Pp. 45 – 52.
36. Besschetnova N.N. Skorost sezonnogo rosta ksilemy v godichnykh pobegakh klonov plusovykh derevev sosny obyknovennoy [The Speed of Seasonal Growth of Xylem in the Annual Shoots of the Clones of Plus Trees of Scots Pine]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoy vestnik* [Vestnik of Moscow State Forest University – Forest Vestnik]. 2008. № 2. Pp. 4 – 10.

37. Besschetnova N.N. Mnogomernaya otsenka plusovykh derevev sosny po stepeni razvitiya ksilemy [Multilevel Assessment of Plus Trees of Pine by the Extent of Xylem Development]. *Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta im. N.I. Vavilova. Estestvennye, tekhnicheskie, ekonomicheskie nauki* [Vestnik of Saratov State Agricultural University named after N.I. Vavilov. Natural, Engineering, Economic Sciences]. 2012. № 07. Pp. 9 – 14.

38. Besschetnova N.N. Soderzhanie zhirov v kletkakh pobegov plusovykh derevev sosny

obyknovennoy [Fats Content in the Cells of Plus Trees Shoots of Scots Pine]. *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal* [News of Higher Educational Institutions. Forest Journal]. 2012. № 4 / 328. Pp. 48 – 55.

39. Besschetnova N.N. Genotipicheskaya neidentichnost plusovykh derevev sosny obyknovennoy po sodержaniyu krakhmala [Genotypic Difference of Plus Trees of Scots Pine by Starch Content]. *Izvestiya Orenburgskogo agrarnogo universiteta* [News of Orenburg Agrarian University]. 2013. № 4(42). Pp. 20 – 23.

The article was received 14.10.15.

Citation for an article: Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Chernykh V.L. Genotypic difference of plus trees of scots pine (*Pinus Sylvestris* L.) by physiological state of shoots. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management*. 2015. No 4 (28). Pp. 35-49.

Information about the authors

BESSCHETNOVA Natalia Nikolayevna – Candidate of Agricultural Sciences, Dean at the Faculty of Forestry, Associate Professor at the Chair of Forest Plantations, Nizhny Novgorod Agricultural Academy. Research interests – problems of efficiency of forest selection and improvement of breeding potential of plus trees of major forest species, Scots pine selection, plantations, introduction. The author of 77 publications, including three monographs.

BESSCHETNOV Vladimir Petrovich – Doctor of Biological Sciences, Professor, Vice Rector for General and Organizational Issues, Head at the Chair of Forest Plantations, Nizhny Novgorod Agricultural Academy. Research interests – plantations, selection and introduction of woody and shrubby species, problems of efficiency of forest selection and improvement of breeding potential of natural population and plus trees of major forest species. The author of 143 publications.

CHERNYKH Valeriy Leonidovich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head at the Chair of Forestry, Forest Taxation and Forest Surveying, Volga State University of Technology. Research interests – problems of forest taxation, mathematic simulation, IT and GIS technologies in forestry. The author of 250 publications, including 5 monographs.

ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ ЛЕСНОГО ДЕЛА

УДК 69.07

РАЗРАБОТКА ИЗДЕЛИЙ (СТЕНОВЫХ БЛОКОВ) НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ДЕРЕВОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ

Е. М. Царев, Рен. Х. Гайнуллин, П. Е. Царев, Риш. Х. Гайнуллин

Поволжский государственный технологический университет,
Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3
E-mail: CarevEM@volgatech.net

Описан процесс создания строительного материала с улучшенными свойствами, повышающими эффективность в строительстве за счёт использования дешёвых отходов от деятельности деревоперерабатывающих производств.

Ключевые слова: теплоэффективность; водопоглощение; стеновой строительный блок; древесные отходы.

Введение. На сегодняшний день рынок строительных материалов широко представлен большим количеством стеновых мелкоштучных изделий из бетона, в том числе пескоцементными вибропрессованными блоками, которые подразделяются на пустотелые блоки, имеющие сквозные и несквозные пустоты разнообразной формы, а также полнотелые блоки, в которых отсутствуют какие-либо пустоты.

В практике блоки нашли широкое применение в строительстве стен зданий, в возведении стен подвалов, фундаментов, а также уличных ограждений. Правильный выбор стенового материала, несомненно, гарантирует долговечность постройки, но для того чтобы сделать этот выбор, необходимо учитывать основные технические показатели стеновых блоков в зависимости от их применения. Полнотелые строительные блоки имеют высо-

кую прочность. Но при этом обладают низкой теплоэффективностью, пустотелые же блоки не разрушаются от замораживания по причине отсутствия разрушающего фактора (имеется в виду водопоглощение материалами воды с последующим многократным замораживанием), обусловленного водопоглощением менее 5 % наружной части материала блока [1,2].

Использование стеновых блоков за счёт их больших размеров и безупречной геометрии позволяет вести кладку быстрыми темпами, что в свою очередь сказывается на стоимости работ и сроках строительства.

Покупая изделие из бетона, потребитель зачастую обращает внимание на его стоимость, стараясь при этом сэкономить на строительстве дома, при этом никто не обращает внимание на самое главное – на технические показатели изделия.

© Царев Е. М., Гайнуллин Рен. Х., Царев П. Е., Гайнуллин Риш. Х., 2015.

Для цитирования: Царев Е. М., Гайнуллин Рен. Х., Царев П. Е., Гайнуллин Риш. Х. Разработка изделий (стеновых блоков) на основе отходов деревоперерабатывающих производств // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2015. – № 4 (28). – С. 50-56.

У пустотелых блоков толщина вертикальных наружных или внутренних перегородок должна быть не менее 20 мм. В пустотелых несквозных блоках добавляется ещё и перегородка в горизонтальной плоскости.

Вибропрессованные блоки, имеющие прочность на сжатие от 100 до 300 кг·см⁻², относятся к категории тяжёлых бетонов, от 25 до 100 кг·см⁻² – лёгких бетонов.

Морозостойкость обозначается показателем F и колеблется в пределах от F15 до F200, обозначая при этом их способность к сохранению прочностных характеристик при попеременном воздействии на них процессов замораживания и оттаивания в полностью насыщенном водой состоянии (СНиП 23-01-99 «Строительная климатология»).

В целях экономии денег при покупке стеновых блоков стоит делать выбор исходя из применения бетонных блоков в каждом конкретном случае. Применение промышленных отходов в производстве строительных материалов снижает стоимость таких изделий [3–5].

Целью настоящих исследований является разработка конструкции стенового блока, в котором сокращается доля дорогостоящих материалов за счёт использования местных древесных отходов от деятельности деревоперерабатывающих производств.

Объекты и методы. Объектом в данной работе является конструкция стенового несквозного блока с «пустотелой коробкой» и фактурой из обычного бетона. Элементы пустотелой коробки и сама коробка представлены на рис.1.



Рис. 1. Общий вид сборной коробки: а – элементы сборной коробки (деревянный стержень); б – деревянная коробка в сборе



Рис. 2. Общий вид стеновых блоков

Стеновой блок с «пустотелой коробкой» представляет собой куб с сквозными внутренними пустотами, торцевые стыковочные поверхности имеют на соответствующих сторонах боковые лицевые поверхности гладкие, верхняя поверхность блока – сплошная без пустот. На рис. 2 представлены стеновые блоки с «пустотелой коробкой» и монолитный. Основным сырьём для производства предлагаемых стеновых блоков являются:

- портландцемент (М 400);
- песок (фр. 2,2–2,5 мм);
- ускоритель твердения УП -2;
- вода;
- древесные материалы.

С учётом последних требований СНиП 23-01-99 «Строительная климатология», СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты здания» стеновые блоки имеют трёхслойную конструкцию:

- несущий слой – древесина плотностью 450–650 кг·м⁻³;

- внутренний слой – древесные опилки с насыпной плотностью 220–420 кг·м⁻³;

- фактурный (защитно-декоративный) слой из обычного бетона класса В10–В12,5 плотностью 1500–1700 кг·м⁻³.

Для изготовления блоков (внутренний слой) могут также применяться самые разнообразные местные сыпучие материалы, в частности отходы деревообрабатывающих производств, причём при использовании местного сырья себестоимость теплоэффективного блока значительно сокращается, причём без снижения его потребительских качеств.

Внутренний и несущий слои в разработанной конструкции связаны между собой арматурными деревянными стержнями: данные изделия обладают достаточной прочностью, малым водопоглощением, хорошими показателями по звукоизоляции и морозостойкости. В ходе исследований проводилось сравнение технических характеристик полнотелого и пустотелого изделий, которое представлено на рис. 3 и в табл. 1.



Рис. 3. Испытание сравниваемых образцов на прочность: а – гидравлический пресс; б – полнотелый блок; в – сквозной блок с «пустотелой коробкой»

Таблица 1

Сравнение технических характеристик изделий

Наименование показателя	Вид строительного блока	
	Полнотелый	Пустотелый
Габаритные размеры (длина х ширина х высота), мм	100х100х100	100х100х100
Вес изделия, кг	6,3	4,6
Пустотность, %	0	35
Марка морозостойкости	F50	F40
Индекс изоляции воздушного шума, Дб	47	53
Водопоглощение по массе, %	10	5
Критическое усилие разрушения, кг	8300	4040

Дальнейшим этапом исследований в области производства строительных материалов является разработка теплоизоляционных материалов (древесного заполнителя для бетонов) и изделий (стеновых блоков) на основе отходов деревоперерабатывающих производств (горбыля, опилок, стружки, дроблёнки, торцовки, коры).

Представляет значительный интерес низкотемпературная технология получения теплоизоляционных материалов из минерального сырья – трепела, широко распространённого на территории Чувашской Республики.

Немаловажным фактором в производстве домостроительных стеновых блоков является параметр «сопротивление теплопередачи». Для расчёта предложенного стенового элемента необходимо определить сопротивление теплопередаче исходя из требований санитарных норм и энергосбережения. Согласно СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий», необходимо определить градус-сутки отопительного периода:

$$D_d = (t_{int} - t_{от}) \cdot z_{от},$$

где t_{int} – средняя температура помещения (20°C); $t_{от}$ – средняя температура воздуха, периода со средней суточной температурой воздуха $\leq 8^{\circ}\text{C}$ ($-5,1$); $z_{от}$ – продолжительность отопительного сезона (220 сут.).

Методом интерполяции определяется нормативное необходимое значение сопротивления теплопередачи для определённого района строительства. Для г. Йошкар-Олы норматив составляет $3,3327 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} \cdot \text{Вт}^{-1}$.

Для расчёта необходимо определить основные теплотехнические свойства, входящие в состав изделия, представленные в табл. 2.

Фактическое значение сопротивления теплопередачи можно определить по следующей формуле (СНиП 23-02-2003 г. «Тепловая защита зданий»):

$$R_{тр}^{\phi} = \frac{1}{\alpha_{int}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_{ext}}.$$

Подставляя значения, определим фактическое сопротивление теплопередачи предложенного строительного изделия:

$$R_{тр}^{\phi} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,03}{0,93} + \frac{0,01}{0,18} + \frac{0,07}{0,023} + \frac{0,01}{0,18} + \frac{0,03}{0,93} + \frac{1}{23} = 3,378 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} \cdot \text{Вт}^{-1}.$$

Так как фактическое сопротивление теплопередачи больше требуемого, то можно сделать промежуточный вывод, что данный строительный блок соответствует требованиям СНиП и СП и соответствует кладке из глиняного обыкновенного кирпича на цементно-песчаном растворе (ГОСТ 530) плотностью $1800 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$, толщине 2608 мм.

Таблица 2

Теплофизические характеристики материалов

№ слоя	Материал	Толщина слоя δ , мм	Плотность ρ , $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$	Коэффициент теплопроводности λ , $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot ^{\circ}\text{C}$
1	Бетон класса В10–В12,5	30	1700	0,93
2	Сосна поперёк волокон	10	500	0,18
3	древесные опилки с насыпной плотностью $220\text{--}420 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$	70	400	0,023
4	Сосна поперёк волокон	10	500	0,18
5	Бетон класса В10–В12,5	30	1700	0,93

Кроме того, известно, что звукопоглощение материалов зависит от их физического происхождения и характера пористой структуры. Лучшими звукопоглощающими материалами являются войлок и волокнистая изоляция на основе стеклянного или минерального волокна, опил или рыхлые материалы, худшими – плотные бетоны и каменная кладка [6]. Таким образом, исследования материала на звукопроницаемость в зависимости от породного состава, плотности заполнения, размерных характеристик сыпучих заполнителей станут основной целью для дальнейшей работы.

Выводы. Разработанные материалы и

изделия из местных сырьевых ресурсов могут быть легко реализованы на малых предприятиях. В настоящее время прорабатывается вопрос об их использовании в конструкциях стен в монолитно-каркасном строительстве. Предложенная конструкция стен вполне может заменить широко распространённое многослойное ограждение с вентилируемой фасадной системой, что позволит значительно снизить материалоемкость завозимых в Марий Эл строительных материалов. Перегородочные блоки из бетона с органическим заполнителем из отходов деревообработки могут успешно заменить литые гипсовые плиты.

Список литературы

1. Горин, В.М. Перспективы применения керамзитобетона на современном этапе жилищного строительства / В.М. Горин, С.А. Токарева, А.М. Кривопапов и др. // Строительные материалы. – 2004. – № 12. – С. 22-23.

2. Граник, Ю.Г. Теплоэффективные стены жилых и общественных зданий / Ю.Г. Граник // Энергосбережение. – 2002. – № 6. – С. 56-60.

3. Ашкенази, Е.К. Анизотропия древесины и древесных материалов / Е.К. Ашкенази – М.: Лесная промышленность, 1978. – 224 с.

4. Баженов, Ю.М. Применение промышлен-

ных отходов в производстве строительных материалов / Ю.М. Баженов, П.Ф. Шубенкин, Л.И. Дворкин. – М.: Стройиздат, 1986 – 56 с.

5. Ливеров, В.А. Строительные материалы из древесных отходов / В.А. Ливеров. – Алма-Ата: Лесная промышленность, 1960. – 178 с.

6. Пичугин, А.П. Эффективные органоминеральные бетоны с повышенными тепло- и звукоизолирующими свойствами / А.П. Пичугин, А.С. Денисов, В.Ф. Хританков, В.В. Авраменко // Строительные материалы. – 2008. – № 5. – С. 73–75.

Статья поступила в редакцию 23.11.15.

Информация об авторах

ЦАРЕВ Евгений Михайлович – доктор технических наук, профессор кафедры технологии и оборудования лесопромышленных производств, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – технологии, оборудование, конструкции, механика. Автор 176 публикаций.

ГАЙНУЛЛИН Ренат Харисович – кандидат технических наук, доцент кафедры деревообрабатывающих производств, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – малоэтажное деревянное домостроение, станкостроение для деревообрабатывающей промышленности, сушка пиломатериалов, разработка конструкций шпонострогальных станков. Автор 25 публикаций.

ЦАРЕВ Павел Евгеньевич – кандидат технических наук, доцент кафедры деревообрабатывающих производств, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – малоэтажное деревянное домостроение, станкостроение для деревообрабатывающей промышленности, сушка пиломатериалов. Автор 23 публикаций.

ГАЙНУЛЛИН Ришат Харисович – аспирант кафедры деревообрабатывающих производств, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – станкостроение для деревообрабатывающей промышленности, разработка конструкций шпонострогальных станков. Автор 10 публикаций.

UDC 69.07

ELABORATION OF BLOCKS MADE ON THE BASIS OF WASTES OF WOOD PROCESSING FACTORIES

E. M. Tsarev, Ren. Kh. Gainullin, P. E. Tsarev, Rish. Kh. Gainullin

Volga State University of Technology,
3, Lenin sq., Yoshkar-Ola, Russian Federation, 424000
E-mail: CarevEM@volgatech.net

Key words: thermal efficiency; absorption of water; building block; wood wastes.

ABSTRACT

Introduction. Today when construction of any building, the problem of choice of walling material by such characteristics as durability, thermal efficiency, and cost arises. In most cases, walling material is a vibro-pressed block, hollow or solid. The blocks can have through and non-through pin-holes. **The goal** of the research is to elaborate a wall element construction containing less share of expensive materials due to the use of local wood wastes remaining after wood processing factories activity. **The object** is a construction of wall non-through block of hollow type (texture - ordinary concrete filled with wood wastes). **Result.** A building block of hollow type is a cube with non-through internal holes, front connecting surfaces have smooth facial area, upper part of block is solid and has no holes. Inner and base layers in the elaborated construction are interconnected by means of steel framework wooden rods. A comparative analysis of technical characteristics of the elaborated construction with solid blocks showed compliance with the construction rules and regulations by weight, void ratio, frost hardiness, index of isolation of airborne noise, water absorption by mass, critical force of destruction. The carried out comparative analysis of thermal and physical characteristic of the block (layer width, material density, heat conductivity) showed its advantage over the existing wall blocks. **Practical importance.** The elaborated construction of the block corresponds to construction rules and regulations, and corresponds to clay brick masonry with the usage of sand-concrete solution. Use of wood wastes for the block makes the production of blocks cheaper.

REFERENCES

1. Gorin V.M., Tokareva S.A., Krivopalov A.M., et al. Perspektivy primeneniya keramzitobetona na sovremennom etape zhilishchnogo stroitelstva [Perspectives for Haydite Concrete Use at the Modern Stage of Housebuilding]. *Stroitelnye materialy* [Construction Materials]. 2004. № 12. Pp. 22-23.
2. Granik Yu.G. Teploeffektivnye steny zhilykh i obshchestvennykh zdaniy [Thermal Efficient Walls of Residential and Public Buildings]. *Energoberezhenie* [Energy Saving]. 2002. № 6. Pp. 56-60.
3. Ashkenazi E.K. Anizotropiya drevesiny i drevesnykh materialov [Anisotropy of Timber and Wooden Material]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1978. 224 p.
4. Bazhenov Yu.M., Shubenkin P.F., Dvorkin L.I. *Primenenie promyshlennykh otkhodov v proizvodstve stroitelnykh materialov* [Use of Industrial Wastes in Construction Materials Production]. Moscow: Stroyizdat, 1986. 56 p.
5. Liverov V.A. *Stroitelnye materialy iz drevesnykh otkhodov* [Construction Materials of Wood Wastes]. Alma-Ata: Lesnaya promyshlennost, 1960. 178 p.
6. Pichugin A.P., Denisov A.S., Khritankov V.F., Avramenko V.V. Effektivnye organomineralnye betony s povyshennymi teplo- i zvukoizoliruyushchimi svoystvami [Effective Organo-Mineral Concretes with the Improved Heat-Insulating and Sound-Insulation Values]. *Stroitelnye materialy* [Construction Materials]. 2008. № 5. Pp. 73-75.

The article was received 23.11.15.

Citation for an article: Tsarev E. M., Gainullin Ren. Kh., Tsarev P. E., Gainullin Rish. Kh. Elaboration of blocks made on the basis of wastes of wood processing factories. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management*. 2015. No 4 (28). Pp. 50-56.

Information about the authors

TSAREV Evgeny Mikhailovich – Doctor of Technical Sciences, Professor at the Chair of Technology and Equipment for Timber Industries, Volga State University of Technology. Research interests – technologies, equipment, structures, mechanics. The author of 176 publications.

GAINULLIN Renat Kharisovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Chair of Woodworking Industry, Volga State University of Technology. Research interests – low-rise wooden building construction, machine tool building for woodworking industry, converted timber drying, elaboration of the design of slicing machines. The author of 25 publications.

TSAREV Pavel Evgenyevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Chair of Woodworking Industry, Volga State University of Technology. Research interests – low-rise wooden building construction, machine tool building for woodworking industry, converted timber drying. The author of 23 publications.

GAINULLIN Rishat Kharisovich – Postgraduate student at the Chair of Woodworking Industry, Volga State University of Technology. Research interests – tool building for woodworking industry, elaboration of the design of slicing machines. The author of 10 publications.

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ. БИОТЕХНОЛОГИИ

УДК 630*583

МЕТОДИКА ПОШАГОВОЙ КЛАССИФИКАЦИИ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ ДЛЯ ТЕМАТИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ ЛЕСОВ

О. Н. Воробьев, Э. А. Курбанов, А. В. Губаев, Е. Н. Демишева

Поволжский государственный технологический университет,
Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3
E-mail: Vorobievon@volgatech.net; Kurbanovea@volgatech.net

В работе представлена методика пошаговой классификации спутниковых снимков среднего пространственного разрешения для тематического картирования лесного покрова на основе подходов международных организаций ФАО, НАСА и Российской государственной инвентаризации лесов. Для исследований использованы архивные снимки спутника Landsat 2001 и 2014 гг. Получены закономерности распределения тематических классов (страт) лесного покрова по спектральным сигнатурам спутниковых изображений Landsat в векторном «пространстве признаков». Близкие значения спектральных сигнатур показали спелые и средневозрастные лесные насаждения, что приводит к смешиванию классов в процессе классификации спутниковых снимков. Максимальную спектральную разделимость показали основные лесные классы TNEC_МаО (хвойные сомкнутые спелые и перестойные), TBDC_МаО (лиственные сомкнутые спелые и перестойные) и TMC_МаО (смешанные спелые перестойные). Анализ вновь полученных разновременных тематических карт на территорию Среднего Поволжья показал снижение площади класса TNEC_МаО на 2,8 %. Одновременно по тематическим картам 2001 и 2014 гг. наблюдается незначительное увеличение классов TNEC_M (светлохвойные средневозрастные среднепроизводительные) на 2,3 %, TNEO_W (мелколиственные спелые и перестойные среднепроизводительные) на 0,6 %. Результаты исследования могут быть использованы при осуществлении лесного мониторинга методами дистанционного зондирования.

Ключевые слова: спутниковые снимки; ГИС; дистанционное зондирование; классификация; дистанционный мониторинг лесов; тематическое картирование.

Введение. В течение последних трёх десятилетий произошло существенное увеличение числа космических спутников и программных средств, обеспечивающих уникальную информацию и методы для работы с тематической информацией о состоянии земного покрова [1–3]. Эти данные позволили повысить точность

прогнозирования и мониторинга за многочисленными процессами на Земле [4, 5]. В частности, спутниковые снимки широко используются для оценки и мониторинга изменений в атмосфере, поверхности океанов, полярных территорий, сельскохозяйственных земель, городских территорий, пустынь и горных массивов. Изобра-

© Воробьев О. Н., Курбанов Э. А., Губаев А. В., Демишева Е. Н., 2015.

Для цитирования: Воробьев О. Н., Курбанов Э. А., Губаев А. В., Демишева Е. Н. Методика пошаговой классификации спутниковых снимков для тематического картирования лесов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2015. – № 4 (28). – С. 57-72.

жения, полученные с помощью системы спутников Landsat, широко востребованы научными коллективами, занимающимися тематическим картированием и мониторингом растительного покрова [6].

Несколько исследований были проведены с целью картирования отдельных деревьев и их групп по снимкам Landsat и Spot [7, 8]. Методика работ основывалась на комбинации спектрального анализа, сегментации и оценки шести спектральных диапазонов. Среди других разработок по картированию растительного покрова Северной Евразии следует отметить карту земной поверхности SPOT-VEGETATION, выполненной коллективом Института космических исследований РАН [9, 10]. Картирование предгорной и горной частей бассейна реки Кожим (Приполярный Урал) и Югорского полуострова проведено на основе анализа контуров доминирующих классов растительного покрова по спутниковым снимкам Landsat, Aster и Spot [11, 12]. Индексы NDVI и NDBI были успешно применены для дешифрирования урбанизированных территорий и оценки состава лесов [13, 14].

При картировании растительного покрова прогнозные модели изменений землепользования в значительной степени зависят от выбора пространственного масштаба [15, 16]. В большинстве случаев в таких работах основным методическим решением является приближение (сопряжение) переменных экосистемы с уровня полевых исследований до уровня ландшафта или региона [17, 18].

Несмотря на большое количество публикаций по тематическому картированию за рубежом и на глобальном уровне, региональные оценки в России остаются важными при решении проблем мониторинга и валидации [19–21] создаваемых продуктов путём совмещения данных среднего и высокого разрешений. Важность поставленной проблемы также обуславливается международными соглаше-

ниями по изменению климата, инвентаризацией стоков парниковых газов и снижением их эмиссии, а также сохранением биоразнообразия экосистем [22, 23].

Цель работы – разработать методику пошаговой классификации для тематического картирования лесного покрова по разновременным спутниковым снимкам среднего пространственного разрешения, для достижения которой решены следующие **задачи**:

- совершенствовать методику пошагового анализа классификации лесного покрова по спутниковым снимкам, используя подходы международных организаций ФАО, НАСА и российской ГИЛ (Государственная инвентаризация лесов);
- осуществить последовательность процедур по обработке серии спутниковых снимков среднего пространственного разрешения для проведения мониторинга лесного покрова на примере субъектов федерации в Среднем Поволжье России.

Объект исследований. Апробация методики была проведена на территории Среднего Поволжья, в которую вошли республики Марий Эл (РМЭ), Чувашия (РЧ), Татарстан, Кировская и Нижегородская области (рис. 1). Тестовые участки для валидации тематического картирования лесного покрова Среднего Поволжья подбирались с таким расчётом, чтобы охватить все основные классы возраста лесов и разных типов условий местопрорастания. Они были заложены на территории Республики Марий Эл в лесхозах: Учебно-опытном ПГТУ, Пригородном, Параньгинском, Килемарском, Звениговском и Юринском. Кроме того, тестовые участки были исследованы на территории Чувашской Республики в Канашском, Пригородном и Чебоксарском лесничествах.

Техника эксперимента и методика исследований

Методика закладки тестовых участков. Экспериментальный материал по теме исследований был собран в тече-

ние семи лет (2008 – 2015). Подбор тестовых участков для оценки точности создаваемых тематических карт лесного покрова по спутниковым снимкам проводился посредством анализа и уточнения лесоустроительных материалов: изучались таксационные описания и планы лесных насаждений, а также использовались материалы спутниковой съёмки высокого разрешения (ALOS, Rapid Eye, Канопус-В, Ресурс-П). При этом главными критериями при подборе тестовых участков были следующие: их представленность во всех классах наземного покрова и равномерное распределение по территории изучаемого региона Среднего Поволжья.

Площадь тестового участка составляла не менее 3 га, что позволяет её идентификацию на спутниковых снимках Landsat среднего пространственного разрешения. Для каждого лесного тестового участка определялись состав насаждения, средняя

высота, средний диаметр и возраст преобладающей породы древостоя.

Каждый исследованный тестовый участок привязывался на местности с помощью GPS-приёмника GARMIN eTrex. В целом для валидации полученных тематических карт были использованы данные 725 тестовых участков, заложенных в основном в республиках Марий Эл и Чувашия. Помимо полевых данных, были также подобраны существующие эмпирические данные на исследуемую территорию: 1) планы лесонасаждений масштаба 1:250 000 и лесотаксационные описания лесничеств РМЭ и РЧ; 2) топографические карты масштаба 1:200 000; 3) векторный слой данных Министерства лесного хозяйства РМЭ по основным лесобразующим породам с лесотаксационной атрибутивной информацией; 4) мультиспектральные снимки высокого пространственного разрешения со спутников RapidEye, Alos, Ресурс-П и Канопус-В.

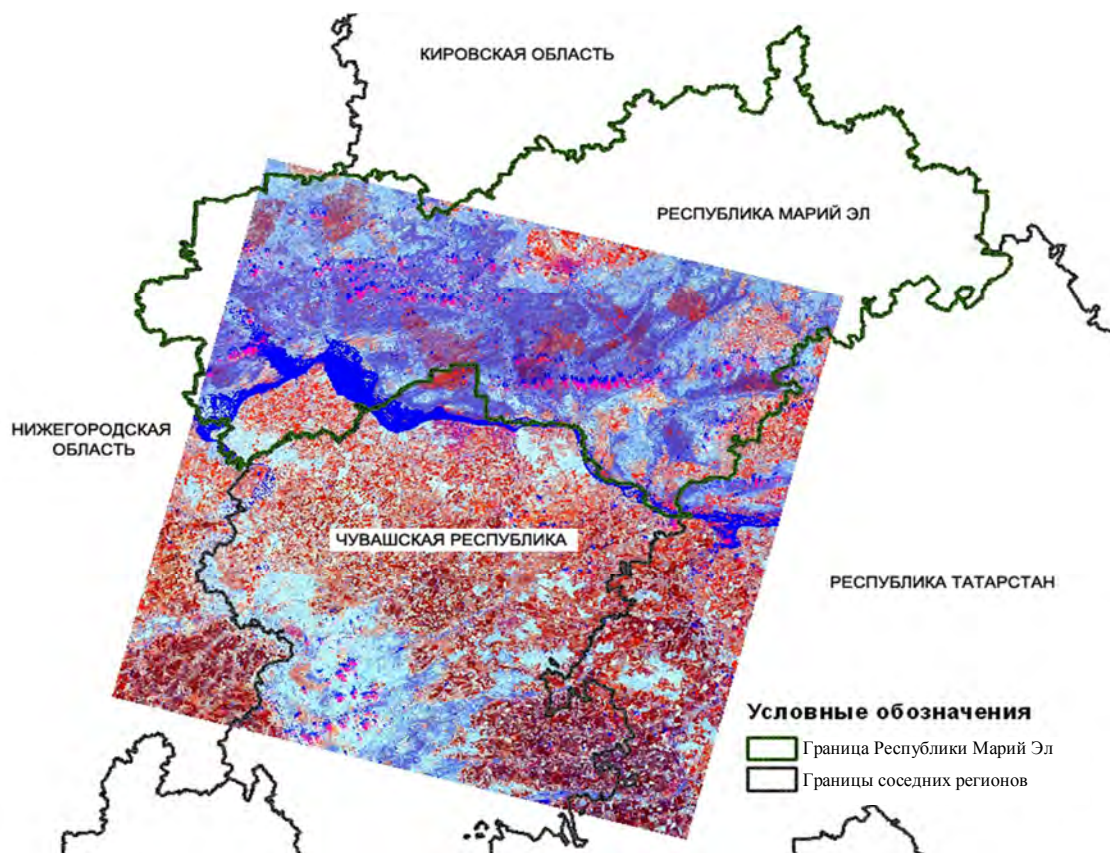


Рис. 1. Снимок Landsat с административными границами областей и республик Среднего Поволжья

Предварительная подготовка изображений. В работе были использованы две мультиспектральные сцены спутника Landsat-7 ETM+ и Landsat-8 (табл. 1), прошедшие радиометрическую и геометрическую обработку уровня 1G, с пространственным разрешением 30 м в проекции UTM (zone 42N, WGS84). Все снимки Landsat TM на территорию исследований прошли атмосферную коррекцию в программном пакете ENVI-5.3 с использованием модуля FLAASH, который позволил выравнять коэффициенты спектральной яркости поверхности для каждого спектрального канала. Для обработки снимков был выбран алгоритм «атмосферная коррекция с постоянными атмосферными условиями» и с частичным устранением эффекта теней. Используемые спутниковые сцены системы Landsat позволили охватить наземный покров всей исследуемой территории.

Для выявления трёх главных показателей (brightness – яркость, greenness – зелёность, wetness – влажность), способствующих дешифрированию растительных объектов местности на космических снимках и разделимости страт на тематической карте, в пакете ENVI-5.3 использован алгоритм Tasseled Cap («колпачок с кисточкой») [24]. Этот алгоритм представляет собой эмпирическое линейное преобразование шести каналов мультиспектральной спутниковой сцены в три отдельных изображения (яркость, зелень и влажность), обычно используемых при изучении растительного покрова [25].

Преобразование Tasseled Cap можно рассматривать как обобщённый вариант метода главных компонент, который позволяет выполнять переход из пространства измерений спектральных характеристик объектов в векторное «пространство признаков», связанных со свойствами заданного класса объектов. Пространство признаков (brightness – яркость, greenness – зелёность, wetness – влажность) при этом не содержит в себе новой информации об объектах, но позволяет наилучшим образом различать классы наземного покрова. В изображении BGW каждому типу объектов соответствует определённый цвет. Например, лиственные породы представлены более светлым тоном «зелёности», чем хвойные. Для не покрытых растительностью земель характерны значения высокой яркости, низкой зелёности и влажности. Класс «деревья» обычно характеризуется комбинацией средних показателей яркости, высоких значений зелёности и влажности. Для проведения процедуры нормализации (выравнивания) значений пикселей на полученных изображениях BGW были использованы формулы:

$$Br = (B - B_{\mu})/B\sigma,$$

$$Gr = (G - G_{\mu})/G\sigma,$$

$$Wr = (W - W_{\mu})/W\sigma,$$

где Br, Gr, Wr – нормализованные значения BGW; B_{μ} , G_{μ} и W_{μ} – средние значения индексов BGW; $B\sigma$, $G\sigma$, $W\sigma$ – стандартные среднеквадратические отклонения значений BGW. Далее все три нормализованных изображения Br, Gr, Wr объединялись в одно композитное Tasseled Cap (рис. 2).

Таблица 1

Характеристика снимков системы спутников

Спутник	Path	Row	Облака, %	Пространственное разрешение, м	Дата съёмки
Landsat	172	21	0	30	14.05. 2001
Landsat	172	21	10	30	22.05. 2014

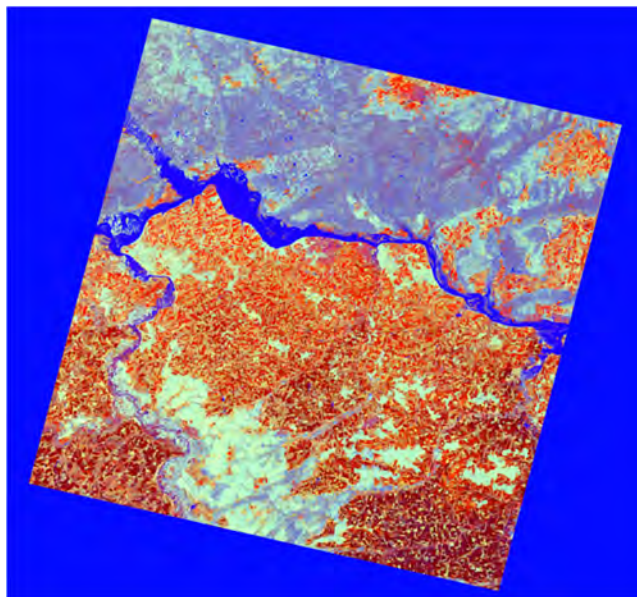


Рис. 2. Сцена спутникового снимка Landsat (синтез трёх каналов BGW) на изучаемую территорию после трансформации «Tasseled Cap»

Для исключения эффекта смешивания тематических классов наземного покрова при проведении неуправляемой классификации из полученного изображения бесшовной мозаики в графическом редакторе ENVI-5.3 исключаются площади населённых пунктов (города, посёлки и т. п.) и площади лесных гарей 2010 года с использованием искусственно созданной векторной маски. При выделении маски «лесные гари» была использована методика, основанная на оценке мультиспектральных разновременных спутниковых снимков и нормализованного индекса горимости (NBR – normalized burned ratio), нарушенных огнём [26].

Тематическая классификация спутниковых изображений. Процесс неуправляемой классификации спутниковых снимков BGW для получения тематической карты выполнялся на основе пошагового алгоритма с использованием метода IsoData (Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique – итеративный самоорганизующийся способ анализа данных) с установленной градацией на 25 классов, который основан на оценке критериев близости точек в пространстве спектральных признаков. Этот алгоритм, широко

используемый в исследованиях наземного покрова, позволяет автоматически выявить «неизвестные» пиксели изображения и объединить их в несколько пространственных кластеров (классов), основанных на естественной группировке цифровых значений спектральной яркости объектов наземного покрова.

В работе для повышения точности пошаговой классификации растрового изображения BGW проводилась оценка разделимости полученных тематических классов спутниковых изображений, которая включала в себя два этапа – визуальный и статистический. Визуальный метод оценки разделимости классов представляет собой анализ исследуемого изображения в трёхмерном «пространстве признаков» (Spectral feature) в модуле «n-D Visualizer» программного пакета ENVI-5.3.

Основой для разделения классов в диаграмме «пространство признаков» служит различие спектральных характеристик объектов наземного покрова подстилающей поверхности на местности. При визуальном анализе разделимости различных классов наземного покрова используется оценка границ перекрытий эллипсов «концентрации данных», получен-

ных на основе средних собственных спектральных значений DN (digital numbers) оцениваемых классов и их стандартных отклонений. Это безразмерное значение и стандартное отклонение каждой сигнатуры используется для представления контуров границ эллипса «концентрации облака рассеивания спектральных данных DN». Пространство спектральных признаков DN формируется на основе изображений BGW в трёхмерном графическом пространстве от 0 до 255 единиц. По оси абсцисс (X) выделяются спектральные значения пикселей DN изображения Brightness, по оси ординат (Y) – Greenness и по оси Z, соответственно, Wetness.

При разделении спектральных значений классов наземного покрова, приближающихся к нормальному распределению, форма «концентрации их данных» должна приближаться к форме эллипса. Объекты, имеющие значительные различия в спектральных показателях, например, основные пять классов наземного покрова (вода, кустарник, деревья, трава и не покрытые растительностью), имеют также максимальное удаление центров своих сигнатур в 3-d пространстве спектральных значений на диаграмме рассеивания.

Закономерность статистической разделимости классов наземного покрова в многомерном пространстве спектральных признаков определялась при помощи регрессионно-корреляционного анализа спектральных данных DN исследуемых спутниковых изображений. Чем больше статистическая разделимость спектральных сигнатур классов, тем меньше вероятность ошибки их смешения. Для этого в программном пакете ENVI-5.3 была использована утилита Statistics (Статистика), которая рассчитывает статистические взаимосвязи между сигнатурами исследуемых классов. В конечном итоге оценка разделимости классов заключается в сравнении эллипсов различных сигнатур для одной пары диапазонов спектральных значений и их статистик. В векторном

«пространстве признаков» выделяются сигнатуры, имеющие сходные группы пикселей, и оцениваются участки перекрытия смежных эллипсов. Дополнительно к такому выделению сигнатур проводится оценка средних спектральных значений условных центров исследуемых классов и их стандартных отклонений.

Пересечение эллипсов в «пространстве признаков» свидетельствует о том, что сигнатуры имеют схожие пиксели в своей совокупности DN. Для устранения такого наложения групп пикселей предложено проводить дополнительную классификацию спутникового снимка с последующей повторной оценкой сигнатур, либо схожие классы объединяются в один общий. В конечном итоге выбираются сигнатуры только в той комбинации спектральных признаков, при которой были достигнуты наилучшие средние и минимальные значения разделимости.

Тематическая классификация спутникового снимка Landsat была осуществлена в следующем порядке. После проведения первого этапа классификации на 25 классов были получены изображения трёх основных классов – «лесные» и «нелесные» земли, а также водные объекты. В программном графическом редакторе ENVI-5.3 был выделен растровый слой класса W (вода). Дальнейшая процедура классификации была проведена без этого класса [27]. После изъятия сформированных масок последующая классификация проводится с оставшимися растровыми слоями.

Следующим шагом исследования было проведение вторичной классификации спутникового снимка с установленной градацией в 25 классов для растрового слоя «лесные земли» с целью выделения в нём трёх классов – хвойные, лиственные и смешанные насаждения. После вторичной классификации мелкие классы, которые имели близкие спектральные характеристики, объединялись в один класс (хвойные, лиственные и смешанные) с использованием утилиты Merge (инструмент группировки) программы ENVI-5.3. Основани-

ем для группировки исследуемых классов наземного покрова были близкие по значению средние коэффициенты спектральной яркости, минимальные показатели среднеквадратического отклонения значений класса и коэффициента изменчивости.

С целью выделения групп возраста (молодняки, средневозрастные и приспевающие, спелые и перестойные насаждения) дешифрируемого класса лесного покрова каждый из полученных тематических слоёв подвергался детальной классификации с заданным количеством градаций и итераций. Для каждого объекта исследований в программе ENVI-5.3 использовался модуль Statistics, позволяющий провести оценку разделимости классов, обладающих различными спектральными характеристиками, и программный пакет Excel. При этом смешанные насаждения были разбиты только на две группы возраста: средневозрастные и приспевающие, спелые и перестойные. Молодняки на исследуемой территории представлены в основном чистыми лиственными или хвойными насаждениями [28].

Аналогичным образом проводилась классификация ранее полученного слоя «нелесные земли», к которым относятся земли с/х-угодий (обрабатываемые и заброшенные), заболоченные участки и площади не покрытые растительностью.

Для повышения точности классификации слоя «обрабатываемые земли» он был разделён путём переклассификации на два класса – травянистый сомкнутый (НС) и обрабатываемые земли (НС_С) – также с использованием утилиты Signature Edit.

После выделения всех классов методом неуправляемой классификации была получена детальная тематическая карта на 14 классов наземного покрова. Цвет каждого слоя растительного покрова тематической карты принимался в соответствии с единой шкалой окраски карт-схем лесных страт, что также позволило приблизить получаемые данные к российским стандартам лесной инвентаризации [29]. Следующим шагом явилось создание обобщённой тематической карты пяти основных классов, которые были получены на основе объединения 14 более детальных классов наземного покрова (рис. 3).

Генерализация растровой тематической карты. Инструменты генерализации пространственных данных в ENVI-5.3 используются для очистки небольших фрагментов ошибочных пикселей и с целью удаления или сглаживания ненужных деталей полученных растровых классов тематической карты. При этом процесс генерализации тематических карт позволяет сохранить первоначальный объём информации спутникового изображения [30].

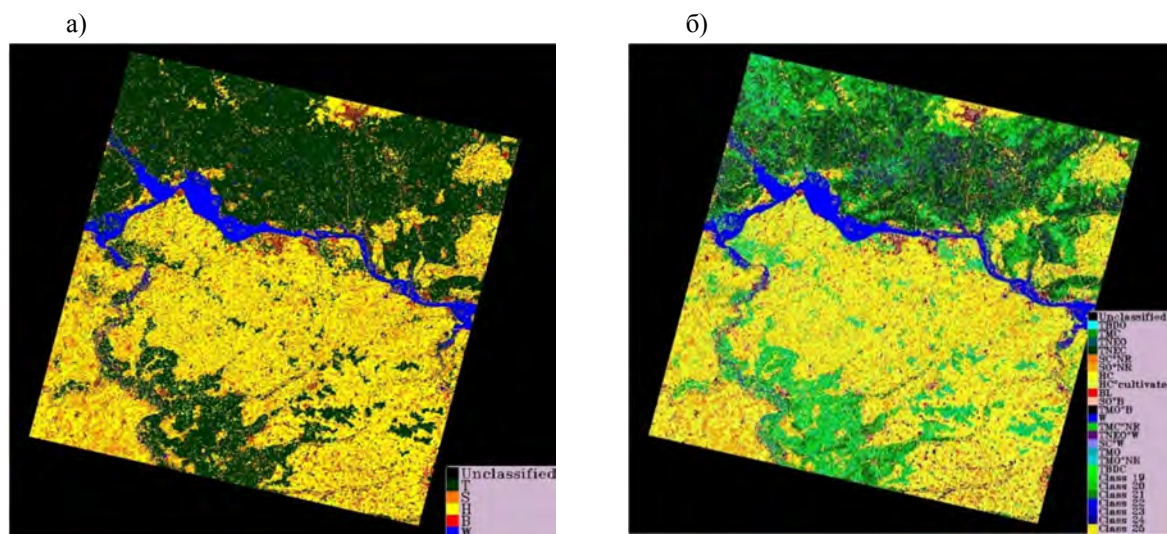


Рис. 3. Тематические карты, полученные на основе спутникового снимка Landsat ETM+ 2001 г.: а) обобщённая карта на пять классов наземного покрова, б) детальная карта на 25 классов

Тематическая генерализация проводится с сохранением целостности данных с учётом принятой минимальной площади полигона класса наземного покрова (3 га) и соблюдения правил иерархической системы LCCS. Генерализация проводится для отдельных пикселей или комбинации групп пикселей (кластеры) внутри ранее сформированных классов. Для этого используются методы агрегирования, сглаживания границ полигонов, растягивания, фильтрации или уменьшения объёма растровых данных в программных пакетах ENVI-5.3 и ArcGIS-10. В зависимости от поставленных целей и задач процесс генерализации может проводиться на нескольких уровнях: макро (класс/карта), мезо (группа объектов) и микро (одиночные объекты). В работе были использованы мезо- и микроуровни, классы на макроуровне были получены ранее в процессе классификации.

Результаты исследований. Максимальное сближение (наложение) значений в облаке пространства спектральных признаков наблюдается при выделении (классификации) лесов по молодым и средневозрастным группам возраста – «молдняки» (TNBC_Y), «хвойный сомкнутый средневозрастный» (TNEC_M) и «древесно-кустарниковые» (T_S) классы насаждений (рис. 4). Кроме того, можно заметить небольшое наложение классов BL и HC, что также свидетельствует о схожести их спектральных характеристик.

Максимальную спектральную разделимость показали практически все доминирующие классы наземного покрова: лес, трава, кустарники, водные объекты и не покрытые растительностью земли. Кроме того, приемлемую спектральную разделимость на тематической карте Landsat 2014 показало большинство классов лесного покрова исследуемой территории. Средние значения DN кривых страт «хвойные, лиственные и смешанные спелые и перестойные» не пересекаются на диаграмме рассеивания и обладают умеренным диа-

пазоном дисперсии (рис. 5). Подобную картину можно наблюдать для средневозрастных насаждений этих же классов (страт) лесного покрова. Графики спектральных значений молодых насаждений на снимке Landsat 2014 после проведённой пошаговой классификации значительно отличаются от средневозрастных классов. Это позволяет выделять их между собой без дополнительных работ по анализу тематической карты. С другой стороны, наблюдается перемешивание этих классов со стратами «травянистый» и «древесно-кустарниковый» покровы. Особенно это заметно на примере трансформированного канала Br. Соответственно в этом случае приходится использовать дополнительные алгоритмы по переклассификации снимков Landsat и применять методы экспертно-аналитического дешифрирования на более детальном уровне.

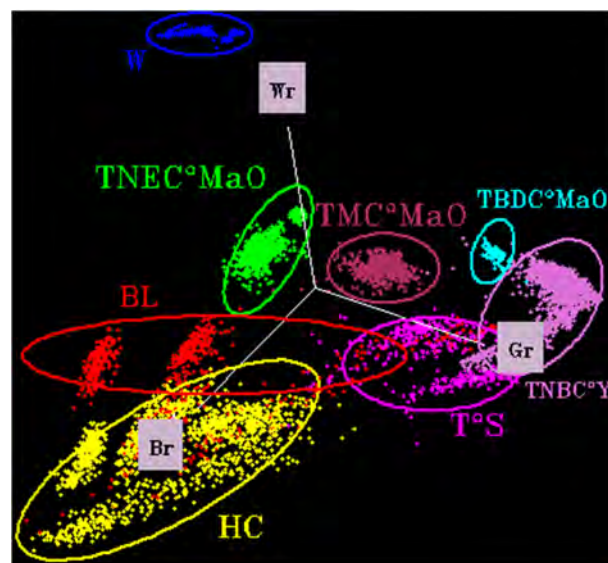


Рис. 4. Диаграмма рассеивания для спектральных значений DN восьми классов легенды наземного покрова

Полученные зависимости выделенных классов наземного покрова от значений BGW являются важными данными для последующей работы по автоматизации процесса классификации и оценки точности тематического картирования. Как

видно из табл. 2, на исследуемой территории самым большим по площади явился класс «травянистый сомкнутый» (НС_С), составляющий по площади на тематической карте Landsat 2001 года 25,1 % от общей территории Марий Эл и Чувашии. Одновременно с классом НС общая площадь обрабатываемых земель составляла в 2001 году 40 %, а в 2014 – порядка 39 % от всей территории тематической карты спутникового снимка.

Изменения в площади классов НС (травянистый покров) и НС_С (обрабатываемые земли) объясняются сезонной динамикой растительного покрова сельско-

хозяйственных угодий. В целом суммарно площади этих двух классов за текущий период времени существенно не изменились. Уменьшение доли обрабатываемых сельскохозяйственных земель (НС_С) и увеличение травянистого покрова (НС) практически на эту же величину, в первую очередь, связаны со снижением сельскохозяйственной деятельности в исследуемом регионе в начале 2000-х. Одновременно повсеместно на этой территории наблюдается постепенное зарастание брошенных земель многолетними травами и древесно-кустарниковой растительностью.

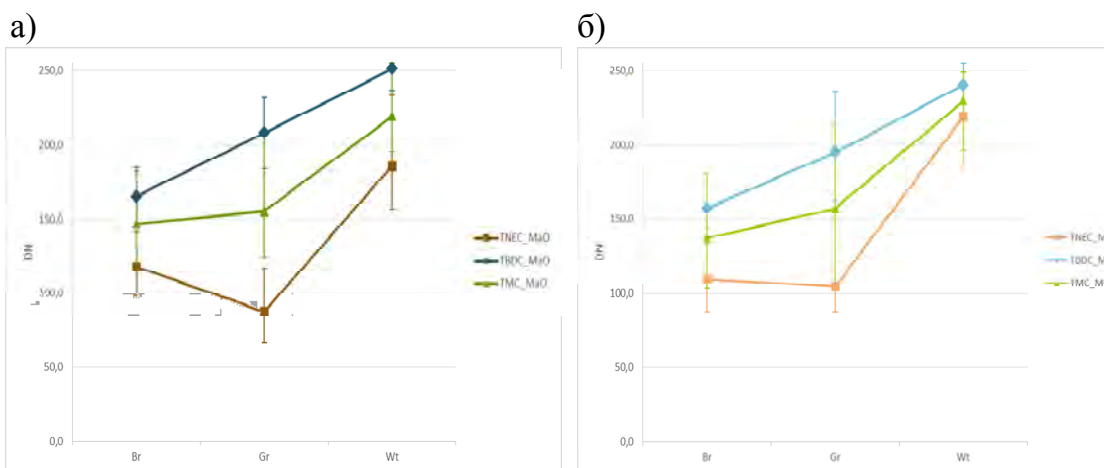


Рис. 5. Графики средних значений спектральных показателей DN по каналам BGW: а) для хвойных, лиственных и смешанных спелых и перестойных; б) хвойных, лиственных и смешанных средневозрастных

Таблица 2

Распределение классов наземного покрова на тематической карте Landsat 2001 и 2014 гг.

Классы	Landsat 2001, га	Процент от общей площади	Landsat 2014, га	Процент от общей площади
TNEC_MaO	232583,7	7,1	141509,4	4,3
TNEC_M	211083,9	6,4	286802,8	8,7
TNEO_W	15595,5	0,5	37162,71	1,1
TBDC_MaO	347036,5	10,5	69217,74	2,1
TBDC_M	364979,8	11,1	276926,4	8,4
TMC_MaO	78936,8	2,4	101494,6	3,1
TMC_M	141903,2	4,3	202976,0	6,2
TNBC_Y	197124,3	6,0	396930,5	12,0
T_S	141902,3	4,3	241968,2	7,3
НС	481826,5	14,6	637849,8	19,4
НС_С	827274,3	25,1	647195,3	19,6
TMO_B	116488,3	3,5	119197,0	3,6
BL	2325,2	0,1	16122,24	0,5
W	135506,0	4,1	119385,8	3,6
Итого	3294566,0	100	3294739,0	100

Среди тематических слоёв (страт) лесного покрова наибольшую площадь занимает класс «мелколиственные средневозрастные среднепроизводительные насаждения» (TBDC_M), который на снимке Landsat в 2014 году достиг 11,1 % от общей территории исследований. В связи с переходом части подобных насаждений в другие тематические классы лесного покрова (в частности, в связи с возрастом), в 2014 году площадь класса TBDC_M на тематической карте Landsat уменьшилась до 8,4 %. В 2001 году значительным по площади (10,5 %) также был класс TBDC_MaO (мелколиственные спелые и перестойные среднепроизводительные), площадь которого на тематической карте Landsat 2014 года уменьшилась до 2,1 % от общей площади территории исследований.

В работе также были получены тематические карты Landsat 2001 и 2014 гг. с распределением на пять основных (доминирующих) классов наземного покрова (рис. 6). Для карт грубого разрешения использовалась единая шкала на пять классов наземного покрова.

	Деревья	T
	Кустарник	S
	Трава	H
	Вода	W
	Не покрытые растительностью земли	B

Полученные данные на пять классов в целом дополняют общую картину распределения классов на тематических картах с 14 стратами наземного покрова.

Исторически в районе Среднего Поволжья площади лесных массивов подвергались серьёзным нарушениям только в связи с катастрофическими природными явлениями (пожары, болезни) или внешними антропогенными воздействиями (сплошная вырубка) [31]. В целом тематический класс «лес» на изучаемой территории с 2001 по 2014 гг. снизился по площади на 2,7 % (212940,3 га). По нашему мнению, наряду с традиционной вырубкой, такое существенное снижение площади лесных насаждений может быть также связано с их большими потерями во время катастрофических лесных пожаров 2010 года, когда на территории республик Марий Эл и Чувашии сгорело более 114 тыс. га леса [20].

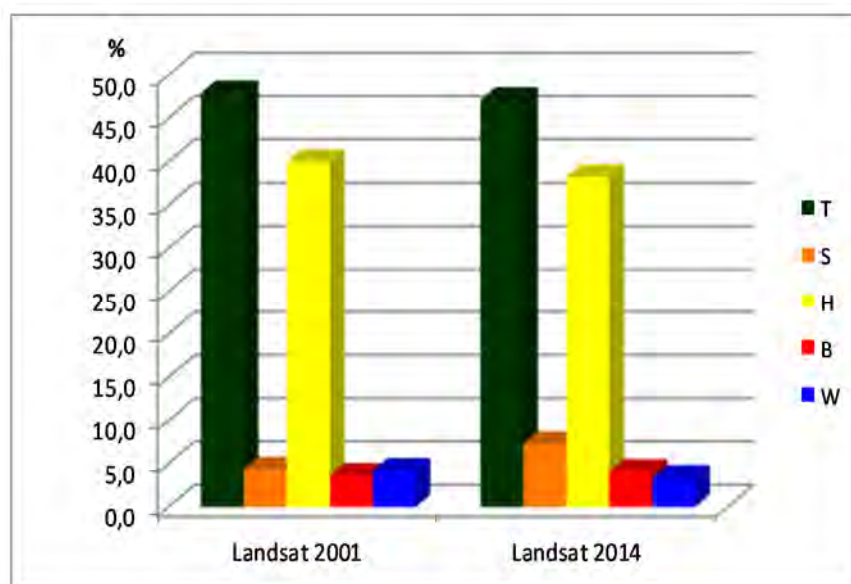


Рис. 6. Динамика классов наземного покрова тематических карт Landsat 2001 и 2014 гг.

Выводы

1. Предложена усовершенствованная методика пошаговой классификации лесного покрова по спутниковым снимкам среднего разрешения на основе подходов международных организаций ФАО, НАСА и российской ГИЛ.

2. В работе получены зависимости распределения классов (страт) лесного покрова от спектральных сигнатур снимков спутника Landsat в пространстве признаков Bg (яркость), Gr (зелёность) и Wt (влажность), трансформированных по методу Tasseled Cap («колпачок с кисточкой»). Максимальную разделимость показали основные лесные классы TNEC_MaO (хвойные сомкнутые спелые и перестойные), TBDC_MaO (лиственные сомкнутые спелые и перестойные) и TMC_MaO (смешанные спелые перестойные).

3. Близкие значения спектральных сигнатур показали спелые и средневозрастные насаждения, что приводит к смешиванию классов в процессе классификации спутниковых снимков. С другой стороны, молодняки показывают высокую спектральную разделимость от класса «средневозрастные насаждения», что также позволяет повысить качество тематического картирования лесного покрова.

4. Полученные тематические карты Landsat 2001 и 2014 для 14 классов наземного покрова на исследуемую территорию Среднего Поволжья показывают снижение площади класса TNEC_MaO (светлохвойные спелые и перестойные среднепроизводительные) на 2,8 %. Одновременно по картам наблюдается увеличение классов TNEC_M (светлохвойные средневозрастные среднепроизводительные) на 2,3 %, TNEO_W (мелколиственные спелые и перестойные среднепроизводительные) на 0,6 %.

5. В целом за период 2001–2014 гг. по пяти основным классам наземного покрова тематических карт Landsat наблюдается снижение площади класса «лес» на 2,7 %, увеличение класса «кустарниково-древесной растительности» и класса «не покрытого растительностью» – на 0,6 %.

6. Результаты работы могут быть использованы при осуществлении лесного мониторинга методами дистанционного зондирования, реализации лесохозяйственных мероприятий по повышению продуктивности, сохранению (приумножению) биоразнообразия и комплексному использованию лесных ресурсов, созданию баз данных по запасам углерода в лесах России.

Работа выполнена по проекту «Дистанционный мониторинг устойчивости лесных экосистем» в рамках государственного задания в сфере научной деятельности Министерства образования и науки Российской Федерации 2014 г.

Список литературы

1. Колесникова, О.Н. Возможности ПК ENVI для обработки мультиспектральных и гиперспектральных данных / О.Н. Колесникова, А.С. Черепанов // Геоматика. – 2009. – № 3. – С. 24-27.

2. Ran, Y. Evaluation of four remote sensing based land cover products over China / Y. Ran, X. Li, L. Lu // International Journal of Remote Sensing. – 2010. – Vol. 31, № 2. – Pp. 391-401.

3. Савин, И.Ю. Спутниковый мониторинг воздействия засухи на растительность (на примере засухи 2010 года в России) / И.Ю. Савин, С.А. Барталев, Е.А. Лупян и др. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2011. – Т. 8. – С. 150-162.

4. Курбанов, Э.А. Оценка зарастания земель запаса Республики Марий Эл лесной растительностью по спутниковым снимкам / Э.А. Курбанов, О.Н. Воробьёв, А.В. Губаев, и др. // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2010. – № 2(9). – С. 14-20.

5. Хлюстов, В.К. Автоматизация комплексной оценки лесных ресурсов и мониторинг состояния лесов дистанционными методами нового поколения / В.К. Хлюстов // Лесное хозяйство. – 2011. – № 6. – С.13-14.

6. Курбанов, Э.А. Четыре десятилетия исследований лесов по снимкам Landsat / Э.А. Курба-

нов, О.Н. Воробьев, А.В. Губаев и др. // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2014. – № 1(21). – С. 18-32.

7. *Levin, N.* Mapping forest patches and scattered trees from SPOT images and testing their ecological importance for woodland birds in a fragmented agricultural landscape / N. Levin, C. McAlpine, S. Phinn, et al. // *International Journal of Remote Sensing*. – 2009. – Vol. 30, № 12. – Pp. 3147–3169.

8. *Терехин, Э.А.* Анализ каналов спутниковых данных Landsat TM для оценки характеристик лесных насаждений лесостепной провинции средне-русской возвышенности / Э.А. Терехин // *Исследование Земли из космоса*. – 2012. – № 2. – С. 53-62.

9. *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. – Pp. 1977-1982.

10. *Барталев, С.А.* Исследования ИКИ РАН по развитию методов спутникового мониторинга растительного покрова / С.А. Барталев, Е.А. Лупян // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. – 2013. – Т. 10, № 1. – С. 197-214.

11. *Елсаков, В.В.* Картирование растительного покрова бассейна р. Кожим (Приполярный Урал) с использованием материалов дистанционного зондирования / В.В. Елсаков, И.О. Марущак, В.М. Щанов // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. – 2009. – Т. 2., Вып. 6. – С. 360-364.

12. *Елсаков, В.В.* Растительный покров Югорского полуострова в условиях климатических изменений последних десятилетий / В.В. Елсаков, Е.Е. Кулюгина // *Исследование Земли из космоса*. – 2014. – Т. 11, № 3. – С. 65-77.

13. *Харин, Н.Г.* Возможности использования вегетационного индекса (NDVI) для изучения фенологии и состава лесов России / Н.Г. Харин, В.М. Жирин, Р. Татеиши // *Исследование Земли из космоса*. – 2006. – № 3. – С. 89-96.

14. *Воробьев, О.Н.* Дистанционный мониторинг городских лесов / О.Н. Воробьев, Э.А. Курбанов, А.В. Губаев и др. // *Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование*. – 2015. – № 1 (25). – С. 5-21.

15. *Potapov, P.* Combining MODIS and Landsat imagery to estimate and map boreal forest cover loss / P. Potapov, M.C. Hansen, S.V. Stehman et al // *Remote Sensing of Environment*. – 2008. – № 112(9). – Pp. 3708-3719.

16. *Sohl, T.L.* Addressing foundational elements of regional land-use change forecasting/ T.L. Sohl, R.L. Thomas, M.S. Benjamin, et al // *Landscape ecology*. – 2010. – № 25. – Pp. 233-247.

17. *Cohen, W.B.* An improved strategy for regression of biophysical variables and Landsat ETM+ data / W.B. Cohen, T.K. Maersperger, S.T. Gower, D.P. Turner // *Remote Sensing of Environment*. – 2003. – № 84. – Pp. 561-571.

18. *Phillips, R.L.* Scaling-up knowledge of growing-season net ecosystem exchange for long-term assessment of North Dakota grasslands under the Conservation Reserve Program/ R.L. Phillips, O. Beeri // *Global Change Biology*. – 2008. – № 14. – Pp. 1008-1017.

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

20. *Воробьев, О.Н.* Методика выявления степени повреждения древостоев после пожаров 2010 года в Среднем Поволжье / О.Н. Воробьев, Э.А. Курбанов, С.А. Лежнин и др. // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. – 2014. – № 4 (11). – С. 217-229.

21. *Курбанов, Э.А.* Тематическое картирование и стратификация лесов Марийского Заволжья по спутниковым снимкам Landsat / Э.А. Курбанов, О.Н. Воробьев, С.А. Незамаев и др. // *Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование*. – 2013. – № 3 (19). – С. 72-82.

22. *Денисов, С.А.* Проблемы воспроизводства сосновых лесов Среднего Поволжья/ С.А. Денисов, К.К. Калинин, В.П. Бессчетнов и др. // *Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование*. – 2012. – № 1 (15). – С. 12-23.

23. *Курбанов, Э.А.* Опыт сохранения уникальных лесов и биологического разнообразия в национальных парках западного побережья США / Э.А. Курбанов, М.А. Яцков, О.Н. Воробьев и др. // *Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование*. – 2011. – № 1 (11). – С. 99-107.

24. *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.

25. *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. – № 97. – Pp. 301-310.

26. *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.

27. *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> 20.04.2012

28. *Воробьев, О.Н.* Мониторинг состояния растительного покрова на территории Республики Марий Эл с использованием ENVISAT MERIS / О.Н. Воробьев, Э.А. Курбанов // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2013. – № 7 (99). – С. 42–45.

29. 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 05.12.2015).

30. *Курбанов, Э.А.* Тематическое картирование растительного покрова по спутниковым снимкам: валидация и оценка точности / Э.А. Курбанов, О.Н. Воробьев, С.А. Лежнин и др. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2015. – 132 с.

31. *Денисов С.А.* Управление лесовосстановлением на горях / С.А. Денисов, Т.А. Конюхова, Т.С. Рачкова // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2015. – № 3 (27). – С. 5-14.

Статья поступила в редакцию 09.09.15.

Информация об авторах

ВОРОБЬЕВ Олег Николаевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства и лесоустройства, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – дистанционное зондирование лесов и ГИС, депонирование углерода лесными экосистемами, мониторинг лесных экосистем. Автор 60 научных и учебно-методических работ.

КУРБАНОВ Эльдар Аликрамович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесоводства и лесоустройства, руководитель международного Центра устойчивого управления и дистанционного мониторинга лесов, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – устойчивое управление лесами, дистанционное зондирование и ГИС, биологическая продуктивность лесных экосистем, депонирование углерода лесными экосистемами, леса Киото. Автор 140 научных и учебно-методических работ.

ГУБАЕВ Александр Владимирович – младший научный сотрудник, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – дистанционное зондирование и ГИС, биологическая продуктивность лесных экосистем. Автор 20 публикаций.

ДЕМИШЕВА Екатерина Николаевна – аспирант кафедры лесоводства и лесоустройства, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – дистанционное зондирование лесов и ГИС, оценка загрязнённых территорий. Автор пяти публикаций.

UDC 630*583

METHOD OF STEPWISE CLASSIFICATION OF SATELLITE IMAGES FOR THE THEMATIC MAPPING OF FOREST COVER

O. N. Vorobyev, E. A. Kurbanov, A. V. Gubayev, E. N. Demisheva

Volga State University of Technology

3, Lenin Sq., Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation

E-mail: Vorobievon@volgatech.net; Kurbanovea@volgatech.net

Key words: satellite images; GIS; remote sensing; classification; remote monitoring of forests; thematic mapping.

ABSTRACT

Introduction. Question of unification and automation of the forest cover decoding are of great importance in connection to increasing number of used satellites. Regional estimates of forest cover are significant for solving problems of monitoring and validation of thematic maps by alignment of satellite images of middle and high spatial resolutions. **The goal of research** is to develop method of stepwise classification of satellite images of middle resolution for thematic mapping of forest cover with the use of classification systems of FAO, NASA and Russian state forest inventory. **Objects and methods.** Application of the methodology was carried out on the territory of Middle Povolzhje including Republics of Mari El, Chuvashia, Tatarstan, Kirov and Nizhny Novgorod region. In the research we used archival Landsat images of 2011 and 2014 years. Spectral separability of forest classes on the satellite images, transformed by the "Tasseled cap" procedure to the images of Brightness, Greenness, and Wetness, was carried out in the "feature space". For determination of the age groups (young, middle-aged, mature and over mature stands) of the decoding forest class each thematic layer was subject to detailed classification with scale of specified gradations and iterations. **Results and discussion.** After separation of all classes under unsupervised classification a detailed thematic map on 14 and 5 classes of land cover was derived. Similar values of spectral signatures showed mature and middle aged forest stands, which brings to the mixture of classes in the process of satellite images classification. Maximum spectral separability revealed main forest classes TNEC_MaO (Tree Needleleaved Evergreen Closed_Mature and Overmature), TBDC_MaO (Tree Broadleaved Deciduous Closed_Mature and Overmature), and TMC_MaO (Tree mixed closed_Mature and Overmature). The analyses of newly obtained multi temporal thematic maps on the territory of Middle Povolzhje show a decrease of TNEC_MaO class area on the 2,8%. At the same time on the base of thematic maps of 2001 and 2014 there is a slight increase in TNEC_M class (Tree Needleleaved Evergreen Closed_Middle aged) on 2,3%, and TNEO_W (Tree Needleleaved Evergreen Closed_Wetland) on 0,6%. The research results could be used for the implementation of forest monitoring with the use of remote sensing techniques. **Conclusions.** We suggest improved methodology of stepwise classification of forest cover on satellite images of middle spatial resolution on the base of international systems of land cover classifications. The research results could be used during implementation of forest monitoring by the methods of remote sensing, carrying out forest activities on increasing productivity, conservation of biodiversity and sustainable use of forest resources.

The research was carried out under the project «Remote Monitoring of Forest Ecosystems Sustainability» in the framework of State Assignment in the field of Science Activity of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation in 2014.

REFERENCES

1. Kolesnikova O.N., Cherepanov A.S. Vozможности ПК ENVI для обработки мультиспектральных и гиперспектральных данных [ENVI Capabilities to Process Multispectral and Hyperspectral Data]. *Geomatika* [Geomatics]. 2009. № 3. Pp. 24-27.
2. Ran Y., Li X., Lu L. Evaluation of Four Remote Sensing Based Land Cover Products over China International Journal of Remote Sensing. 2010. Vol. 31, № 2. Pp. 391-401.
3. Savin I.Yu., Bartalev S.A., Lupyan E.A., et al. Sputnikovyy monitoring vozdeystviya zasukhi na rastitelnost (na primere zasukhi 2010 goda v Rossii) [Satellite Monitoring of Drought Influence on Vegetation (based on the Drought-2010 in Russia)]. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Present-Day Problems of Earth Remote Sensing from the Space]. 2011. Vol. 8. Pp. 150-162.
4. Kurbanov E.A., Vorobyev O.N., Gubaev A.V., et al. Otsenka zarastaniya zemel zapasa Respubliki Mariy El lesnoy rastitelnostu po sputnikovym snimkam [Assessment of Mari El Reserve Lands Colonization with Forest Vegetation by Satellite Images]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2010. № 2(9). Pp. 14-20.
5. Khlustov V.K. Avtomatizatsiya kompleksnoy otsenki lesnykh resursov i monitoring sostoyaniya lesov distantsionnymi metodami novogo pokoleniya [Automation of Complex Assessment of Forest Re-

sources and Monitoring of Forests Condition Using Remote Methods of New Generation]. *Lesnoe khozaystvo* [Forestry]. 2011. № 6. Pp. 13-14.

6. Kurbanov E.A., Vorobyev O.N., Gubaev A.V., et al. Chetyre desyatiletiya issledovaniy lesov po snimkam Landsat [Four Decades of Forests Study by Landsat Images]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser. Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie*. [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2014. № 1 (21). Pp. 18-32.

7. Levin N., McAlpine C., Phinn S., et al. Mapping Forest Patches and Scattered Trees from SPOT Images and Testing Their Ecological Importance for Woodland Birds in a Fragmented Agricultural Landscape. *International Journal of Remote Sensing*. 2009. Vol. 30. № 12. Pp. 3147-3169.

8. Terekhin E.A. Analiz kanalov sputnikovyykh dannyykh Landsat TM dlya otsenki kharakteristik lesnykh nasazhdeniy lesostepnoy provintsii srednerusskoy vozvysheynosti [Analysis of the Channels of Satellite Data Landsat TM to Assess the Peculiarities of Forest Plantations in Forest-Steppe Region of Central Russian Upland.]. *Issledovanie zemli iz kosmosa* [Earth Study from the Space]. 2012. № 2. Pp. 53-62.

9. 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. Pp. 1977-1982.

10. Bartalev S.A., Lupyan E.A. Issledovaniya IKI RAN po razvitiu metodov sputnikovogo monitoring rastitelnogo pokrova [Study of the Institute for Space Research to Develop the Methods of Satellite Monitoring of Vegetation]. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Present-Day Problems of Earth Remote Sensing from the Space]. 2013. Vol. 10, № 1. Pp. 197-214.

11. Elsakov V.V., Marushak I.O., Shchanov V.M. Kartirovanie rastitelnogo pokrova basseyna r. Kozhim (Pripolyarnyy Ural) s ispolzovaniem materialov distantsionnogo zondirovaniya [Mapping of Vegetation Cover of the Kozhim basin (Nether-Polar Urals) Using the Data of Remote Sensing]. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Present-Day Problems of Earth Remote Sensing from the Space]. 2009. Iss. 6, Vol. 2. Pp. 360-364.

12. Elsakov V.V., Kulyugina E.E. Rastitelnyy pokrov Yugorskogo poluostrova v usloviyakh klimaticheskikh izmeneniy poslednikh desyatiletiy [Vegetation Cover of the Yugor Peninsula in Conditions of Climatic Changes of the Past Decades]. *Issledovanie zemli iz kosmosa* [Earth Study from the Space]. 2014. Vol. 11, № 3. Pp. 65-77.

13. Kharin N.G., Zhirin V.M., Tateishi R. Vozmozhnosti ispolzovaniya vegetatsionnogo indeksa (NDVI) dlya izucheniya fenologii i sostava lesov Rossii [Possibilities to Use the Vegetation Index (NDVI) Studying the Phenology and Russian Forests Composition]. *Issledovanie zemli iz kosmosa* [Earth Study from the Space]. 2006. № 3. Pp. 89-96.

14. Vorobyev O.N., Kurbanov E.A., Gubaev A.V.,

et al. Distantsionnyy monitoring gorodskikh lesov [Remote Sensing of Urban Forests]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser. Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie*. [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2015. № 1(25). Pp. 5-21.

15. Potapov P., Hansen M.C., Stehman S.V., et al. Combining MODIS and Landsat Imagery to Estimate and Map Boreal Forest Cover Loss. *Remote Sensing of Environment*. 2008. № 112(9). Pp. 3708-3719.

16. Sohl T.L., Thomas R.L., Benjamin M.S., et al. Addressing Foundational Elements of Regional Land-Use Change Forecasting. *Landscape Ecology*. 2010. № 25. Pp. 233-247.

17. Cohen W.B., Maersperger T.K., Gower S.T., Turner D.P. An Improved Strategy for Regression of Biophysical Variables and Landsat ETM+ Data. *Remote Sensing of Environment*. 2003. № 84. Pp. 561-571.

18. Phillips R.L., Beerli O. Scaling-up Knowledge of Growing-Season Net Ecosystem Exchange for Long-Term Assessment of North Dakota Grasslands under the Conservation Reserve Program. *Global Change Biology*. 2008. № 14. Pp. 1008-1017.

19. Kurbanov E.A., Vorobyev O.N., Gubaev A.V., et al. Otsenka zarastaniya zemel zapasa Respubliki Mariy Eel lesnoy rastitelnostu po sputnikovym snimkam [Assessment of Mari El Reserve Lands Colonization with Forest Vegetation by Satellite Images]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2010. № 2(9). Pp. 14-20.

20. Vorobyev O.N., Kurbanov E.A., Lezhnin S.A. Metodika vyavleniya stepeni povrezhdeniya drevostoev posle pozharov 2010 goda v Srednem Povolzhe [Methods to Reveal the Damage Level of Stands after Fires - 2010 in the Middle Volga Region]. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Present-Day Problems of Earth Remote Sensing from the Space]. 2014. № 4 (11). Pp. 217-229.

21. Kurbanov E.A., Vorobyev O.N., Nezamaev S.A., et al. Tematicheskoe kartirovanie i stratifikatsiya lesov Mariyskogo Zavolzhya po sputnikovym snimkam Landsat [Thematic Mapping and Stratification of Mari Trans-Volga Region Forests by Landsat Satellite Images]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser. Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie*. [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2013. № 3 (19) Pp. 72-82.

22. Denisov S.A., Kalinin K.K., Besschetnov V.P., et al. Problemy vosproizvodstva sosnovykh lesov Srednego Povolzhya [Problems of Pine Forests Reproduction in the Middle Volga Region]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser. Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie*. [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2012. № 1 (15). Pp. 12-23.

23. Kurbanov E.A., Yatskov M.A., Vorobyev O.N., et al. Opyt sokhraneniya unikalnykh lesov i

biologicheskogo raznoobraziya v natsionalnykh parkakh zapadnogo poberezhya SShA [An Experience of Conservation of Unique Forests and Biodiversity in the National Parks of Western USA]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie*. [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2011. № 1 (11). Pp. 99-107.

24. Kurbanov E.A., Nureeva T.V., Vorobyev O.N., et al. Distantionnyy monitoring dinamiki narusheniy lesnogo pokrova, lesovozobnovleniya i lesovosstanovleniya v Mariyskom Zavolzhe [Remote Sensing of Dynamics of Forest Cover Disturbance, Forest Regeneration and Forest Restoration in Mari Trans-Volga Region]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie*. [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2011. № 3 (13). Pp. 17-24.

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

26. Vorobyev O.N., Kurbanov E.A., Gubaev A.V., et al. Distantionnyy monitoring lesnykh garey v Mariyskom Zavolzhe [Remote Monitoring of Forest Fire-Sites in Mari Trans-Volga Region]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser. Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie*. [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2012. № 1 (15). Pp. 12-22.

27. Gubaev A.V., Kurbanov E.A., Vorobyev O.N., et al. Klassifikatsiya nazemnogo pokrova Srednego Povolzhya po sputnikovym snimkam srednego razresheniya [Classification of Middle Volga Land Cover by Satellite Images of Medium Resolution]. *Lesnye ekosistemy v usloviyakh izmeneniya*

klimata: biologicheskaya produktivnost i distantionnyy monitoring: materialy mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo seminara [Forest Ecosystems in Conditions of Climate Change: Biological Productivity and Remote Monitoring: proceedings of International research and practical seminar]. Yoshkar-Ola: MapITy, 2011. Pp. 7-19. URL: <http://csfm.marstu.net/publications.html> (Reference date: 20.04.2012).

28. Vorobyev O.N., Kurbanov E.A. Monitoring sostoyaniya rastitelnogo pokrova na territorii Respubliki Mariy El s ispolzovaniem ENVISAT MERIS [Monitoring of Vegetation Cover Condition in Mari El Republic with Usage of ENVISAT MERIS]. *Vestnik MGUL-Lesnoy Vestnik* [Vestnik of Moscow State Forest University – Forest Vestnik]. 2013. № 7(99). Pp. 42-45.

29. Metodicheskie rekomendatsii po provedeniyu gosudarstvennoy inventarizatsii lesov: utverzhdenyy prikazom Rosleshoza ot 10.11.2011 № 472 [Methodological Recommendations for National Forest Inventory: approved by the order of Federal Forestry Agency of 10.11.2011 № 472]. URL: <http://www.rosleshoz.gov.ru/docs/leshoz/199> (Reference date: 05.12.2015).

30. Kurbanov E.A., Vorobyev O.N., Lezhnin S.A., et al. *Tematicheskoe kartirovanie rastitelnogo pokrova po sputnikovym snimkam: validatsiya i otsenka tochnosti* [Thematic Mapping of Vegetation Cover by Satellite Images: Validation and Accuracy Evaluation]. Yoshkar-Ola: Volga State University of Technology, 2015. 132 p.

31. Denisov S.A., Konukhova T.A., Rachkova T.S. Upravlenie lesovosstanovleniem na garyakh [Forest Restoration Management at the Fire-Sites]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser. Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie*. [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management.]. 2015. № 3 (27). Pp. 5-14.

The article was received 09.09.15.

Citation for an article: Vorobyev O. N., Kurbanov E. A., Gubayev A. V., Demisheva E. N. Method of stepwise classification of satellite images for the thematic mapping of forest cover. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management*. 2015. No 4 (28). Pp. 57-72.

Information about the authors

VOROBYEV Oleg Nikolayevich – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Chair of Silviculture and Forest Inventory, Volga State University of Technology. Research interests – forest remote sensing and GIS, carbon sequestration by the forest ecosystems, forest ecosystems monitoring. The author of more than 50 scientific publications and textbooks.

KURBANOV Eldar Alikramovich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Chair of Silviculture and Forest Inventory, Head of the Centre of Sustainable Forest Management and Remote Sensing, Volga State University of Technology. Research interests – sustainable forest management, remote sensing and GIS, biological productivity of forest ecosystems, carbon sequestration by the forest ecosystems, Kyoto forests. The author of 140 scientific publications and textbooks.

GUBAYEV Aleksandr Vladimirovich – senior researcher of the forestry department of Volga State University of Technology. Research interest – forest remote sensing and GIS, biological productivity of forest ecosystems. The author of more than 20 research publications.

DEMISHEVA Ekaterina Nikolayevna – PhD Student at the Chair of Silviculture and Forest Inventory, Volga State University of Technology. Research interest – forest remote sensing, assessment of contaminated and polluted lands. The author of 5 research publications.

УДК 634.958

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛЕЗАЩИТНОГО ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЯ В ОСТРОЗАСУШЛИВЫХ РАЙОНАХ РОССИИ

А. С. Манаенков, Л. И. Абакумова

Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации,
Российская Федерация, 400062, Волгоград, проспект Университетский, 97
E-mail: manaenkov1@yandex.ru

Статья посвящена актуализации проблемы развития и повышения эффективности работ по полезащитному лесоразведению. Раскрывается состояние, значение и принципы осуществления лесоразведения на пахотных землях в новых природно-хозяйственных условиях. Рассматриваются обременения, связанные с созданием и содержанием систем полезащитных лесных полос, пути и приёмы их уменьшения. Применительно к острозасушливым регионам сформулированы предложения по коррекции проектно-технологических решений при планировании мероприятий по лесной мелиорации полей.

Ключевые слова: пахотные земли; деградация; полезащитные лесные полосы; депрессионная зона; повышение влагообеспеченности и долговечности.

Введение. В современном представлении лесная мелиорация земель (защитное лесоразведение) является важным звеном в системе государственных мер по сохранению земельных ресурсов и охране окружающей среды, призванным обеспечить существенное повышение их эффективности [1].

В ряду приоритетов защитного лесоразведения на сельскохозяйственных землях ведущее место принадлежит созданию систем взаимодействующих лесных полос на пахотных угодьях в районах опасного проявления водной и ветровой эрозии почвы. В настоящее время как в России, так и за рубежом общепризнано, что оно является наиболее дешёвым, надёжным и долгодействующим средством комплексного оздоравливающего и стабилизирующего воздействия на агроландшафты с сильно нарушенными землями. Лесные полосы на пашне противодействуют деградационным процессам, улучшают микроклиматическую обстановку полей, организацию территории, обеспечивают получение дополнительной продукции расте-

ниеводства и лесных ресурсов, не входят в противоречие с задачами сохранения и воспроизводства зональных степей.

Однако полезащитное лесоразведение сопряжено и с рядом обременений. Оно вызывает необходимость отчуждения части посевной площади, дополнительные затраты на содержание лесонасаждений, приводит к осложнению агротехнических работ или потере продуктивности агроценозов на непосредственно прилегающей к древостою периферийной зоне полей. Эти обременения многие десятилетия сдерживали использование лесной мелиорации в земледелии, мотивировали постепенное сокращение доли полезащитного лесоразведения в объёме лесомелиоративных работ, предусмотренных государственными и региональными программами развития сельского хозяйства в России в послевоенный период. Они также служили препятствием совершенствованию нормативно-правовой базы защитного лесоразведения, явились одной из причин ликвидации его организационных структур.

© Манаенков А. С., Абакумова Л. И., 2015.

Для цитирования: Манаенков А. С., Абакумова Л. И. Повышение эффективности полезащитного лесоразведения в острозасушливых районах России // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2015. – № 4 (28). – С. 73-83.

Вместе с тем быстрая деградация почвенного покрова в последние десятилетия, в том числе и в связи с повсеместным одряхлением и распадом защитных лесных насаждений, привела к заметному сокращению площади плодородных земель и опасному росту напряжённости экологии агросферы страны. В ряде зерноводческих районов возникла потребность в неотложном осуществлении мероприятий по комплексной мелиорации и восстановлению продуктивности пахотных угодий, повышению безопасности аграрного производства [2, 3].

Эти события произошли при наличии в разных природных зонах России, ближнего зарубежья крупных объектов и более чем векового опыта успешной защиты полей лесными полосами от водной эрозии, пыльных бурь, суховеев, других негативных воздействий. И неудивительно, что они вызвали рост озабоченности состоянием пахотных земель со стороны науки, сельхозпроизводителей, общественности, подстегнули обсуждение современных проблем защитного лесоразведения на разных уровнях исполнительной власти.

Понимание необходимости повышения экологической и продовольственной безопасности страны привело к формированию новых представлений о значении, эффективности и принципах осуществления полезащитного лесоразведения [4–6].

Цель исследования – разработать предложения к технологии повышения эффективности полезащитного лесоразведения в острозасушливых районах России.

Объекты, материалы и методика. Объектами являлись полезащитные лесные полосы, произрастающие на комплексных каштановых почвах юго-востока Европейской территории России (ЕТР) и Западной Сибири (Кулундинская степь).

Исследования выполнялись в соответствии с методиками, общепринятыми в защитном лесоразведении и лесной таксации [7–11]. Закономерности влияния лесных полос (возраста, породного состава, строения, ширины закраек и т. д.) на агро-

экологическую обстановку полей изучали на пробных площадях и по литературным данным [12–24].

Результаты и их обсуждение. Постепенно становятся общепризнанными следующие положения [1, 5, 6]:

1. Почвенный покров пахотных земель в той или иной степени нарушен, частично утратил своё плодородие, устойчивость, но отвечает основным зональным показателям лесопригодности и требовательности к лесорастительным условиям широко используемых в защитном лесоразведении пород деревьев и кустарников.

2. Эффективную защиту полей могут обеспечивать только здоровые, устойчивые и долговечные лесные полосы. В районах с недостаточным атмосферным увлажнением этому условию отвечают малорядные лесополосы умеренно-ажурной конструкции из наиболее адаптированных к местным условиям древесных пород, способные аккумулировать на занятой площади и потреблять влагу перераспределённых осадков, образовывать и длительное время сохранять лесную среду. Формирование, жизнеобеспечение и функционирование таких насаждений в широком диапазоне лесорастительных условий протекают при минимальном лесохозяйственном вмешательстве.

3. Основным назначением систем полезащитных лесных полос (ПЗЛП) является предупреждение деградации почвенного покрова, повышение экологической безопасности и устойчивости земледелия, эффективности других видов мелиорации земель.

4. Высокой почвозащитной и агромелиоративной эффективности малорядных ПЗЛП в подавляющем большинстве случаев следует достигать не повышением их ветропроницаемости, а улучшением системности размещения на полях, повышением защитной лесистости полей севооборотов, осуществлением комплекса других мелиораций, адаптацией к экологии межполосных полей системы земледелия. Формирование сильно ветропрони-

цаемых конструкций лесных полос является затратным и небезопасным мероприятием с кратковременным эффектом. Оно может приводить к необратимому ухудшению состояния насаждений.

5. При повсеместно критическом уровне распаханности и высокой степени нарушенности почвенного покрова сельскохозяйственных земель под эффективные системы ПЗЛП следует рассматривать не как отчуждение посевной площади, а как её частичный перевод в режим лесомелиоративной реабилитации с сохранением перспективы возврата в севооборот в новом качественном состоянии.

6. Многофункциональные природные и искусственные лесонасаждения, системы ПЗЛП, образующие агролесокомплексы на территории засушливых малолесных регионов, следует приравнять к крупным государственным инженерным мелиоративным системам, гидроэнергетическим модулям и т. п., подлежащим стационарному управлению, строгому контролю соблюдения норм их эксплуатации и состояния.

7. Рациональное использование лесных и рекреационных ресурсов защищённых полей должно служить источником погашения затрат на лесную мелиорацию пахотных земель.

8. Диверсификация форм собственности на землю в России не усилила заинтересованности землепользователей в охране и улучшении состояния ПЗЛП. До последнего времени не изжиты случаи их повреждения несанкционированными рубками, сельскохозяйственными агрегатами и палами. В связи с этим новыми реалиями в земельных отношениях и состоянии сельскохозяйственных земель остро стоит необходимость в обновлении и совершенствовании нормативно-правовой и методической основы проектирования, создания и содержания защитных лесонасаждений, управления защитным лесоразведением.

Исходя из перечисленных положений, одной из важнейших задач современной лесомелиоративной науки становится разработка зональных моделей линейных

насаждений, отвечающих требованию высокой долговечности и агромелиоративной эффективности древостоя при минимальном хозяйственном вмешательстве в его жизнь. Кроме предельной в конкретных условиях рабочей высоты, интегральным показателем адаптированности таких насаждений должно стать отсутствие или небольшая ширина полосы (зоны) депрессии агроценозов (ЗДА) в пограничном поясе полей.

Национальной отраслевой наукой не принято широко обсуждать влияние этого явления на снижение агромелиоративной эффективности лесных полос. За небольшим исключением, оно не получило глубокого изучения. Однако известно, что зона депрессии нередко занимает 5–10 % площади поля, а недобор растениеводческой продукции на этой площади достигает 40–60 % от средней величины [25–29]. Легко посчитать, что при базовой урожайности пшеницы в стране около 2 т/га он составит 40–120 т с 1000 га посевной площади.

Ширина ЗДА у лесных полос зависит от многих причин: возраста, строения, породного состава насаждений, ориентации полосы в пространстве, системы земледелия и подчиняется географическим факторам. На Европейской территории России от сухой степи к засушливой она уменьшается и на территории последней становится малозаметной. При дальнейшем движении в сторону повышения гумидности климата ширина депрессионной полосы снова увеличивается.

Так, исследование архитектуры корневых систем методом почвенных монолитов (размером 50х50х10 см на глубину до 50 см) в аридном поясе Среднего Придонья показало (рис. 1), что корненасыщенность почвогрунта в зоне депрессии составляет в среднем $254,6 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$. Масса корней сельскохозяйственных культур (озимая пшеница) и сорных трав – $44,5 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$. Доля сосущих корней у древесных пород на 13–15 % меньше, но их общая масса почти в пять раз больше, чем у растений агроценоза.

Основная масса корней вяза приземистого (до 60 %) находится в подпахатном слое на глубине 30–50 см. Протяжённость корней в сторону поля составляет 3,5–15 м. Ширина депрессионной зоны под влиянием лесных полос – 6,5–11,5 м (см. табл.). У лес-

ных полос из робинии и медленнорастущих пород она не превышает 4,5–7,0 м. Опушечные ряды кустарника, по-видимому, благодаря большому снегонакоплению и увлажнению почвы, сдерживают развитие корневых систем деревьев в сторону поля.

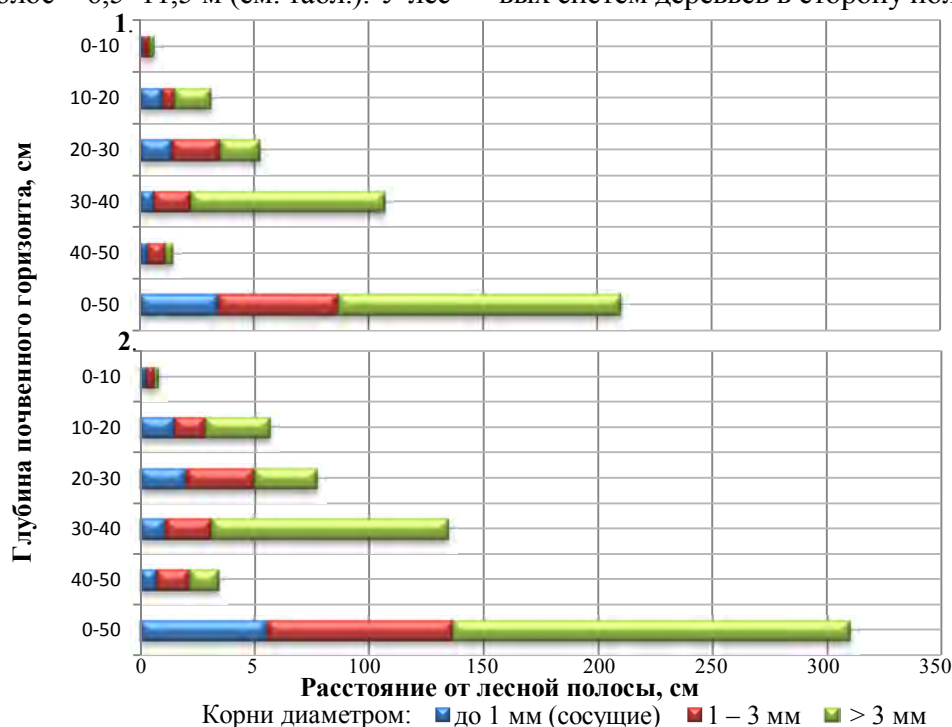


Рис. 1. Структура и масса ($г/м^3$) корней древесных пород в зоне депрессии агроценоза у взрослых трёхрядных лесных полос на комплексных каштановых почвах Среднего Придонья: 1 – из робинии псевдоакация, 2 – из вяза приземистого

Характеристика 26–29-летних (Иловлинский район) и 30–35-летних (Котельниковский район) полевых защитных лесных полос и ширина депрессионной зоны агроценозов на каштановой почве, Волгоградская область, 2014 г.

Главная порода, схемы посадки	Доля кустар- ника, %	Ср. высота, м	Ср. диа- метр, см	Коэф. сомкнуто- сти крон	Ширина зоны депрессии, м	
					навстречная сторона	заветренная сторона
Иловлинский район						
Вяз приземистый, к-В-В-к	50	7,8	12,5	0,9	8,0	8,5
Вяз приземистый, В-В-В	–	7,5	12,0	0,9	10,5	9,0
Робиния, Рк-Р-Рк	33	7,9	12,7	0,8	6,5	7,0
Робиния, к-Р-Р-к	50	7,5	12,0	0,8	7,0	7,5
Ясень зеленый, к-Яс-Яс-к	50	5,8	6,0	0,8	4,0	4,5
Ясень зеленый, Яс-Яс-Яс	–	6,2	6,5	0,8	5,5	4,5
Дуб черешчатый, к-Д-Д-к	50	5,9	7,5	0,9	4,5	–
Котельниковский район						
Вяз приземистый, В-В-В (3х1 м)	–	7,8	19,0	0,8		11,5
Вяз приземистый, В-В-В, (4,5х1,0 м)	–	8,0	24,5	0,8		10,0
Вяз приземистый, В-В (4,5х1,0 м)	–	9,6	26,0	0,9		9,5
Вяз приземистый, В-В (4,5х1,0 м)	–	7,5	18,0	0,9		8,0
Робиния, Р-Р-Р (3х1 м)	–	7,8	13,5	0,8		6,5
Робиния, Р-Р (3х1 м)	–	8,0	15,0	0,7		6,8

Примечание: к – кустарник

Таким образом, динамика ширины ЗДА имеет разную природу. В засушливых условиях это недостаток почвенной влаги под древостоем и распространение корней его крайних рядов в сторону поля. Чем больше потребность древостоя в водном питании, тем значительнее полоса иссушения пашни (рис. 2). Поэтому велик соблазн у землепользователей подрезать корневые системы деревьев как можно ближе к опушке лесных полос при глубокой обработке почвы, что почти всегда приводит к ухудшению их состояния.

В районах с большой нормой твёрдых осадков ЗДА образуется вследствие формирования у лесных полос снежных шлейфов, длительного переувлажнения почвы и выщелачивания азотистых соединений весной, притенения посевов высоким древостоем. И, наоборот, чем раньше и активнее начинает вегетировать агрокультура, тем меньше она реагирует на конкуренцию за водно-минеральное питание и снижение освещённости ассимиляционных органов, что в той или иной мере прослеживается на примере развития многолетних трав, озимых и ранних яровых культур [27–29].

Приведённые сведения дают основание для вывода о том, что решение проблемы повышения эффективности ПЗЛП

(дальности ветроломного влияния, долговечности, компактности ризосферы древостоя) нуждается в комплексном подходе. Оно может быть достигнуто только совокупностью лесоводственных, организационных и агротехнических приёмов.

На территории засушливых областей, где питание лесных полос во многом осуществляется за счёт прилегающих полей, важнейшим лесоводственным приёмом является снижение общей потребности древостоя в запасе почвенной влаги до уровня, при котором существенно уменьшается амплитуда колебания его влагообеспеченности по годам, удовлетворительно растут и формируются устойчивые насаждения. Он реализуется путём уменьшения рядности полос, дифференцирования их породного состава в зависимости от рельефа полей, использования преимущественно засухоустойчивых видов, формирования умеренно ажурного ветроломного профиля и содержания насаждений в режиме лесных экосистем, то есть – соблюдением базовых принципов степного лесоразведения – обеспечение эффективного влагонакопления в почве, отведённой под насаждение полосы, сбережение и экономное расходование почвенной влаги. Во влагообеспеченных районах – в основном, повышением ажурности ветроломного профиля лесных полос.



Рис. 2. Депрессионная зона агроценоза яровой пшеницы на каштановой почве Кулундинской степи (Алтайский край): А – у четырёхрядной лесной полосы из ильма, Б – у двухрядной из сосны обыкновенной. Июнь, 2013 г.

В первом случае важной организационной мерой будет расширение закраек лесных полос (площади питания растений крайних рядов) по мере нарастания засушливости территории. Во втором – сокращение расстояния между основными лесными полосами (площади снегосборного бассейна), то есть и в том, и другом случае обоснованное увеличение отчуждаемой под облесение площади пахотных земель.

Альтернативой увеличения отчуждаемой площади в засушливых районах будет содержание закраек лесных полос в чёрном пару или мертвопокровном состоянии. В умеренно влажных районах – мероприятия, направленные на снегозадержание в межшлейфовой зоне полей, а также ускорение таяния снежных шлейфов, отвод талой воды от лесной полосы в среднюю зону поля, дифференцирование технологии возделывания сельскохозяйственных культур и другие приёмы системы земледелия, испытанные и известные уже многие десятилетия [27–29].

Проблема повышения эффективности полезащитного лесоразведения особенно остро стоит на территории сухой степи и полупустыни, где, по-видимому, богарное земледелие будет оставаться актуальным ещё долгое время, несмотря на большую опасность негативных природных явлений. Это обусловлено большим дефицитом атмосферного увлажнения территории, доступной грунтовой влаги для развития древостоев, и, как следствие, их небольшой долговечностью, рабочей высотой, повышенной корневой агрессивностью на полях, а также необходимостью увеличения защитной лесистости пахотных угодий. Многолетние исследования ВНИАЛМИ, УкрНИИЛХА и др. [15, 21–24] позволяют считать эту проблему разрешимой. Для этого требуется разработка и осуществление комплекса адаптированных к конкретным условиям согласованных мер на этапах отвода земель, создания, выращивания и содержания ПЗЛП, направленных на повышение их влагообеспеченности и снижение напряжённо-

сти конкурентных отношений между древостоями и агроценозами.

В целом, можно констатировать, что в условиях крайнего юго-востока ЕТР и юга Западной Сибири система мероприятий, направленная на повышение долговечности и рабочей высоты ПЗЛП должна базироваться на строго дифференцированном подходе к выбору ассортимента пород, технологий закладки и выращивания насаждений в разрезе лесомелиоративных районов и групп лесопригодности почв. Большое значение имеют: глубокая мелиоративная предпосадочная обработка почвы; применение приёмов дополнительного влагонакопления; строгое соблюдение сроков лесокультурных работ и мер предупреждения повреждения корневой системы высаживаемых растений; использование селекционно-улучшенного, исключительно окоренённого посадочного материала; создание малорядных насаждений с большой долей кустарников (на комплексных почвах до 100 %); увеличение площади питания опушечных деревьев и продолжительности периода агротехнических уходов; снижение интенсивности рубок ухода и возраста возобновительной спелости. Заметным резервом повышения долговечности обладает также повторное создание ПЗЛП в местах роста их предыдущего поколения или в зоне его максимального мелиоративного влияния на прилегающую территорию, периодическое омолаживание кустарников и возобновление культивации почвы закраек.

Выводы. Отталкиваясь от перечисленных методических посылов, следует заключить, что современная практика полезащитного лесоразведения нуждается в оперативной коррекции ряда проектно-технологических решений.

Так, в связи с внедрением рыночных мотивов использования земель, сокращением расходов на восстановление почвенного плодородия назрела необходимость уменьшения рекомендованных ранее расстояний между основными ПЗЛП и повышения защитной лесистости полей в 1,5–

2,0 раза. По имеющимся расчётам [6], это будет сопровождаться адекватным ростом экономической эффективности капиталовложений в лесную мелиорацию пахотных земель и снижением их деградации.

При планировании отвода земель в районах распространения каштановых и светло-каштановых почв следует увеличивать ширину закраек лесных полос – с рекомендованных* 3 м до 4–5 м, а также внедрять практику содержания их в чёрном пару в течение всего периода, когда имеется возможность проведения механизированной обработки почвы. Это должно происходить одновременно с переходом на проектирование двух–трёхрядных лесных полос (вместо четырёх–пятирядных) с более узкими (2,5–3,0-метровыми) междурядьями, что на 30–50 % сократит занятую под лесной полосой площадь и позволит значительно уменьшить междуполосные расстояния без дополнительного отчуждения пашни.

В аридных регионах ширина ЗДА у малорядных лесных полос составляет 3–12 м, а развитие на ней сельскохозяйственных культур не оправдывает затрат на их возделывание, поэтому использование всей или части этой зоны под закрайки полос не нанесёт ущерба продуктивности полей, увеличит площадь питания, предупредит или ослабит рост корней древесных пород в сторону прилегающего поля.

Широкие (4–5 м) междурядья отсрочивают и затрудняют смыкание насаждений, формирование и сохранение в них лесной среды, приводят к чрезмерному разрастанию крон, нередко заселяются многолетними травами. Как правило, они не улучшают условия водного питания деревьев и не целесообразны.

При проектировании агротехнических мероприятий на полосах отвода земель под полевые лесонасаждения следует применять многолетнюю основную обра-

ботку почвы по системе чёрного пара, снегозадержание в сочетании с дополнительными мерами влагонакопления, способные обеспечить глубокое промачивание почвогрунта. Большой буферный запас почвенной влаги облегчит получение высокой приживаемости культур, ускорит наступление и увеличит продолжительность периода большого роста молодняка, усилит дифференциацию и обеспечит глубокое укоренение деревьев в местах с потенциально доступной грунтовой водой.

Быстрее возникает и лучше сохраняет лесная среда при рядовой посадке однодвулетних стандартных семян через 0,7–1,0 м в ряду и до 3 м между рядами.

Другими перспективными лесокультурными приёмами являются: на полях с комплексными почвами создание лесных полос с переменным по продольной оси породным составом, облесение пятен солонцов и засоленных участков крупными и средними солеустойчивыми кустарниками; создание преимущественно чистых насаждений из плотнокронных пород деревьев; широкое использование хвойных засухоустойчивых деревьев, а также низкого кустарника для уплотнения опушечных рядов деревьев рыхлокронных пород (берёзы, робинии, гледичии и др.); проведение уходов за почвой междурядий до исчезновения возможности прохода тракторного агрегата.

В хорошо дифференцированных по состоянию древостоях лесных полос следует проектировать два–три приёма рубок ухода слабой интенсивности по низовому принципу отбора деревьев в рубку. Проводить их надо преимущественно в средневозрастных и спелых насаждениях по типу селективно-санитарного изреживания древостоя. Важной особенностью этих рубок является обязательное сохранение низкоопущенных крон в опушечных рядах деревьев, обеспечивающих притенение почвы внутри лесной полосы и на закрайках.

Создание и выращивание ПЗЛП с использованием перечисленных приёмов приведёт к повышению их функциональ-

* Инструктивные указания по проектированию и выращиванию защитных лесных насаждений на землях сельскохозяйственных предприятий РСФСР. – М.: Россельхозиздат, 1979. – 45 с.

ной долговечности, защищённости и нивелированию экологической неоднородности межполосных полей. Увеличится биопродукционный и средоулучшающий потенциал агролесокмлексов, уменьшится необходимость дифференцирова-

ния технологии возделывания сельскохозяйственных культур, в других специфических элементах системы земледелия. Существенно вырастет совокупная эффективность функционирования агролесоландшафтов.

Список литературы

1. Стратегия развития защитного лесоразведения в Российской Федерации на период до 2020 года / К.Н. Кулик [и др.]. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2008. – 34 с.
2. Опустынивание и комплексная мелиорация агроландшафтов засушливой зоны / К.Н. Кулик [и др.]. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2007. – 86 с.
3. Иванов, А.Л. Рациональное использование и охрана земельных (почвенных) ресурсов Российской Федерации // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2015. – № 1. – С. 7–10.
4. Kulik, K.N. Forecasting the Development of Protective Afforestation in Russia until 2020 / K.N. Kulik, A.T. Barabanov, A. S. Manaenkov // Studies on Russian Economic Development. – 2015. – Vol. 26. № 4. – Pp. 351–358.
5. Кулик, К.Н. Полезащитное лесоразведение: значение, состояние, пути выхода из кризиса / К.Н. Кулик, А.С. Манаенков, А.Ю. Раков и др. // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2012. – № 1. – С. 24–27.
6. Манаенков, А.С. Методология и результаты оценки эффективности капитальных вложений в лесомелиорацию сельскохозяйственных земель / А.С. Манаенков, Е.А. Корнеева // Экономика развития региона: проблемы, поиски, перспективы (ежегодн.). – Волгоград, 2012. – Вып. 13. – С. 470–476.
7. Васильев, Ю.И. Теоретические основы защитного лесоразведения / Ю.И. Васильев, А.Т. Барабанов, Е.А. Гаршинев и др. // Агролесомелиорация, изд. 5-е, перераб. и доп. [под ред. академиков РАСХН А.Л. Иванова и К.Н. Кулика]. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2006. – С. 39–92.
8. Огиевский, В.В. Обследование и исследование лесных культур / В.В. Огиевский, А.А. Хиров. – М.: Лесная промышленность, 1964. – 50 с.
9. Колесников, В.А. Методы изучения корневых систем древесных растений / В.А. Колесников. – М.: Лесная промышленность, 1972. – 152 с.
10. Методические рекомендации по изучению лесных культур старших возрастов. – М., 1984. – 38 с.
11. Долгилевич, М.И. Системы лесных полос и ветровая эрозия / М.И. Долгилевич, Ю.И. Васильев, А.Н. Сажин. – М.: Лесная промышленность, 1981. – 160 с.
12. Данилов, Г. Г. Защитные лесонасаждения и система земледелия / Г. Г. Данилов. – М.: Лесная промышленность, 1971. – 188 с.
13. Долгилевич, М. И. Предложения по количеству рядов и оптимальной ветропроницаемости полезащитных лесных полос / М. И. Долгилевич, М. М. Лазарев. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1976. – 7 с.
14. Тарасенко, Л. Н. Лесные полосы и качество урожая / Л. Н. Тарасенко. – Новосибирск, 1979. – 150 с.
15. Коптев, В. И. Эффективность полезащитного лесоразведения на Украине / В. И. Коптев // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1981. – № 3. – С. 122–126.
16. Долгилевич, М.И. Защитные лесные насаждения в Западной Сибири / М.И. Долгилевич // Агролесомелиорация в Западной Сибири: сб. науч. тр. – Новосибирск, 1982. – С. 1–11.
17. Симоненко, А.П. Водообеспеченность полезащитных лесных полос и их гидрологическая роль в сухой степи Западной Сибири / А.П. Симоненко, В.И. Шошин // Агролесомелиорация в Западной Сибири: сб. науч. тр. – Новосибирск, 1982. – С. 11–24.
18. Лазарев, М.М. Агроклиматические ресурсы и их использование сельскохозяйственными культурами в системе лесных полос / М.М. Лазарев, Н.В. Вдовин, Н.Н. Валькова, Ю.И. Илясов // Сбор. науч. тр. ВНИАЛМИ. – Волгоград, 1987. – Вып. 1(90). – С. 11–20.
19. Торохтун, И.М. Совершенствование технологии выращивания полезащитных лесных полос в различных почвенно-климатических условиях / И.М. Торохтун // Агролесомелиорация и интенсификация земледелия по природным зонам страны / Сбор. науч. тр. ВНИАЛМИ. – Волгоград, 1987. – Вып. 1(90). – С. 20–31.
20. Портенко, А.Ф. Научные основы создания устойчивых долговечных полезащитных лесных полос в Западной Сибири / А.Ф. Портенко // Сбор. науч. тр. ВНИАЛМИ. – Волгоград, 1987. – Вып. 1(90). – С. 31–46.
21. Агролесомелиоративная наука в XXI веке / А.Н. Каштанов, Е.С. Павловский, К.Н. Кулик и др. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2001. – 336 с.
22. Агролесомелиорация, изд. 5-е, перераб. и доп. / под ред. академиков РАСХН А.Л. Иванова и К.Н. Кулика. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2006. – 746 с.
23. Парамонов, Е.Г. Современное состояние полезащитного лесоразведения в Алтайском крае / Е.Г. Парамонов // Степной бюллетень. – 2014. – № 40. – С. 34–39.
24. Манаенков, А.С. Актуальные задачи полезащитного лесоразведения на юге Западной Сибири / А.С. Манаенков, Л.И. Абакумова, П.М. Подгаецкая // Лесное хозяйство. – 2014. – № 6. – С. 27–29.

25. Годунов, С.И. Состояние зоны депрессии защитных лесных полос в зависимости от их конструкции / С.И. Годунов, Е.И. Годунова // Вестник Ставропольского государственного университета. – 2008. – № 57. – С. 55–60.

26. Ящерицына, Л.А. Пространственное размещение корневых систем древостоя в полевых защитных лесных полосах сухой степи / Л.А. Ящерицына, И.В. Бондаренко // Современные вопросы полезащитного лесоразведения: Сбор. науч. тр. ВНИАЛМИ. – Волгоград, 1988. – Вып. 3(95). – С. 69–77.

27. Захаров, В. В. Урожай вблизи и вдали от лесных полос / В. В. Захаров // Земледелие. – 1971. – № 3. – С. 64–66.

28. Захаров, В.В. Приемы повышения плодородия почвы и урожая сельскохозяйственных культур на межполосном поле / В.В. Захаров, В.М. Кретинин // Пути повышения эффективности полезащитного лесоразведения. – М.: Колос, 1979. – С. 78–82.

29. Захаров, В.В. Агроресомелиоративное земледелие / В.В. Захаров, В.М. Кретинин. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2005. – 217 с.

Статья поступила в редакцию 11.06.15.

Информация об авторах

МАНАЕНКОВ Александр Сергеевич – доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, заведующий отделом лесной мелиорации и лесохозяйственных проблем засушливой зоны, Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации. Область научных интересов – защитное лесоразведение, лесные культуры, рациональное природопользование, борьба с деградацией земель. Автор 140 публикаций.

АБАКУМОВА Людмила Ивановна – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела лесной мелиорации и лесохозяйственных проблем засушливой зоны, Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации. Область научных интересов – богарное лесоразведение в засушливой степи, лесомелиорации, биология, природопользование. Автор 100 публикаций.

UDC 634.958

INCREASE IN EFFICIENCY OF FIELD-PROTECTIVE FORESTATIONS IN CRITICAL DROUGHTY REGIONS OF RUSSIA

A. S. Manaenkov, L. I. Abakumova

All-Russian Research Institute of Agricultural Forest Amelioration,
97, Universitetskii av., Volgograd, 4000062, Russian Federation
E-mail: manaenkov1@yandex.ru

Key words: arable lands; degradation; field windbreaks; depression zone; increase in moisture supply and longevity.

ABSTRACT

Introduction. The arable lands degradation in Russia causes the actuality of field afforestation (PLR) development and increase of its efficiency. **Purpose.** Development of suggestions on field afforestation (PZLP) technology in strict droughty regions of the country. **Objects and methods.** The objects of research are the field shelterbelts, growing in complex chestnut soils of south-east European Russia and West Siberia (Kulundinskaya steppe). **Results.** The main purpose of field shelterbelts is soil degradation control, increase in safety and resistance of agriculture. Arable lands allotting for field afforestation should be considered as their temporal transfer into the regime of forest ameliorative improvement. Only healthy long-living forest belts provide reliable field protection. The development of zonal models of field shelterbelts of high agromeliorative efficiency while low interference into the life is of extreme importance. The efficient height and longevity as well as the absence of depression zone of agrocoenosis (ZDA) in the field boundary area should be the criteria for such models. Traditionally, ZDA occupies 5-10 % of field area, and the production shortage makes up 40-60 % of agricultural crop capacity. The main reason for its formation is low moisture providing of forest stand, and trees' roots spreading into agrocoenosis. **Conclusion.** The current practice of field afforestation demands the correction of project decisions. It is expedient to decrease in 1.5-2 times the interbelt distance; to arrange 2-3-row clear forestations with the interrow distance of 2-3 m, consisting of resistant species, interchanging them according to the fields mesorelief; to use the many-year basic soil tillage in combination with the measures for moisture accumulation; to keep wider (4-5 m) headlands and provide their weed control. The indispensable condition is forming of the close forest stands of moderate open type. The agricultural systems should be adapted to the ecology of interbelt fields.

REFERENCES

1. Kulik K.N. et al. *Strategiya razvitiya zashchitnogo lesorazvedeniya v Rossiyskoy Federatsii na period do 2020 goda* [The Strategy of Protective Afforestation Development in the Russian Federation for a Period till 2020]. Volgograd: VNIALMI, 2008. 34 p.
2. Kulik K.N. et al. *Opustynivanie i kompleksnaya melioratsiya agrolandshaftov zasushlivoy zony* [Desertification and Complex Amelioration of the Droughty Zone Agrolandscapes]. Volgograd: VNIALMI, 2007. 86 p.
3. Ivanov A.L. *Ratsionaloe ispolzovanie i okhrana zemelnykh (pochvennykh) resursov Rossiyskoy Federatsii* [Rational Use and Preservation of Soil Resources of the Russian Federation]. *Vestnik Rossiyskoy akademii selskokhozyaystvennykh nauk* [Vestnik of Russian Academy of Agricultural Sciences]. 2015. №1. P. 7
4. Kulik K.N., Barabanov A.T., Manaenkov A.S. *Prognozirovanie razvitiya zashchitnogo lesorazvedeniya v Rossii do 2020 goda*. [Forecasting of the Development of Protective Afforestation in Russia until 2020]. *Studies on Russian Economic Development*. 2015. Vol. 26, № 4. Pp. 351-358.
5. Kulik K.N., Manayenkov A.S., Rakov A.Yu. et al. *Polezashchitnoe lesorazvedenie: znachenie, sostoyaniye, puti vykhoda iz krizisa* [Agricultural Afforestation: Significance, Condition, Crisis Solutions]. *Vestnik Rossiyskoy akademii selskokhozyaystvennykh nauk* [Vestnik of Russian Academy of Agricultural Sciences]. 2012. № 1. Pp. 24-27.
6. Manaenkov A.S., Korneeva Ye.A. *Metodologiya i rezultaty otsenki effektivnosti kapitalnykh vlozheniy v lesomelioratsiyu selskokhozyaystvennykh zemel* [Methodology and Results of the Assessment of Capital Investments to the Forest Amelioration of Agricultural Lands]. *Ekonomika razvitiya regiona: problemy, poiski, perspektivy (ezhegodn.)* [Economics of the Region Development: Problems, Search, Perspectives (year-book)] Vol. 13. Volgograd, 2012. Pp. 470-476.
7. Vasilev Yu.I., Barabanov A.T., Garshinev E.A. et al. *Teoreticheskie osnovy zashchitnogo lesorazvedeniya* [Theoretical Principles of Protective Afforestation]. *Agrolesomelioratsiya, izd. 5, pererab. i dop.; pod red. Akademikov RASKHN Ivanova A.L. i Kulika K.N.* [Agricultural Forest Melioration, 5th edition- improved and enlarged; under the editorship of the academicians of RAS Ivanov A.I. and Kulik K.N.]. Volgograd: VNIALMI, 2006. Pp. 39-92
8. Ogievskiy V.V., Khironov A.A. *Obsledovanie i issledovanie lesnykh kultur* [Observation and Study of Forest Plantations.]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1964. 50 p.
9. Kolesnikov V.A. *Metody izucheniya kornevykh sistem drevesnykh rasteniy* [Methods of Woody Plants Root Systems Study]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1972. 152 p.
10. *Metodicheskie rekomendatsii po izucheniyu lesnykh kultur starshikh vozrastov* [Guidelines for Elder Forest Plantations Study]. Moscow, 1984. 38 p.
11. Dolgilevich M.I., Vasilev Yu. I., Sazhin A.N. *Sistemy lesnykh polos i vetrovaya erosiya* [Systems of Forest Belts and Wind Erosion]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1981. 160 p.
12. Danilov G.G. *Zashchitnye lesonasazhdeniya i sistema zemledeliya* [Protective Afforestations and Agriculture System]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1971. 188 p.
13. Dolgilevich M.I., Lazarev M.M. *Predlozheniya po kolichestvu ryadov i optimalnoy vetropronitsaemosti polezashchitnykh lesnykh polos* [Suggestions on the Quantity of Rows and Optimum Wind Permeability of Field Shelter Belts]. Volgograd: VNIALMI, 1976. 7 p.
14. Tarasenko L.N. *Lesnye polosy i kachestvo urozhaya* [Forest Belts and Quality of Yield]. Novosibirsk, 1979. 150 p.
15. Koptev V.I. *Effektivnost polezashchitnogo lesorazvedeniya na Ukraine* [Efficiency of Field Afforestation in the Ukraine]. *Vestnik selskokhozyaystvennoy nauki* [Vestnik of Agricultural Science]. 1981, Vol. 3. Pp. 122-126.
16. Dolgilevich M.I. *Zashchitnye lesnye nasazhdeniya v Zapadnoy Sibiri* [Protective Wood Plantings in Western Siberia]. *Agrolesomelioratsiya v Zapadnoy Sibiri: sb.nauch.tr.* [Agroforestry Amelioration in Western Siberia: collected papers]. Novosibirsk, 1982. Pp. 1-11.
17. Simonenko A.P., Shoshin V.I. *Voodobespechennost polezashchitnykh lesnykh polos i ikh gidrologicheskaya rol v sukhoy stepi Zapadnoy Sibiri* [Water Availability of Field Forest Belts and Their Hydrological Role in Dry Steppe of Western Siberia]. *Agrolesomelioratsiya v Zapadnoy Sibiri: sb.nauch.tr.* [Agroforestry in Western Siberia: collected papers]. Novosibirsk, 1982. Pp. 11-24.
18. Lazarev M.M., Vdovin N.V., Valkova N.N., Ilyasov Yu.I. *Agroklimaticheskie resursy i ikh ispolzovanie selskokhozyaystvennyimi kulturami v sisteme lesnykh polos*: sb.nauch.tr. VNIALMI [Agroclimatic Resources and Their Use by Agricultural Crops in the System of Forest Belts: collected papers of VNIALMI]. Vol. 1 (90). Volgograd, 1987. Pp. 11-20.
19. Torokhtun I.M. *Sovershenstvovanie tekhnologii vyrashchivaniya polezashchitnykh lesnykh polos v razlichnykh pochvenno-klimaticheskikh usloviyakh* [Improvement of Field Forest Belts Cultivation Technology in Various Soil-Environmental Conditions]. *Agrolesomelioratsiya i intensivatsiya zemledeliya po prirodnym zonam strany: sb.nauch.tr. VNIALMI* [Agroforestry and Agriculture Intensification by Natural Zones of the Russia: collected papers of VNIALMI]. Vol. 1 (90). Volgograd, 1987. Pp. 20-31.

20. Portenko A.F. Nauchnye osnovy sozdaniya ustoychivyykh dolgoletnykh polezashchitnykh lesnykh polos v Zapadnoy Sibiri [Scientific Basis of Resistant Longliving Field Forest Belts Establishment in Western Siberia]. *Agrolesomeliatsiya i intensifikatsiya zemledeliya po prirodnym zonam strany: sb.nauch.tr. VNIALMI* [Agroforestry and Agriculture Intensification by Natural Zones of Russia: collected papers of VNIALMI]. Vol. 1 (90). Volgograd, 1987. Pp. 31-46.
21. Kashtanov A.N., Pavlovskiy E.S., Kulik K.N., et al. *Agrolesomeliativnaya nauka v XXI veke* [Agroforestry in the XXI-st Century]. Volgograd: VNIALMI, 2001. 336 p.
22. Ivanov A.L., Kulik K.N. *Agrolesomeliatsiya: izd. 5, improved and enlarged* [Agroforestry: 5th edition, improved and enlarged]. Volgograd: VNIALMI, 2006. 746 p.
23. Paramonov E.G. Sovremennoe sostoyanie polezashchitnogo lesorazvedeniya v Altayskom krae [Current State of Field Afforestation in Altay Territory]. *Stepnoy bulletin* [Steppe Bulletin]. 2014. Vol. 40. Pp. 34-39.
24. Manaenkov A.S., Abakumova L.I., Podgaetskaya P.M. Aktualnye zadachi polezashchitnogo lesorazvedeniya na yuge Zapadnoy Sibiri [Current Problems of Field Afforestation in the South of Western Siberia]. *Lesnoe khozyaystvo* [Forestry]. 2014. Vol. 6. Pp. 27-29.
25. Godunov S.I., Godunova E.I. Sostoyanie zony depressii zashchitnykh lesnykh polos v zavisimosti ot ikh konstruktssii [The State of the Protective Belts Depression Zone Depending on Their Construction]. *Vestnik Stavropolskogo gosuniversiteta* [Vestnik of Stavropol State University]. 2008. № 57. Pp. 55-60.
26. Yashcheritsyna L.A., Bondarenko I.V. Prostranstvennoe razmeshchenie korneyvykh system drevostoya v polezashchitnykh lesnykh polosakh sukhoy stepi [Spatial Distribution of Forest Root Systems of Field Shelterbelts in Dry Steppe]. *Sovremennye voprosy polezashchitnogo lesorazvedeniya: sb.nauch.tr. VNIALMI* [Current Problems of Field Protection Forestations: collected papers of VNIALMI]. Vol. 3 (95). Volgograd, 1988. Pp. 69-77.
27. Zakharov V.V. Urozhay vblizi i vdali ot lesnykh polos [Yield Grown Close to and Far from Forest Belts]. *Zemledelie* [Farming]. 1971. № 3. Pp. 64-66.
28. Zakharov V.V., Kretinin V.M. Priemy povysheniya plodorodiya pochvy i urozhaya selskokhozyaystvennykh kultur na mezhpolosnom pole [Measures for Improvement of Soil Fertility and Yield of Agricultural Crops on the Interbelt Field]. *Puti povysheniya effektivnosti polezashchitnogo lesorazvedeniya* [Ways for Field Afforestation Efficiency Increase]. Moscow: Kolos, 1979. Pp. 78-82.
29. Zakharov V.V., Kretinin V.M. *Agrolesomeliativnoe zemledelie* [Agroforestry Ameliorative Farming]. Volgograd: VNIALMI, 2005. 217 p.

The article was received 11.06.15.

Citation for an article: Manaenkov A. S., Abakumova L. I. Increase in efficiency of field-protective forestations in critical droughty regions of Russia. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management*. 2015. No 4 (28). Pp. 73-83.

Information about the authors

MANAENKOV Alexander Sergeevich – Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Head at the Department of Forest Amelioration and Forestry Problems in the Droughty Zone, All-Russian Research Institute of Agricultural Forest Amelioration. Research interests – protective afforestation, forest plantations, rational nature management, soils degradation control. The author of 140 publications.

ABAKUMOVA Ludmila Ivanovna – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher at the Department of Forest Amelioration and Forestry Problems in the Droughty Zone, All-Russian Research Institute of Agricultural Forest Amelioration. Research interests – bogharic (dry) afforestation in the droughty steppe, forest amelioration, biology, nature management. Author of 100 publications.

УДК 630*161.34:630*181.31/32:630*181.62

СОДЕРЖАНИЕ НЕСТРУКТУРНЫХ УГЛЕВОДОВ В ОРГАНАХ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Н. Ф. Каплина, Н. Ю. Кулакова

Институт лесоведения Российской академии наук,
Российская Федерация, 143030, Московская обл., п/о Успенское, Советская, 21
E-mail: kaplina@inbox.ru; nkulakova@mail.ru

Изучено содержание моносахаров, дисахаров и крахмала в различных органах деревьев дуба черешчатого рано- и позднезрелых фенотипов, произрастающих в южной лесостепи в двух контрастных по почвенным условиям экотопах. Проанализирована сезонная динамика содержания неструктурных углеводов и его изменения под влиянием засух и повреждений деревьев насекомыми. Выявлен максимум содержания сахаров в лубе и ветвях после распускания листьев, совпадающий с активным восстановлением системы облиственных побегов. Показано, что высокая доля сахаров в составе NSC деревьев дуба может служить чувствительным индикатором адаптационных процессов. Для оценки состояния деревьев лучше всего подходит показатель общего содержания NSC: текущего состояния – в лубе ствола и ветвях после окончания листопада и длительного состояния – в заболони ствола в конце лета и осенью. Сделано заключение о том, что содержание крахмала в органах деревьев дуба черешчатого, особенно на засоленных почвах, более низкое, чем у других видов дуба Западной Европы и Америки, а суммарное содержание неструктурных углеводов одинаково, что говорит о более активном метаболизме.

Ключевые слова: дуб черешчатый; неструктурные углеводы; сезонная динамика; воздействие экологических факторов.

Введение. Запасные углеводы необходимы растениям как в суточной и сезонной динамике, так и при воздействии неблагоприятных факторов, когда их поступление при фотосинтезе ниже, чем расходование на рост и поддержание. Изучение содержания и динамики неструктурных углеводов (NSC) необходимо как для прогнозирования выживания деревьев в неблагоприятных условиях их роста, так и стока углерода в связи с изменением климата и увеличением концентрации атмосферного углерода [1]. Этим вопросам уделяется всё большее внимание в зарубежной литературе, что даёт возможность сравнительного анализа опытных данных. На территории России работ в этом направлении значительно меньше и они в основном касаются хвойных видов деревьев. При этом, иссле-

дователи выбирают в древостое обычно наиболее развитые или средние по размерам экземпляры, которые не испытывают каких-либо неблагоприятных воздействий, в том числе конкурентной борьбы, что не даёт ответа на вопросы о направленности и причинах изменения содержания NSC в их органах.

К настоящему времени установлено, что под воздействием неблагоприятных факторов среды на фоне снижения прироста дерева может наблюдаться повышение содержания сахаров и суммы NSC, например, в северных районах [2], при засухе [1], с ухудшением жизненного состояния дерева [3, 4], что можно рассматривать как результат адаптации к условиям произрастания и кратковременным воздействиям. Имеются данные и о снижении

© Каплина Н. Ф., Кулакова Н. Ю., 2015.

Для цитирования: Каплина Н. Ф., Кулакова Н. Ю. Содержание неструктурных углеводов в органах дуба черешчатого в условиях южной лесостепи Европейской части России // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2015. – № 4 (28). – С. 84-97.

содержания NSC в условиях промышленного загрязнения [3] и фитоценотического стресса [5], а также крахмала при дефолиации [6, 7].

Цель работы – оценка влияния долгосрочных (засоленность почв, конкуренция) и кратковременных (объедание листовой насекомыми, засуха) неблагоприятных факторов на содержание NSC в различных органах деревьев дуба черешчатого.

Объекты и методы. Объектами исследования являлись чистые по составу древостои дуба черешчатого, произрастающие в двух контрастных по почвенным условиям биотопах, расположенных на юге лесостепной зоны на коренном берегу реки Хопер: дубраве снытево-осоковой на серой лесной почве (кв. 6, 51°20'53" с.ш., 41°58'35" в.д., размер 0,6 га) и дубраве солонцовой на солонцеватой солоди (кв. 29, 51°20'17" с.ш., 41°58'49" в.д., размер 0,5 га). Древостой в первом биотопе относится к I классу бонитета, имеет среднее генеративное онтогенетическое состояние и искусственное происхождение. Он создан на вырубке посевом желудей дуба поздней феноформы. Древостой в солонцовой дубраве относится к V классу бонитета и старшему (третьему) генеративному онтогенетическому состоянию, имеет в основном порослевое происхождение. Преобладают в нём деревья ранней феноформы.

Почва в солонцовой дубраве засолена слабо по смешанному типу с преоблада-

нием сульфатов кальция и магния. Содержание ионов SO_4^{2-} составляет 64–68 % от суммы солей, ионов HCO_3^- – 4–8 %, Ca^{2+} – 8–20 %, Mg^{2+} – 5–8 %. Общий уровень засоления изменяется от 4 ммоль/100 г почвы в верхней 50-сантиметровой части профиля до 10 ммоль/100 г на глубине 120–140 см. Токсичных для растений солей Na и Cl очень мало (7–14 и 1–3 % соответственно), но всё равно имеющийся уровень засоления почвы способствует увеличению её физиологической сухости.

По показателям роста и продуктивности древостои типичны для дубрав южной лесостепи (табл. 1). Для них характерны краткогодовые циклы динамики состояния и продуктивности продолжительностью 5–15 лет [8], причиной которых является, в основном, изменчивость степени доступности влаги (от засух до благоприятных лет) и повреждения листьев насекомыми (0–50%). Первый год исследований был неблагоприятным: отмечено наихудшее санитарное состояние деревьев за период с 1984 года [11], зафиксировано сильное повреждение растений минирующей молью в дубраве на слабозасоленной почве и орехотворкой в дубраве на серой лесной почве на фоне последствий сильной засухи 2010 года. Второй год исследований был более благоприятным, отмечены признаки восстановления крон.

Таблица 1

Показатели исследуемых древостоев дуба черешчатого (состав 10Д)

Экотоп	Феноформа	Значения параметров древостоя							
		<i>A</i>	<i>H</i>	<i>D</i>	<i>Dcr</i>	<i>ZR</i> (n)	<i>N</i>	<i>G</i> _{1.3}	<i>G</i> _{cr}
С-О	Поздняя	80	27,4	31,4	7,0	3,7 (3)	360	27,9	0,37
СЛ	Ранняя	120	13,8	23,7	4,0	2,2 (2)	174	7,7	0,18

Примечание: С-О – снытево-осоковая дубрава; СЛ – солонцовая дубрава; *A* – возраст, лет; *H* – средняя высота деревьев, м; *D* – среднеквадратический диаметр стволов, см; *Dcr* – среднеквадратический диаметр кроны, м; *ZR* (n) – максимальный радиальный прирост ствола в 2012, мм (число слоев сосудов ранней древесины); *N* – число стволов, шт. га⁻¹; *G*_{1.3} – сумма площадей сечений стволов, м² га⁻¹; *G*_{cr} – сумма горизонтальных проекций крон, га га⁻¹.

Образцы органов деревьев дуба отбирали в обоих экотопах в одни и те же сроки: в августе 2012 года – только у экземпляров раскидистого типа развития кроны, а в августе 2013 года – у всех трёх типов (раскидистого, зонтиковидного, узкокронного), выделенных по оригинальной методике [9]. Отобранные образцы фиксировали в сушильном шкафу при температуре 75°C. Растворимые углеводы определяли фотометрическим методом с пикриновой кислотой. Крахмал экстрагировали из растительных тканей хлорной кислотой, гидролизовали и образовавшуюся глюкозу определяли глюкозооксидазным методом [9]. Данные получены в расчёте на абсолютно сухое вещество. Концентрацию ионов CO_3^{2-} ; HCO_3^- ; SO_4^{2-} ; Cl^- ; Ca^{2+} и Mg^{2+} определяли по стандартной методике [10] в водной вытяжке из почвы, приготовленной в соотношении 1:5.

Сравнение средних значений выборок проводили с помощью двухвыборочного t-теста в программе Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение. Исследования показали, что различные органы деревьев, исходя из их функций и метаболической активности, существенно отличаются друг от друга по содержанию и составу NSC (рис. 1). Так, в листьях и лубе ствола зафиксировано наибольшее содержание их суммы (173 и 104 $\text{мг}\cdot\text{г}^{-1}$ со-

ответственно), наибольшая доля моносахаров, наименьшее абсолютное и относительное содержание крахмала. Ветви и корни сходны между собой по абсолютному и относительному содержанию пластических углеводов, содержание суммы которых ниже, чем в лубе, хотя это различие незначимо на 5 %-ном уровне вероятности. Моносахаров в ветвях и корнях значительно меньше, чем в лубе как в абсолютном, так и в относительном выражении, а крахмала, наоборот, больше. В заболони стволов отмечено значимо наименьшее, чем в других органах деревьев, содержание суммы NSC, из которых 45 % составляет крахмал. В ядре ствола деревьев крахмала очень мало (около 1 $\text{мг}\cdot\text{г}^{-1}$).

Содержание транспортной формы углеводов (дисахаров) во всех органах деревьев дуба черешчатого оказалось невелико, снижаясь в следующем порядке: листья – 30, ветви – 14, корни – 9, луб ствола – 7, заболонь – 3,5 $\text{мг}\cdot\text{г}^{-1}$. Поскольку влажность листьев и луба существенно выше, чем ветвей и корней, а тем более заболони ствола, то по суммарному содержанию моно- и дисахаров различные органы более сходны в расчёте на сырую массу, чем в расчёте на абсолютно сухое вещество: листья – 110–120, луб, ветви и корни – 60–70, заболонь – 30–40 $\text{мг}\cdot\text{г}^{-1}$.

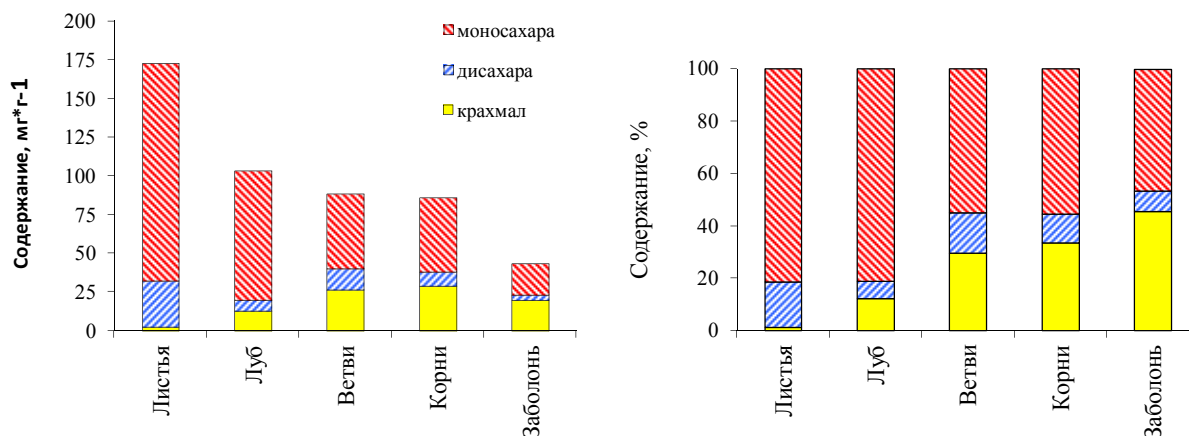


Рис. 1. Среднее содержание неструктурных углеводов в различных органах дуба черешчатого в абсолютном и относительном выражении по данным учёта, проведённого в середине августа 2013 года в обоих экотопах на модельных деревьях всех трёх типов развития крон

Было установлено, что в листьях хорошо освещенной первичной кроны у деревьев всех трёх типов развития в контрастных по почвенным условиям экотопах содержание моносахаров и крахмала практически одинаковое (табл. 2). Лишь содержание в них дисахаров в солонцовой дубраве почти в два раза выше, что может быть связано здесь с более активным оттоком ассимилянтов, а также необходимостью поддержания осмотического давления. Луб у основания ствола деревьев содержит значительно больше моносахаров,

чем в середине ствола, а дисахаров и крахмала, наоборот, меньше (табл. 3). В лубе же деревьев снытево-осоковой дубравы содержание всех неструктурных углеводов несколько ниже, чем в солонцовой, но эти различия в основном статистически не достоверны. Содержание моносахаров и суммы NSC в ветвях, которое характеризуется самой низкой изменчивостью (значение коэффициента вариации составляет около 15 %), а крахмала – средней (около 30 %), в солонцовой дубраве также значительно выше, чем в снытево-осоковой (табл. 4).

Таблица 2

Содержание неструктурных углеводов в листьях первичных ветвей модельных деревьев (N = 3) в середине августа 2013 года

Экотоп	Содержание углеводов ($M_x \pm m_x$), мг·г ⁻¹ абсолютно сухого вещества				
	моносахаров	дисахаров	всех сахаров	крахмала	всех углеводов
Дубрава снытево-осоковая	146,6 ± 4,2	20,6 ± 3,3	167,2 ± 1,9	1,0 ± 0,37	168,2 ± 1,9
Дубрава солонцовая	134,8 ± 7,0	39,6 ± 4,6	170,6 ± 3,0	2,1 ± 0,91	172,8 ± 4,0

Примечание: жирным шрифтом выделены достоверно различающиеся величины при $p < 0,05$.

Таблица 3

Содержание неструктурных углеводов в лубе ствола деревьев на объектах исследования

Углеводы	Параметр	Содержание углеводов на различных объектах и частях ствола, мг·г ⁻¹ абсолютно сухого вещества								
		С-О		СЛ		В среднем		В среднем		В целом
		С	О	С	О	С	О	С-О	СЛ	
Моносахара	<i>N</i>	3	3	3	3	6	6	6	6	12
	<i>M_x</i>	71,0	87,6	61,5	116,0	66,3	101,8	79,3	88,8	84,0
	<i>m_x</i>	10,7	15,7	21,3	7,4	10,8	10,0	9,4	16,0	8,7
Дисахара	<i>M_x</i>	7,5	2,2	14,0	3,8	10,8	3,0	4,8	8,9	6,9
	<i>m_x</i>	3,8	1,0	3,6	0,6	2,7	0,6	2,1	2,8	1,8
Крахмал	<i>M_x</i>	12,3	10,1	14,9	13,7	13,6	11,9	11,2	14,3	12,7
	<i>m_x</i>	3,5	1,9	1,8	2,9	1,8	1,7	1,8	1,6	1,2
Все NSC	<i>M_x</i>	90,7	99,8	90,4	133,5	90,6	116,7	95,3	112,0	103,6
	<i>m_x</i>	14,1	16,7	23,0	7,7	12,2	11,4	10,1	14,6	8,7

Примечание: N – объём выборки; M_x – среднее арифметическое значение показателя; m_x – ошибка среднего значения; С-О – снытево-осоковая дубрава; СЛ – солонцовая дубрава; С – середина ствола; О – основание ствола.

Таблица 4

Содержание неструктурных углеводов в древесной части ветвей тоньше 1 см

Углеводы	Параметр	Содержание углеводов на различных объектах и типах ветвей, мг·г ⁻¹ абсолютно сухого вещества								
		С-О		СЛ		В среднем		В среднем		В целом
		П	В	П	В	П	В	С-О	СЛ	
Моносахара	<i>N</i>	3	3	3	5	6	8	6	8	14
	<i>M_x</i>	39,9	49,4	52,4	51,6	46,2	50,7	44,7	51,9	48,8
	<i>m_x</i>	2,5	4,3	2,7	3,7	3,2	2,7	3,1	2,4	2,1
Дисахара	<i>M_x</i>	9,1	6,4	18,5	17,5	13,8	13,3	7,7	17,9	13,5
	<i>m_x</i>	2,0	1,9	4,4	2,9	3,0	2,7	3,0	2,3	1,9
Крахмал	<i>N</i>	3	3	2	4	5	7	6	6	12
	<i>M_x</i>	25,0	20,3	29,5	29,5	26,8	26,1	22,7	29,5	26,4
	<i>m_x</i>	6,6	1,1	5,6	3,8	4,2	2,9	3,2	2,9	2,3
Все NSC	<i>M_x</i>	74,0	76,1	90,6	98,5	82,3	90,1	75,1	95,6	86,8
	<i>m_x</i>	6,4	7,0	9,0	2,5	6,3	5,1	5,8	3,5	4,0

Примечание: С-О – снытево-осоковая дубрава; СЛ – солонцовая дубрава; П – ветви первичной кроны; В – ветви вторичной кроны и водяные побеги.

Содержание моносахаров в древесине ветвей вторичной кроны деревьев в снытево-осоковой дубраве значительно выше, чем в первичной, а крахмала, наоборот, ниже, хотя достоверность различий их значений статистически не доказана. В солонцовой же дубраве значения показателей практически сходны между собой, что связано с более равномерным распределением здесь солнечной радиации по профилю крон деревьев, чем в снытево-осоковой, где лучше освещены их вершины. Различия в характере освещения крон деревьев в экотопах особенно значительно проявились в содержании дисахаров и крахмала в древесине ветвей вторичной кроны, которое гораздо выше в солонцовой дубраве. По содержанию дисахаров и крахмала древесина ветвей первичной и вторичной кроны деревьев ни в одном экотопе не различается между собой.

Исследованные экотопы ещё более значительно различаются между собой по

содержанию крахмала в почках первичной и вторичной крон деревьев, которое в солонцовой дубраве в 1,6–2,0 раза выше, чем в снытево-осоковой (табл. 5). Содержание крахмала в почках ниже, чем в древесной части ветвей: в солонцовой дубраве – в 2,3 раза, а в снытево-осоковой – в 3,3 раза. По этому значению показателя почки сходны с лубом ствола. В листьях же, по сравнению с почками, крахмала гораздо меньше, а в заболони, наоборот, больше (табл. 6). Содержание крахмала в образцах заболони из разных экотопов и частей ствола не имеет существенных различий. Содержание моносахаров и крахмала во внешних слоях заболони в солонцовой дубраве несколько выше, чем в снытево-осоковой (табл. 7), хотя достоверность различий статистически не доказана. Во внешнем же слое заболони, по сравнению с внутренним, крахмала и сахаров несколько больше (табл. 8).

Таблица 5

Содержание крахмала в почках и листьях модельных деревьев в середине августа 2013 года

Орган	Параметр	Содержание крахмала на различных типах ветвей и объектах, мг·г ⁻¹ абсолютно сухого вещества								В целом
		С-О		СЛ		В среднем		В среднем		
		П	В	П	В	П	В	С-О	СЛ	
Почки	<i>N</i>	3	3	3	4	6	7	6	7	13
	<i>M_x</i>	7,6	6,8	12,5	13,3	10,0	10,5	7,2	12,9	10,3
	<i>m_x</i>	2,4	1,1	1,7	0,7	1,7	1,4	1,2	0,8	1,1
Листья	<i>N</i>	3	3	3	4	6	7	6	7	13
	<i>M_x</i>	1,1	1,0	3,0	3,1	2,1	2,4	1,1	3,0	2,2
	<i>m_x</i>	0.02	0.37	0.50	0.78	0.64	0.46	0.20	0.40	0.37

Примечание: С-О – снытево-осоковая дубрава; СЛ – солонцовая дубрава; П – ветви первичной кроны; В – ветви вторичной кроны и водяные побеги.

Таблица 6

Содержание крахмала в заболони на середине и в основании ствола деревьев

Параметр	Объём выборки (N) и содержание крахмала на различных объектах, мг·г ⁻¹ сухого вещества								В целом
	С-О		СЛ		В среднем		В среднем		
	С	О	С	О	С	О	С-О	СЛ	
<i>N</i>	6	5	5	6	11	11	11	11	22
<i>M_x</i>	18,7	19,2	21,4	17,1	19,9	18,0	18,9	19,0	18,6
<i>m_x</i>	1,2	3,7	3,3	2,9	1,6	2,2	1,7	2,2	1,3

Примечание: С-О – снытево-осоковая дубрава; СЛ – солонцовая дубрава; С – середина ствола; О – основание ствола.

Таблица 7

Содержание неструктурных углеводов во внешней заболони на середине ствола деревьев

Экотоп	Содержание углеводов (M _x ± m _x), мг·г ⁻¹ абсолютно сухого вещества				
	моносахаров	дисахаров	всех сахаров	крахмала	всех NSC
Дубрава снытево-осоковая	22,2 ± 4,9	4,5 ± 1,0	26,7 ± 4,2	18,7 ± 1,7	46,6 ± 5,4
Дубрава солонцовая	27,1 ± 0,6	4,1 ± 0,3	31,2 ± 0,9	21,4 ± 4,3	54,7 ± 4,7

Таблица 8

Содержание NSC в различных зонах заболони ствола модельных деревьев на обоих объектах

Зона заболони	Параметр	Объём выборки (N) и содержание углеводов, мг·г ⁻¹ сухого вещества				
		моносахаров	дисахаров	всех сахаров	крахмала	всех NSC
Внешняя	N	6	6	6	12	6
	M _x ± m _x	24,7 ± 2,5	4,3 ± 0,5	29,0 ± 2,1	19,9 ± 1,6	50,6 ± 3,7
Внутренняя	N	5	5	10	10	5
	M _x ± m _x	15,8 ± 1,6	2,7 ± 0,4	18,5 ± 1,3	19,4 ± 2,5	37,6 ± 3,6

Примечание: жирным шрифтом выделены достоверно различающиеся величины при p < 0,05.

Содержание моносахаров в корнях деревьев снытево-осоковой дубравы ниже, чем в солонцовой, а дисахаров и крахмала, наоборот, выше (табл. 9). В тонких корнях деревьев обеих дубрав крахмала содержится, как показали исследования, меньше,

чем в толстых, а сахаров больше. Достоверность различий установлена только по крахмалу в снытево-осоковой дубраве. Содержание сахаров и крахмала в тонких корнях сходно с их содержанием в древесной части тонких ветвей.

Таблица 9

Содержание неструктурных углеводов в корнях модельных деревьев в середине августа 2013 года

Углеводы	Параметр	Содержание углеводов на различных объектах и корнях разной толщины, мг·г ⁻¹ абсолютно сухого вещества								В целом
		С-О		СЛ		В среднем		В среднем		
		<1 см	>2 см	<1 см	>2 см	<1 см	>2 см	С-О	СЛ	
Моносахара	<i>N</i>	3	6	3	6	6	11	8	9	17
	<i>M_x</i>	51,3	37,9	55,0	50,6	53,2	44,8	42,9	52,1	47,8
	<i>m_x</i>	6,5	2,0	8,9	7,4	5,0	4,5	5,3	4,7	3,5
Дисахара	<i>N</i>	3	6	3	6	6	11	8	9	17
	<i>M_x</i>	15,3	8,9	10,8	6,0	13,1	7,3	11,3	7,6	9,3
	<i>m_x</i>	12,7	3,0	9,4	3,7	7,2	2,4	4,4	4,0	2,9
Крахмал	<i>N</i>	3	6	3	6	6	12	9	9	18
	<i>M_x</i>	17,4	36,9	20,1	30,8	18,8	33,9	30,4	27,2	28,8
	<i>m_x</i>	2,7	4,8	2,3	3,6	1,7	3,0	4,6	3,8	2,7
Все NSC	<i>M_x</i>	84,0	85,5	86,0	87,7	85,0	86,7	84,9	86,9	86,0
	<i>m_x</i>	13,1	6,3	15,4	8,6	9,0	5,5	6,6	6,4	4,6

Примечание: С-О – снытево-осоковая дубрава; СЛ – солонцовая дубрава.

Таким образом, в солонцовой дубраве, по сравнению со снытево-осоковой, во всех органах деревьев, кроме корней, выявлено более высокое содержание неструктурных углеводов. В корнях деревьев солонцовой дубравы содержание моносахаров также более высокое, а дисахаров и крахмала немного ниже. Различия могут быть обусловлены действием разных механизмов. Так, в солонцовой дубраве прирост надземных органов минимален, слой поздней древесины развит слабо и более пористый [12], за счёт чего снижается расходная статья углеводов. КПД фотосинтеза в условиях недостатка влаги у дуба ранней феноформы в солонцовой дубраве выше, чем у дуба поздней феноформы в более продуктивной склоновой дубраве [13].

Полученные нами результаты отличаются от данных других исследователей. Так, к примеру, в условиях Швейцарии [14] в листьях дуба *Quercus petraea* абсолютное содержание NSC в августе несколько ниже (около $130 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1}$), а доля крахмала, наоборот, выше (около 20 %). В заболони же ветвей содержание NSC в два раза выше (около $200 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1}$), причём большую часть составляет крахмал. В условиях Франции [15] содержание NSC в тонких ветвях и корнях дуба *Quercus petraea* ниже ($60\text{--}70 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1}$), чем на наших объектах, а в штате Мичиган США у дуба *Quercus rubra* [16], наоборот, более высокое (около $100 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1}$). В Швейцарии заболонь ствола содержит около $60 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1}$ суммы NSC [14], что выше, чем в наших объектах, и большая часть их представлена крахмалом. В заболони ствола деревьев *Quercus petraea*, по данным французских исследователей [17], в августе 1998 года содержание суммы NSC было значительно ниже (около $35 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1}$), чем у исследованных нами деревьев, и представлены они были большей частью крахмалом (более 70 %). В том же древостое в июне 2000 года [15] и августе 2008 [18] зафиксированы величины содержания суммы NSC и их состава, более сходные с нашими данными. Сходные с нашими резуль-

таты получили также американские исследователи для деревьев *Quercus rubra* [16, 19]. Таким образом, деревья дуба черешчатого в южной лесостепи Европейской части России содержат, по сравнению с деревьями дуба других видов западной Европы и Америки, значительно меньше крахмала и больше сахаров при сходной сумме NSC, что свидетельствует о более активном их метаболизме, имеющем, видимо, адаптационный характер.

Содержание NSC в органах растений, которое определяется балансом между приходом и расходом ассимилянтов, подвержено, как показали исследования, сезонным колебаниям, различающимся в изученных древостоях (рис. 2), чему дополнительно способствуют особенности физиологии у ранней и поздней феноформ дуба. Следует также учесть, что отбор образцов для оценки значений показателей проведён нами в весенний период только у деревьев с раскидистым типом кроны [9], у которых, по нашим предварительным данным, в осенне-весенний период содержание NSC несколько выше, чем у других деревьев [20]. Весной до распускания у деревьев листьев, когда отмечается восходящий транспорт запасных углеводов, содержание NSC, а особенно дисахаров, в лубе и заболони ствола выше, чем осенью, а содержание крахмала ниже. В конце мая после распускания у деревьев листьев содержание суммы NSC и дисахаров в лубе ствола, в тонкой фракции ветвей и в заболони ствола достигает максимума, а крахмала снижается до минимума, что соответствует оптимальным условиям для прироста стволов и восстановления системы облиственных побегов. В ветвях в этот период доля дисахаров в абсолютном выражении (около $60 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1}$) находится примерно на том же уровне, как в лубе и заболони ствола, а в относительном – на более высоком (62–65 и 44–56 % соответственно). В заболони деревьев ранней феноформы через месяц после распускания у них листьев зафиксировано такое же высокое содержание NSC и

сходный его состав, как и в лубе. Возможно, что раннее завершение вегетации в 2013 году позволило сохранить значительные резервы углеводов в корнях и использовать их в весенний период. Можно также полагать, что наблюдаемый максимум сахаров обусловлен снижением по-

требления ветвями восходящего тока NSC, поскольку баланс ассимилянтов становится положительным. В снытево-осоковой дубраве, где преобладают поздно распускающиеся деревья, можно, вероятно, ожидать того же повышения значений показателей.

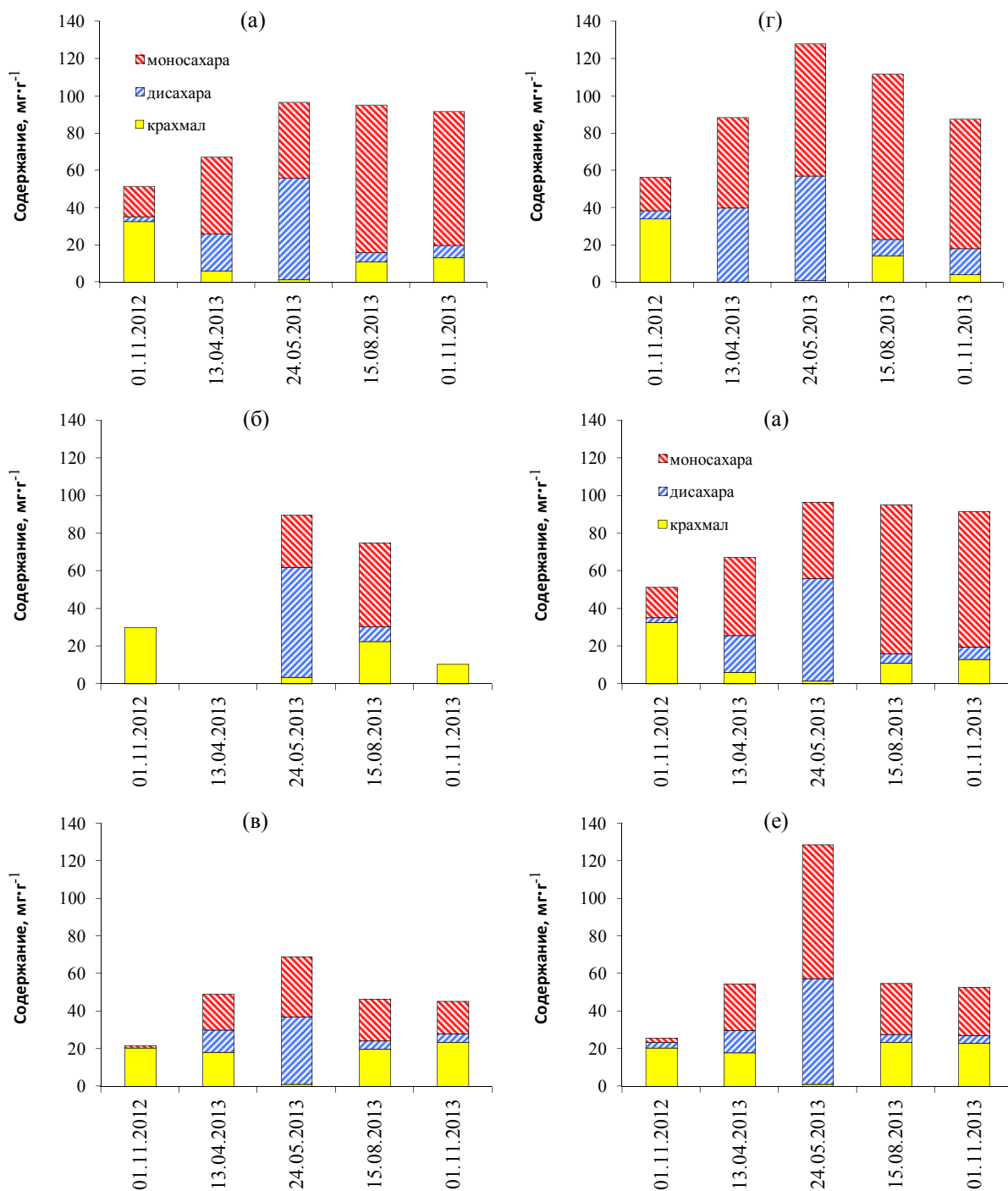


Рис. 2. Сезонная динамика содержания NSC в снытево-осоковой (а, б, в) и солонцовой дубраве (г, д, е) в лубе ствола (а, г), тонкой фракции ветвей (б, д) и заболони ствола (в, е). Обозначения те же, что на рис.1. Данные за апрель и май 2013 года – только по деревьям с раскидистой кроной

Сезонная динамика NSC дуба ранней феноформы в солонцовой дубраве, по сравнению с дубом поздней феноформы в снытево-осоковой дубраве, характеризуется более ранним и быстрым возрастанием их содержания, что позволяет деревьям в этом экотопе лучше использовать весенний период оптимального водного режима. Во второй половине вегетационного сезона содержание суммы NSC в заболони резко снижалось до стабильной в остальное время года величины, в то время как в лубе и ветвях его уровень сохранялся. В лубе, ветвях и заболони в это время наблюдалось значительное снижение содержания дисахаров и увеличение содержания крахмала, что соответствует состоянию полной обеспеченности этих органов ассимилянтами, поступающими из листьев. После завершения листопада в лубе зафиксировано небольшое снижение суммы NSC. В этот период в 2012–2013 гг. не обнаружено значимых различий между двумя контрастными экотопами по сумме NSC как в лубе, так и в заболони. При этом значительно снижалось содержание крахмала в ветвях деревьев в обоих экотопах и в лубе солонцовой дубравы (содержание дисахаров здесь повышалось), что связано, видимо, с ростом корней и оттока ассимилянтов к ним. Для заболони характерно наиболее стабильное содержание и состав NSC в сезонной динамике за исключением весеннего максимума. Отметим, что содержание крахмала в первичных ветвях раскидистых деревьев в течение всего вегетационного сезона было выше в снытево-осоковой дубраве (рис. 3). Это объясняется, скорее всего, отмеченным выше более высоким содержанием дисахаров и моносахаров в ветвях солонцовой дубравы в связи с необходимостью поддержания повышенного осмотического давления. Осенний максимум содержания крахмала в лубе и заболони мы наблюдали только у деревьев с наиболее раскидистыми кронами, а максимум содержания сахаров – только в лубе дере-

вьев снытево-осоковой дубравы. У деревьев с менее развитыми кронами в обоих типах дубрав осенью после листопада наблюдалась тенденция снижения содержания крахмала и сахаров как в лубе, так и в заболони. Это свидетельствует, очевидно, о более высокой жизнестойкости раскидистых деревьев.

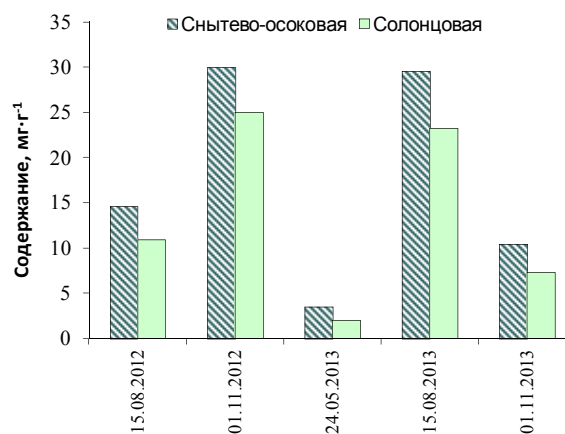


Рис. 3. Сезонная динамика содержания крахмала в тонкой фракции ветвей первичной кроны раскидистых деревьев в двух типах дубрав

Полученные нами результаты несколько отличаются от данных других исследователей. Так, сезонная динамика суммы NSC в ветвях деревьев *Quercus petraea* в Швейцарии [14] довольно стабильна ($160\text{--}200\text{ мг}\cdot\text{г}^{-1}$), а сахаров имеет максимум в июне, составляющий около $40\text{ мг}\cdot\text{г}^{-1}$. Для заболони ствола выявлен минимум суммы NSC в июне (около $50\text{ мг}\cdot\text{г}^{-1}$) и небольшие максимумы в апреле (около $70\text{ мг}\cdot\text{г}^{-1}$) и октябре (около $80\text{ мг}\cdot\text{г}^{-1}$), причём весь вегетационный сезон основную часть углеводов составляет крахмал. У деревьев *Quercus petraea* во Франции [17] в 1998 году отмечены небольшие максимумы содержания NSC в мае во время распускания листьев, а также в октябре перед листопадом (около $50\text{ мг}\cdot\text{г}^{-1}$), и минимум в июне (около $30\text{ мг}\cdot\text{г}^{-1}$). Причём углеводы также представлены большей частью крахмалом, только в ноябре происходило увеличение содержания сахаров примерно вдвое (до около $20\text{ мг}\cdot\text{г}^{-1}$). В том же древостое в

июне 2000 года зафиксирована значительно меньшая сумма NSC и меньшая доля крахмала, чем в октябре [15], а в 2008 году в заболони ствола выявлены максимумы в момент распускания почек и после листопада [18]. У деревьев дуба *Quercus rubra*, по данным двухлетних наблюдений [16], были выявлены не всегда чётко выраженные максимумы содержания NSC в древесине стволов и корней до и в момент распускания листьев, а также после листопада, и минимумы в промежутке между этими двумя фенологическими явлениями. В ветвях же отмечались противоположные тенденции. У деревьев этого же вида дуба за четыре года учёта максимальные суммы NSC отмечены в осенне-весенний период, а более низкие величины – в летний период [19]. При этом содержание крахмала в первый из этих периодов составляло менее половины, а во втором – примерно 50 %. На наших объектах сезонная динамика неструктурных углеводов характеризуется почти полным отсутствием крахмала в период до и после распускания листьев и выраженным максимумом суммы NSC и сахаров после распускания листьев, что свидетельствует о повышенном метаболизме изученных деревьев, связанном, возможно, с процессом восстановления крон дуба в 2013 году.

Проведённые нами исследования показали, что содержание NSC в надземных органах деревьев находилось в прямой зависимости от погодных условий года и степени дефолиации крон насекомыми. Так, в середине августа благоприятного по погодным условиям и сохранности листьев 2013 года содержание суммы NSC в листьях дуба обоих феноформ было выше в 1,5 раза, чем в неблагоприятном предыдущем, когда насекомые повредили более 30 % листьев. После листопада в 2013 году содержание суммы NSC в лубе и в заболони ствола деревьев оказалось выше, чем в 2012 (в 1,7 и 1,9 раза соответственно). Содержание крахмала в листьях дуба в середине августа 2013 года было ниже,

чем в предыдущем в семь раз, а в тонких ветвях, напротив, примерно в два раза больше. После листопада в 2013 году содержание крахмала в лубе ствола было ниже, чем в 2012, в 4,1 раза, а в ветвях – в 3,1 раза. В заболони же оно оставалось на сходном уровне. Очевидно, что в 2013 году активный метаболизм продолжался у деревьев и после листопада, в том числе в связи с ростом корней. Таким образом, состав NSC может служить чувствительным индикатором адаптационных реакций дуба на дефолиацию, рассмотренных в работе наших коллег [6]. Для оценки текущего состояния деревьев и древостоев лучше всего подходит показатель общего содержания NSC в лубе ствола и, возможно, в ветвях после окончания листопада: при благонадёжном состоянии деревьев оно должно составлять не менее $80 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1}$. Для оценки долговременного состояния деревьев больше подходит содержание суммы NSC в заболони ствола в конце лета и осенью, которое должно составить более $40 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1}$.

Очевидно, что деревья в объектах наших исследований достаточно адаптированы к долговременным факторам (засоленность почв, конкуренция), а при воздействии кратковременных факторов (объедание листвы насекомыми, засуха) могут снижать содержание NSC, что в определённых условиях может привести к углеводному их голоданию, особенно менее развитых особей. Это полностью согласуется с многолетней динамикой состояния и отмирания деревьев в этих экотопах [8, 11].

Выводы

1. Различные органы деревьев дуба черешчатого, исходя из их функций и метаболической активности, существенно отличаются друг от друга по содержанию и составу NSC. Моносахаров в ветвях и корнях (около $49 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1}$) значительно меньше, чем в лубе ствола ($84 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1}$), а крахмала (26 и $29 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1}$), наоборот, в два раза больше. Содержание дисахаров, кото-

рые являются транспортной формой углеводов, во всех органах деревьев невелико, снижаясь в следующем порядке: листья ($30 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1}$), ветви (14), корни (9), луб ствола (7), заболонь (3,5). В ядровой древесине крахмала очень мало (около $1 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1}$).

2. Исследованные дубравы существенно различаются между собой по содержанию NSC в различных органах деревьев. В солонцовой дубраве, по сравнению со снытево-осоковой, во всех из них, кроме корней, содержание NSC более высокое. В корнях деревьев солонцовой дубравы содержание моносахаров также более высокое, а дисахаров и крахмала немного ниже. В листьях первичной кроны, хорошо освещённой у деревьев всех трёх типов развития, содержание моносахаров и крахмала в контрастных по почвенным условиям экотопах практически одинаково.

3. Содержание NSC в органах растений подвержено значительным сезонным колебаниям, различающимся в изученных древостоях. В солонцовой дубраве, по сравнению со снытево-осоковой, происходит более раннее и быстрое возрастание их содержания в лубе, что позволяет деревьям в этом экотопе лучше использовать весенний период оптимального водного режима. После завершения листопада сумма NSC в лубе снижается и различия между экотопами практически исчезают. Для заболони характерны наиболее стабильные содержание и состав NSC в сезонной динамике за исключением весеннего максимума. Осенний максимум содержания крахмала в лубе и заболони наблюдается только у деревьев с раскидистым типом кроны, а осенний максимум содержания сахаров – только в лубе деревьев снытево-осоковой дубравы. У деревьев с менее развитыми кронами в обоих

типах дубрав осенью после листопада происходит снижение содержания крахмала и сахаров в лубе и заболони.

4. По содержанию и составу NSC во второй половине вегетационного сезона и после его завершения можно выделить три группы органов деревьев и их частей: а) наиболее метаболически активные (с наибольшим содержанием моносахаров) – листья и луб; б) промежуточные, но с высоким потенциалом за счёт запасов крахмала – ветви и корни; в) с пониженным метаболизмом и его потенциалом – заболонь.

5. Показано, что высокая доля сахаров в составе NSC деревьев дуба может служить чувствительным индикатором адаптационных процессов. Для оценки их текущего состояния лучше всего подходит показатель общего содержания NSC в лубе ствола и ветвях после окончания листопада: при благонадёжном состоянии деревьев оно должно составлять не менее $80 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1}$. Для оценки долговременного состояния деревьев больше подходит содержание суммы NSC в заболони ствола в конце лета и осенью, которое должно составить более $40 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1}$.

6. Изученные дубравы хорошо адаптированы к долговременным факторам (засоленность почв, умеренная конкуренция), а в условиях кратковременного ослабления в результате объедания листвы насекомыми и засухи снижают содержание NSC, что может привести к углеводному голоданию менее развитых деревьев.

7. Содержание крахмала в органах деревьев дуба черешчатого, особенно на засоленных почвах, более низкое, чем у других видов дуба Западной Европы и Америки, а суммарное содержание неструктурных углеводов одинаково, что говорит о более активном метаболизме.

Работа поддержана РФФИ (гранты 12-04-01347, 12-04-01077, 15-04-05592).

Авторы признательны д-ру биол. наук Л.П. Ворониной (МГУ) за ценные консультации, сотрудникам аналитической лаборатории ИЛ КНЦ РАН и её руководителю Н.А. Галибиной – за анализ образцов на содержание крахмала, сотрудникам и аспирантам ИЛАН РАН: Н. Г. Жиренко, Я. Г. Истоминой и А. В. Кузнецову – за помощь в обработке модельных деревьев и отборе образцов.

Список литературы

1. *Sala, A.* Carbon dynamics in trees: feast or famine? / A. Sala, D.R. Woodruff, F.C. Meinzer // *Tree physiology*. – 2012. – N 32. – Pp. 764–75.
2. *Судачкова, Н. Е.* Специфика метаболизма лиственницы сибирской и лиственницы Гмелина в различных экологических условиях / Н.Е. Судачкова, И.Л. Милютин, Г.П. Семенова // *Хвойные бореальной зоны*. – 2003. – № 1. – С. 54–60.
3. *Теребова, Е. Н.* Индивидуальная изменчивость метаболических показателей ассимиляционного аппарата сосны обыкновенной в условиях промышленного загрязнения / Е. Н. Теребова, Н.А. Галибина, Т.А. Сазонова, Т.Ю. Таланова // *Лесоведение*. – 2003. – № 1. – С. 73–76.
4. *Martinez-Trinidad, T.* Comparing various techniques to measure tree vitality of live oaks / T. Martinez-Trinidad, W.T. Watson, M.A. Arnold, L. Lombardini, D.N. Appel // *Urban Forestry & Urban Greening*. – 2010. – № 9. – Pp. 199–203.
5. *Плаксина, И. В.* Особенности роста и метаболизма лиственницы сибирской в условиях фитотенотического стресса / И.В. Плаксина // *Хвойные бореальной зоны*. – 2008. – № 3/4. – С. 277–283.
6. *Рубцов, В. В.* Адаптационные реакции дуба на дефолиацию / В.В. Рубцов, И.А. Уткина. – М.: Институт лесоведения, 2008. – 302 с.
7. *Судачкова, Н. Е.* Действие дефолиации на рост и метаболизм сосны обыкновенной / Н.Е. Судачкова, И.Л. Милютин, Л.И. Романова, Н.В. Астраханцева // *Сибирский экологический журнал*. – 2015. – Т. 22, № 1. – С. 28–35.
8. *Каплина, Н. Ф.* Динамика фитомассы листьев, состояния и развития крон деревьев нагорной дубравы юго-восточной лесостепи в неблагоприятных условиях последнего десятилетия / Н.Ф. Каплина, Н.Г. Жиренко // *Вестник Поволжского государственного технологического университета*. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2012. – № 2. – С. 3–11.
9. *Каплина, Н. Ф.* Морфология крон и состояние дуба черешчатого в средневозрастных насаждениях лесостепи / Н.Ф. Каплина, Н.Н. Селочник // *Лесоведение*. – 2009. – № 3. – С. 32–42.
10. *Практикум по агрохимии* / под ред. В.Г. Минеева. – М.: МГУ, 2001. – 688 с.
11. *Каплина, Н. Ф.* Текущее и долговременное состояние дуба черешчатого в трех контрастных типах леса южной лесостепи / Н.Ф. Каплина, Н.Н. Селочник // *Лесоведение*. – 2015. – № 3. – С. 191–201.
12. *Вихров, В. Е.* Строение и физико-механические свойства древесины дуба / В.Е. Вихров. – М.: Изд-во АН СССР, 1954. – 265 с.
13. *Молчанов, А. Г.* Интенсивность фотосинтеза фенологических форм дуба черешчатого в условиях недостаточного увлажнения / А.Г. Молчанов // *Лесоведение*. – 2012. – № 4. – С. 31–38.
14. *Hoch, G.* Non-structural carbon compounds in temperate forest trees / G. Hoch, A. Richter, C. Körner // *Plant, Cell & Environment*. – 2003. – № 26. – Pp. 1067–1081.
15. *Barbaroux, C.* Distribution of aboveground and below-ground carbohydrate reserves in adult trees of two contrasting broad-leaved species (*Quercus petraea* and *Fagus sylvatica*) / C. Barbaroux, N. Bréda, E. Dufrêne // *New Phytologist*. – 2003. – № 157. – Pp. 605–615.
16. *Gough, C.M.* Phenological and temperature controls on the temporal non-structural carbohydrate dynamics of *populus grandidentata* and *Quercus rubra* / C.M. Gough, C.E. Flower, C.S. Vogel, P.S. Curtis // *Forests*. – 2010. – № 1. – Pp. 65–81.
17. *Barbaroux, C.* Contrasting distribution and seasonal dynamics of carbohydrate reserves in stem wood of adult ring-porous sessile oak and diffuse-porous beech trees / C. Barbaroux, N. Bréda // *Tree physiology*. – 2002. – № 22. – Pp. 1201–1210.
18. *El Zein, R.* Seasonal changes of C and N non-structural compounds in the stem sapwood of adult sessile oak and beech trees / R. El Zein, P. Maillard, N. Bréda, J. Marchand, P. Montpied, D. Gérant // *Tree physiology*. – 2011. – № 31. – Pp. 843–854.
19. *Richardson, A. D.* Seasonal dynamics and age of stemwood nonstructural carbohydrates in temperate forest trees / A. D. Richardson, M. S. Carbone, T. F. Keenan, C. I. Czimczik, D. Y. Hollinger, P. Murakami et al. // *New Phytologist*. – 2013. – № 197 (3). – Pp. 850–861.
20. *Kulakova N., Kaplina N., Zhirenko N.* Influence of salinization of soils on the distribution and growth of *quercus robur* in the forest-steppe zone / N. Kulakova, N. Kaplina, N. Zhirenko // *Abstract book. Workshop and conference «Utilization and protection of halophytes and salt-affected landscapes», September 4–6, 2013, Kecskemét, Hungary*. P.28.

Статья поступила в редакцию 29.10.15.

Информация об авторах

КАПЛИНА Наталья Федотовна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Институт лесоведения РАН. Область научных интересов – лесная экология. Автор 85 публикаций.

КУЛАКОВА Нина Юлиановна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Институт лесоведения РАН. Область научных интересов – лесное почвоведение и экология. Автор 65 публикаций.

UDC 630*161.34:630*181.31/32:630*181.62

CONTENT OF NONSTRUCTURAL CARBOHYDRATES IN ORGANS OF QUERCUS ROBUR IN CONDITIONS OF SOUTHERN FOREST-STEPPE OF EUROPEAN RUSSIA**N. F. Kaplina, N. Yu. Kulakova**

Institute of Forest Science, Russian Academy of Sciences (ILAN),
 21, Sovetskaya, Uspenskoe, Moscow oblast, 143030, Russian Federation
 E-mail: kaplina@inbox.ru; nkulakova@mail.ru

Key words: English oak; nonstructural carbohydrates; seasonal dynamics; influence of ecological factors.

ABSTRACT

The content of monosaccharides, disaccharides, and starch in different organs of English oak of early and late coming into leaves phenological forms, which grow in southern forest-steppe in two contrasting soil conditions ecotopes, was studied. The content of monosaccharides, disaccharides, and starch shows the regularities of the tree's adaptation to the unfavourable factors of environment. Depending on the functions and metabolic activity of different organs of English oak, it was determined they significantly differed from each other in the content and in the composition of nonstructural carbohydrates (NSC). There are significantly less monosaccharides in the branches and roots of the trees (about $49 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$) in comparison with the soft bark of stem ($84 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$), but there is twice the amount of starch (26 and $29 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$). Disaccharides are the transport form of carbohydrates. The organs of English oak contain the following content of disaccharides: leaves ($30 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$), branches (14), roots (9), soft bark of stem (7), sap ($3,5$). There is very low content of starch in the heartwood (about $1 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$). In comparison with aegopodiosocaricosum oak groves, NSC content in solonetz oak groves is higher in all the organs except roots. The content of monosaccharides is also higher but the content of disaccharides and starch is lower in the roots of trees growing in solonetz soils. The content of monosaccharides and starch in the contrasting ecotypes by soil conditions is almost equal in the leaves of the initial crown of all levels of development. The seasonal dynamics of nonstructural carbohydrates content and its change under the influence of droughts and insects attacks was analyzed. Maximum content of saccharides in the soft bark of stem and branches after leaves flushing, matching the active system of recovery of leafed shoots, was revealed. It was showed that high content of saccharides in the NSC of oak trees could serve a sensitive indicator of adaptive processes. To assess the condition of trees, the best thing is to use the indicator of the total content of NSC: current state – in the soft bark of stem and branches after leaf fall, long-time state – in the sap of stem at the end of summer and in autumn. It was concluded the content of starch of the organs of English oak (saline soils in particular) was lower than the content of starch of other oak species growing in Western Europe and in America, but the total content of nonstructural carbohydrates was equal which was the evidence of more active metabolism.

The work was supported by the Russian Foundation for Basic Research grant(12-04-01347, 12-04-01077, 15-04-05592 grants).

The authors express their acknowledgements to Dr. L. Voronina (Moscow State University) for the advice of value, to the members of the analytical laboratory of Forest Research Institute (Karelian Research Center of RAS) and the laboratory head N. Galibina for the analysis of the samples for starch content, to the members and postgraduate students of the Institute of Forest Science (RAS) N. Zhirenko, Ya. Istomina and A. Kuznetsov for the assistance in model trees adaptation and samples selection.

REFERENCES

1. Sala A., Woodruff D.R., Meinzer F.C. Carbon Dynamics in Trees: Feast or Famine? Tree Physiology. 2012. No 32. Pp. 764-75.
2. Sudachkova N. E., Milutina I.L., Semenova G.P. Spetsifika metabolizma listvennitsy sibirskoy i listvennitsy Gmelina v razlichnykh ekologicheskikh usloviyakh [Metabolism Specificity of Siberian Larch and Dahurian Larch in Various Ecological Conditions]. Khvoynye borealnoy zony [Coniferous Trees Growing in the Boreal Area]. 2003. № 1. Pp. 54–60.
3. Terebova E. N., Galibina N.A., Sazonova T.A., Talanova T.Yu. Individualnaya izmenchivost metaboliticheskikh pokazateley assimilyatsionnogo apparata sosny obyknovennoy v usloviyakh promyshlennogo zagryazneniya [Individual Variability of Metabolism Characteristics of Assimilatory System of Scots Pine in Conditions of Industrial Pollution]. Lesovedenie [Forestry]. 2003. № 1. Pp. 73-76.
4. Martinez-Trinidad T., Watson, W.T., Arnold M.A., Lombardini L., Appel D.N. Comparing

Various Techniques to Measure Tree Vitality of Live Oaks. Urban Forestry & Urban Greening. 2010. № 9. Pp. 199–203.

5. Plaksina I. V. Osobennosti rosta i metabolizma listvennitsy sibirskoy v usloviyakh fitotsenoticheskogo stressa [Peculiarities of Growth and Metabolism of Siberian Larch When a Phytocenotic Stress]. *Khvoynye borealnoy zony* [Coniferous Trees Growing in the Boreal Area]. 2008. № 3/4. Pp. 277–283.

6. Rubtsov V.V., Utkina I.A. *Adaptatsionnye reaktsii duba na defoliatsiu* [Oak Adaptive Reactions to Defoliation]. Moscow: Institut lesovedeniya, 2008. 302 p.

7. Sudachkova N. E., Milutina I.L., Romanova L.I., Astrakhantseva N.V. Deystvie defoliatsii na rost i metabolizm sosny obyknovennoy [Defoliation Impact on the Growth and Metabolism of Scots Pine]. *Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal* [Siberian Ecological Journal]. 2015. Vol. 22, № 1. Pp. 28–35.

8. Kaplina N. F., Zhirenko N.G. Dinamika fitomassy listev, sostoyaniya i razvitiya kron derevev nagnomoy dubravy ugo-vostochnoy lesostepi v neblagopriyatnykh usloviyakh poslednego desyatiletia [Dynamics of Trees Phytomass, State and Growth of the Trees Crowns of the Upland Oak Groves in the South-Eastern Forest-Steppe under Unfavourable Conditions of the Past 10 Years]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie*. [Vestnik of Volga State University of Technology. Series: Forest Ecology. Nature Management]. 2012. № 2. Pp. 3–11.

9. Kaplina N. F., Selochnik N.N. Morfologiya kron i sostoyanie duba chereshchatogo v srednevozarastnykh nasazhdeniyakh lesostepi [Morphology of Crowns and English Oak State in the Middle-Aged Plantations of Forest-Steppe]. *Lesovedenie* [Forestry]. 2009. № 3. Pp. 32–42.

10. Praktikum po agrokhemii: pod red. V.G. Mineeva [Manual on Agrochemistry: under the editorship of V.G. Mineev]. Moscow: MFTY, 2001. 688 p.

11. Kaplina N. F., Selochnik N.N. Tekushchee i dolgovremennoe sostoyanie duba chereshchatogo v trekh kontrastnykh tipakh lesa uzhnoy lesostepi [Current and Long-Term State of English Oak in Three Contrasted Forest Types of the Southern Steppe]. *Lesovedenie* [Forestry]. 2015. № 3. Pp. 191–201.

12. Vikhrov V. E. *Stroenie i fiziko-mekhanicheskie svoystva drevesiny duba* [Structure and Physico-Mechanical Properties of Oak Wood]. Moscow: Izdatelstvo AN SSSR, 1954. 265 p.

13. Molchanov A. G. Intensivnost fotosinteza fenologicheskikh form duba chereshchatogo v usloviyakh nedostatochnogo uvlazhneniya [Photosynthetic Rate of Phenological Forms of English Oak in Conditions of Insufficient Humidity]. *Lesovedenie* [Forestry]. 2012. № 4. Pp. 31–38.

14. Hoch G., Richter A., Körner C. Non-Structural Carbon Compounds in Temperate Forest Trees. *Plant, Cell & Environment*. 2003. № 26. Pp. 1067–1081.

15. Barbaroux C., Bréda N., Dufrêne E. Distribution of Aboveground and Below-ground Carbohydrate Reserves in Adult Trees of Two Contrasting Broad-Leaved Species (*Quercus petraea* and *Fagus sylvatica*). *New Phytologist*. 2003. № 157. Pp. 605–615.

16. Gough C.M., Flower C.E., Vogel C.S., Curtis P.S. Phenological and Temperature Controls on the Temporal Non-Structural Carbohydrate Dynamics of *Populus grandidentata* and *Quercus rubra*. *Forests*. 2010. № 1. Pp. 65–81.

17. Barbaroux C., Bréda N. Contrasting Distribution and Seasonal Dynamics of Carbohydrate Reserves in Stem Wood of Adult Ring-Porous Sessile Oak and Diffuse-Porous Beech Trees. *Tree Physiology*. 2002. № 22. Pp. 1201–1210.

18. El Zein R., Maillard P., Bréda N., Marchand J., Montpied P., Gérant D. Seasonal Changes of C and N Non-Structural Compounds in the Stem Sapwood of Adult Sessile Oak and Beech Trees. *Tree Physiology*. 2011. № 31. Pp. 843–854.

19. Richardson A. D., Carbone M.S., Keenan T.F., Czimczik C.I., Hollinger D.Y., Murakami P. et al. Seasonal Dynamics and Age of Stemwood Non-structural Carbohydrates in Temperate Forest Trees. *New Phytologist*. 2013. № 197 (3). Pp. 850–861.

20. Kulakova N., Kaplina N., Zhirenko N. Influence of Salinization of Soils on the Distribution and Growth of *Quercus robur* in the Forest-Steppe Zone. Abstract book. Workshop and conference "Utilization and Protection of Halophytes and Salt-Affected Landscapes, September 4–6, 2013, Kecskemét, Hungary. P.28.

The article was received 29.10.15.

Citation for an article: Kaplina N.F., Kulakova N.Yu. Content of nonstructural carbohydrates in organs of *quercus robur* in conditions of southern forest-steppe of European Russia. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest Ecology. Nature Management*. 2015. No 4 (28). Pp. 84–97.

Information about the authors

KAPLINA Natalia Fedorovna – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Institute of Forest Science, Russian Academy of Sciences. Research interests – forest ecology. The author of 85 publications.

KULAKOVA Nina Yulianovna – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Institute of Forest Science, Russian Academy of Sciences. Research interests – forest pedology and ecology. The author of 65 publications.

ДАТЫ. СОБЫТИЯ. КОММЕНТАРИИ**ПАМЯТИ УЧЁНОГО-ЛЕСОВОДА****КАЛИНИН КОНСТАНТИН КОНСТАНТИНОВИЧ**

(24.04.1938 – 01.10.2015)



1 октября 2015 года ушёл из жизни доктор сельскохозяйственных наук, профессор Поволжского государственного технологического университета Константин Константинович Калинин.

Константин Константинович Калинин родился в д. Красный Перекоп Юринского района Марийской АССР в крестьянской семье. В 1955 году окончил с серебряной медалью Марьинскую среднюю школу и поступил учиться на лесохозяйственный факультет Поволжского лесотехнического института им. М. Горького. В студенческие годы принимал активное участие в научно-исследовательской работе на кафедре лесоводства и дендрологии под руководством доц. А. Р. Чистякова. В 1960 году Константин Константинович окончил с отличием ПЛТИ с присвоением квалификации инженера лесного хозяйства и приступил к производственной деятельности в должности лесничего Нежнурского лесничества Волжского леспромхоза Марийской АССР. В 1962 году К. К. Калинин поступил в аспирантуру ПЛТИ к известному учёному-лесоводу А. Р. Чистякову.

После окончания аспирантуры и защиты кандидатской диссертации, с 1966 по 1975 год, работая в аппарате Министерства лесного хозяйства Марийской АССР, К. К. Калинин много сделал для

защиты марийских лесов от вредителей и болезней. С 1975 по 1989 гг. К. К. Калинин работал старшим научным сотрудником в Татарской лесной опытной станции Всесоюзного научно-исследовательского института лесоводства и механизации лесного хозяйства (ВНИИЛМ). Этот период его научно-производственной деятельности является самым плодотворным и счастливым в его жизни. Здесь он проявил себя высококвалифицированным специалистом и увлечённым исследователем, являясь руководителем НИР по изучению влияния пожаров 1972 года на различные компоненты лесных экосистем и разработке на этой основе комплекса практических рекомендаций по восстановлению лесов на гарях. Эти разработки в дальнейшем послужили основой его докторской диссертации.

В 1989 году К. К. Калинин перешёл на постоянную работу в Поволжский государственный технологический университет на кафедру лесоводства. Здесь он проявил себя как чуткий и эрудированный педагог, проводящий учебные занятия на высоком научно-педагогическом и техническом уровне, насыщая лекции и практические занятия данными собственных исследований, а также новейшими достижениями науки и техники, тесно увязывая их с непосредственной производственной деятельностью и современными проблемами в отрасли лесного хозяйства России. В течение 10 лет (1990–2000 гг.) К. К. Калинин являлся учёным секретарём диссертационного совета Д 212.115.03.

В 2008–2009 гг. он принимал участие в разработке лесных планов Нижегородской и Самарской областей, Республики Марий Эл.

За значительный вклад в приумножение лесных богатств России и Республики Марий Эл он награждён значком Министерства лесного хозяйства РСФСР «За сбережение и приумножение лесных богатств РСФСР» (1969), серебряной медалью ВДНХ СССР (1987), медалью «Ветеран труда» (1988), ему присвоено почётное звание «Заслуженный лесовод Республики Марий Эл».

Память об учёном, педагоге и производственнике сохранится в сердцах его коллег, друзей и учеников.

Редакция журнала

УКАЗАТЕЛЬ МАТЕРИАЛОВ,
ОПУБЛИКОВАННЫХ
В ЖУРНАЛЕ В 2015 ГОДУ

№

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Н. Н. Бессчетнова, В. П. Бессчетнов, В. Л. Черных. Генотипическое несходство плюсовых деревьев сосны обыкновенной (*Pinus Sylvestris* L.) по физиологическому состоянию побегов

4

О. Н. Воробьев, Э. А. Курбанов, А. В. Губаев, Ю. А. Полевщикова, Е. Н. Демисева, В. О. Коптелов. Дистанционный мониторинг городских лесов

1

Ю. П. Демаков, А. В. Исаев, В. Г. Краснов. Структура и закономерности развития древостоев с участием ясеня в лесах Марийского Предволжья

4

Ю. П. Демаков, В. Г. Краснов, С. В. Кириллов, М. И. Смышляева, А. В. Антропова. Информативность морфометрических параметров деревьев, желудей и листьев дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в географических культурах

3

Ю. П. Демаков, А. С. Пуряев, В. Л. Черных, Л. В. Черных. Использование аллометрических зависимостей для оценки фитомассы различных фракций деревьев и моделирования их динамики

2

С. А. Денисов, Т. А. Конюхова, Т. С. Рачкова.

Управление лесовосстановлением на горях

3

В. И. Желдак. Концептуальные вопросы лесоводственного обеспечения устойчивого управления еловыми лесами

4

Е. М. Романов, С. М. Лазарева, С. Н. Бродников. Семеношение сосны сибирской в Марийском Заволжье

3

Е. М. Романов, Т. В. Нуреева, Т. Ф. Мифтахов, А. С. Пуряев. Экологическая и сырьевая роль лесов Республики Татарстан

2

И. В. Скуратов, Е. А. Крюкова. Влияние высоких температур на состояние древесных растений и их патогенов в защитных насаждениях Нижнего Поволжья

2

А. Стефаниду, Е. Драгози, М. Томпюлидоу, Я. З. Гитас. Картирование лесных и не лесных площадей с использованием Landsat TM и алгоритма «искусственные нейронные сети» (ANNs)

1

Л. В. Черных. Алгоритм энтропийно-информационного анализа количественных и качественных характеристик подроста на пробных площадях

3

ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ
ЛЕСНОГО ДЕЛА

Д. А. Братилов, А. Н. Деснев. Устройство для отвода тепла из массива технологической щепы в условиях кучевого хранения

2

LIST OF MATERIALS
PUBLISHED
IN THE JOURNAL IN 2015

FORESTRY

N. N. Besschetnova, V. P. Besschetnov, V. L. Chernykh. Genotypic difference of plus trees of scots pine (*Pinus Sylvestris* L.) by physiological state of shoots

O. N. Vorobyev, E. A. Kurbanov, A. V. Gubayev, Y. A. Polevshikova, E. N. Demisheva, V. O. Koptelov. Remote monitoring of urban forests

Yu. P. Demakov, A. V. Isaev, V. G. Krasnov. Structure and peculiarities of development of stands with some share of ashes in Mari forests (Volga Region)

Yu. P. Demakov, V. G. Krasnov, S. V. Kirillov, M. I. Smyshlyayeva, A. V. Antropova. Information content of morphometric parameters of trees, acorns and leaves of English oak (*Quercus robur* L.) in provenance trial plantations

Yu. P. Demakov, A. S. Puryaev, V. L. Chernykh, L. V. Chernykh. Allometric dependences application to 1 assess phytomass of various fractions of trees and simulation of their dynamics

S. A. Denisov, T. A. Konukhova, T. S. Rachkova. Forest restoration management at the fire sites

V. I. Zheldak. Conceptual issues of silvicultural measures for spruce forests sustainable management

E. M. Romanov, S. M. Lazareva, S. N. Brodnikov. Siberian stone pine seeding in Mari Trans-volga region

E. M. Romanov, T. V. Nureeva, T. F. Miftakhov, A. S. Puryaev. Ecological and resources role of forests of the Republic of Tatarstan

I. V. Skuratov, E. A. Krukova. High temperatures influence on woody plants condition and their pathogens in protective stands of Lower Volga region

A. Stefanidou, E. Dragozi, M. Tompoulidou, I. Z. Gitas. Forest/non forest mapping using Landsat thematic mapper imagery and artificial neural networks (ANNs)

L. V. Chernykh. Algorithm of entropic-information analysis of qualitative and quantitative characteristics of young trees in the sample areas

FORESTRY TECHNOLOGIES
AND MACHINES

D. A. Bratilov, A. N. Desnev. Device for heat transfer from chippings when storage in heaps

В. В. Васильев. Модернизированный плот для рек с малыми глубинами

Р. Х. Гайнуллин. Моделирование процесса смешанного резания древесины на шпон с вращательным движением режущего органа

С. В. Посыпанов. Исследование усилий в такелажной оснастке плавающей двухъярусной пакетной сплотовочной единицы

М. Г. Салихов, В. Ю. Илванов, Л. И. Малянова. Предложение к изучению процессов старения органических бетонов при воздействии высоких температур

С. А. Угрюмов, А. А. Федотов, А. В. Осетров. Комплексные способы повышения физико-механических свойств древесно-стружечных плит

С. А. Угрюмов, А. А. Федотов, С. А. Рыжов. Исследование влияния температуры прессования на свойства древесно-стружечных плит, изготовленных с применением фурфуролацетонного мономера

Е. М. Царев, Рен. Х. Гайнуллин, П. Е. Царев, Риш. Х. Гайнуллин. Разработка изделий (стеновых блоков) на основе отходов деревоперерабатывающих производств

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ. БИОТЕХНОЛОГИИ

Т. В. Баранова. Цитогенетические изменения проростков берёзы повислой при загрязнении городской среды

О. Н. Воробьев, Э. А. Курбанов, А. В. Губаев, Е. Н. Демисева. Методика пошаговой классификации спутниковых снимков для тематического картирования лесов

Е. А. Гончаров, Д. И. Пигалин, Н. Г. Шурков. Эколого-геохимическая оценка почвенного покрова городских ландшафтов

Ю. П. Демаков, А. В. Исаев. Влияние аэрального поступления веществ на их круговорот в лесных экосистемах

Ю. П. Демаков, А. В. Исаев, В. И. Таланцев, О. В. Малюта. Химическая и биологическая активность водных экстрактов лесных растений

Н. Ф. Каплина, Н. Ю. Кулакова. Содержание неструктурных углеводов в органах дуба черешчатого в условиях южной лесостепи Европейской части России

И. В. Лянгузова, В. В. Горшков, И. Ю. Баккал, М. С. Бондаренко. Воздействие почвенного загрязнения тяжёлыми металлами на напочвенный покров сосняка лишайниково-зеленомошного в условиях полевого эксперимента

А. С. Манаенков, Л. И. Абакумова. Повышение эффективности полезащитного лесоразведения в острозасушливых районах России

V. V. Vasilyev. A modernized float for the shall depth rivers

R. Kh. Gainullin. Simulation veneer production process in rotary motion

S. V. Posypanov. Study of the forces in the rigging of a floaty bilevel rafting unit

M. G. Salikhov, V. Yu. Ilvanov, L. I. Malyanova. A way to study the process of ageing of organic concrete at high temperature

S. A. Ugryumov, A. A. Fedotov, A. V. Osetrov. Comprehensive methods for improvement of physical and mechanical properties of particle boards

S. A. Ugryumov, A. A. Fedotov, S. A. Ryzhov. Influence of the temperature of pressing on the properties of particle boards made with furan resin binders

E. M. Tsarev, Ren. Kh. Gainullin, P. E. Tsarev, Rish. Kh. Gainullin. Elaboration of blocks made on the basis of wastes of wood processing factories

PROBLEMS IN ECOLOGY AND RATIONAL NATURE MANAGEMENT. BIOTECHNOLOGIES

T. V. Baranova. Cytogenetic changes of betula pendula sprouts when environment pollution

O. N. Vorobyev, E. A. Kurbanov, A. V. Gubayev, E. N. Demisheva. Method of stepwise classification of satellite images for the thematic mapping of forest cover

E. A. Goncharov, D. I. Pigalin, N. G. Shurkov. Ecological and geochemical assessment of soil cover in the urban areas

Yu. P. Demakov, A. V. Isaev. Influence of aerial income of elements on their circulation in forest ecosystems

Yu. P. Demakov, A. V. Isaev, V. I. Talantsev, O. V. Maluta. Chemical and biological activity of woody plants water extracts

N. F. Kaplina, N. Yu. Kulakova. Content of non-structural carbohydrates in organs of Quercus robur in conditions of southern forest-steppe of european russia

I. V. Lyanguzova, V. V. Gorshkov, I. Yu. Bakkal, M. S. Bondarenko. Influence of soil pollution (heavy metals) on the lichen pine forest soil cover in conditions of field experiment

A. S. Manaenkov, L. I. Abakumova. Increase in efficiency of field-protective forestations in critical droughty regions of Russia

ДАТЫ. СОБЫТИЯ. КОММЕНТАРИИ

III Международная конференция «Актуальные проблемы и перспективы развития лесопромышленного комплекса»

Международная научно-практическая конференция. Лесные экосистемы в условиях изменения климата: биологическая продуктивность и дистанционный мониторинг

Д. И. Мухортов. Российско-германский симпозиум по вопросам лесной генетики, лесовосстановления, лесоводства и изменения климата

Редакция журнала. Памяти учёного-лесоведа. Калинин Константин Константинович

Е. М. Романов, Д. И. Мухортов, Т. В. Нуреева. Жизнь, отданная восстановлению лесов

С. А. Угрюмов. Итоги III-й Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития лесопромышленного комплекса» и очередной сессии РКСД

DATES. EVENTS. COMMENTS

III International conference «Current problems and future development of forest-industry complex»

1

International research and practical conference. Forest Ecosystems in the Climate Change Conditions: Biological Productivity and Remote Monitoring

2

D. I. Mukhortov. Russian-german symposium on forest genetics, reforestation, forestry and climate change

3

Editorial board. In memory of research forester Konstantin Konstantinovich Kalinin.

4

E. M. Romanov, D. I. Mukhortov, T. V. Nureeva. Life to forest restoration

2

S. A. Ugryumov. Results of III international research and technical conference «Current problems and perspectives for development of forest-industrial complex» and regular session of regional coordination council on present problems in wood technology

3

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 10 пт, прямой, светлый) без отступа. Название статьи печатается по центру (размер шрифта 14 пт, прямой, полужирный, прописной). Ниже, по центру – инициалы, фамилия автора (размер шрифта 12 пт, курсив, полужирный). После фамилий авторов указываются места работы: первая строка – название организации, вторая строка – почтовый адрес (размер шрифта 10 пт, прямой). После адресов указывается электронный адрес контактного автора.

Далее размещается аннотация (выравнивание по ширине, размер шрифта 10 пт, курсив, отступ слева и справа 1 см). Аналогично оформляются ключевые слова. 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**), отражающее существо работы, понятное без обращения к самой публикации; оно является основным источником информации в отечественных и зарубежных информационных системах и базах данных, индексирующих журнал.

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) 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 транслитерированном 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), ученая степень, должность, место работы с указанием почтового адреса учреждения (на русском и английском языках), область научных интересов, количество опубликованных работ, телефон, e-mail.

К статье прилагаются следующие **документы**: авторское заявление с указанием рубрики журнала; 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>