



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

# ВЕСТНИК

2(22)

2014

апрель – июнь

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 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:

424006, Йошкар-Ола, ул. Панфилова, 17

Тел. (8362) 68-78-46, 68-28-41

Факс (8362) 41-08-72

E-mail: vestnik@volgatech.net

Редактор *Т. А. Рыбалка*

Дизайн обложки *Л. Г. Маланкина*

Компьютерная верстка

*А. А. Кислицын*

Перевод на английский язык

*М. А. Шалагина*

Подписано в печать 27.06.14.

Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Усл. п. л. 10,9.

Тираж 500 экз. Заказ

Дата выхода в свет: 30.06.14.

Цена свободная

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

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

### Главный редактор

**Е. М. Романов**, 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 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)

**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

2(22)  
2014  
april – june

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 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:

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

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

**Fax** (8362) 41-08-72

**E-mail:** [vestnik@volgatech.net](mailto:vestnik@volgatech.net)

Editor *T. A. Rybalka*

Cover design *L. G. Malankina*

Computer assisted make up

*A. A. Kislitsyn*

Translation

*M. A. Shalagina*

Passed for printing 26.06.14.

format 60×84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. No. of press sheets 10,9.

Printing run 500 copies. Order No

Release date: 30.06.14.

Open price

Volga State University of Technology  
424000, Yoshkar-Ola, 3, Pl. Lenina

Printed from the layout original

At LLC «String»

424002, Yoshkar-Ola,

31, Kremlevskaya St.

### Editor in Chief

**E. M. Romanov**, 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 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**, van den Bosch, Doctor in Science in forest  
policy and economics from the University of Joensuu (Finland), Profes-  
sor (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)

**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, 2014

## СОДЕРЖАНИЕ

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

**В. Л. Мешкова.** Достижения и задачи защиты леса в Украине

**Н. Н. Бессчетнова, В. П. Бессчетнов, С. А. Денисов, В. Л. Черных.** Многомерная оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) по выходу семян из шишек

**М. В. Ермакова.** Особенности структуры подраста сосны в условиях ненарушенных и слабонарушенных лесных фитоценозов Среднего Урала

ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ  
ЛЕСНОГО ДЕЛА

**Ю. А. Ширнин, А. Ю. Ширнин.** Пути решения проблем лесозаготовок в экстремальных условиях

**Е. Ю. Салдаева, Е. М. Цветкова.** Предварительное диагностирование прочностных свойств древесины по показателю динамического модуля упругости вибрационным способом

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ.  
БИОТЕХНОЛОГИИ

**С. В. Мухаметова, С. М. Лазарева.** Сезонный ритм развития видов боярышника, интродуцированных в Республику Марий Эл

**Е. С. Суханова, Д. В. Кочкин, М. В. Титова, Р. В. Сергеев, А. М. Носов.** Разработка экспресс-системы определения биологической активности тритерпеновых гликозидов с использованием теста по прорастанию пыльцевых зёрен табака

## ДАТЫ. СОБЫТИЯ. КОММЕНТАРИИ

**И. А. Алексеев, Ю. Г. Мальков, Н. Е. Серебрякова.** Юбилей учёного-лесоведа (Виктору Ильичу Пчелину – 85 лет)

*Информация для авторов*

## CONTENTS

## FORESTRY

**V. L. Meshkova.** Advance and tasks of forest protection in the Ukraine

**N. N. Besschetnova, V. P. Besschetnov, S. A. Denisov, V. L. Chernykh.** Multidimensional assessment of plus trees of scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) on seed yield from cones

**M. V. Yermakova.** Peculiarities of structure of scotch pine young growths in the conditions of virgin and lightly disturbed forest communities in Middle Urals

FORESTRY TECHNOLOGIES  
AND MACHINES

**Yu. A. Shirnin, A. Yu. Shirnin.** Ways of solution of timber harvesting problems in extreme conditions

**E. Yu. Saldaeva, E. M. Tsvetkova.** Preliminary diagnosis of strength properties of wood by dynamic modulus of elasticity (vibrating manner)

PROBLEMS IN ECOLOGY AND RATIONAL  
NATURE MANAGMENT.  
BIOTECHNOLOGIES

**S. V. Mukhametova, S. M. Lazareva** Seasonal rhythm of introduced hawthorn species development in Mari El Republic

**E. S. Sukhanova, D. V. Kochkin, M. V. Titova, R. V. Sergeev, A. M. Nosov.** Development of express-system of bioactivity determination of triterpenoid glycosides with the help of the test on germination of pollen-grains of an indian weed

## DATES. EVENTS. COMMENTS

**I. A. Alekseev, Yu. G. Malkov, N. E. Serebryakova.** An anniversary of a scientist in forestry (Victor Ilyich Pchelin is 85 years old)

*Information for the authors*

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630.4

### ДОСТИЖЕНИЯ И ЗАДАЧИ ЗАЩИТЫ ЛЕСА В УКРАИНЕ

**В. Л. Мешкова**

Украинский НИИ лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г.Н. Высоцкого (УкрНИИЛХА),  
61024, Украина, Харьков-24, Пушкинская, 86  
E-mail: Valentynameshkova@gmail.com

*Проведён обзор работ учёных Украины по вопросам защиты леса от вредителей и болезней за последние пять лет. Показано, что на основе многолетних комплексных исследований определён видовой состав вредных лесных насекомых, оценено их хозяйственное значение (вредоносность), предложены дифференцированные по регионам и лесорастительным условиям методы учёта и прогнозирования вероятности повреждения насаждений, уточнены сроки проведения защитных и санитарных мероприятий. Начаты исследования распространения возбудителей болезней леса, их взаимодействия с насекомыми-переносчиками, изучение адвентивных видов насекомых и возбудителей болезней, в том числе доистромоза сосны и усыхания ясеня. Предполагается глубже изучить вопросы, связанные с защитой от вредных организмов, в том числе адвентивных, посадочного материала при выращивании в теплицах и питомниках, в несомкнутых лесных культурах, селекционных объектах и семенных плантациях, а также декоративных насаждений населённых пунктов.*

**Ключевые слова:** защита леса; хвоелистогрызущие насекомые; стволовые вредители; болезни леса; адвентивные виды.

**Введение.** Леса Украины произрастают в нескольких природных зонах – равнинных и горных. Лесистость территории уменьшается с запада на восток и на юг – от Карпат и Полесья к Лесостепи и Степи. В западной части страны, особенно в Карпатах, распространены буковые, еловые и пихтовые леса. В этом регионе основными факторами повреждения лесов являются короед-типограф и корневая губка, ограничение распространения и развитие которых пока не удаётся, как и в соседних странах. Наиболее ослаблены леса в восточных и южных регионах Украины, где их особенно мало, что связано с дефицитом осадков и высокой континентальностью климата (это негативно отражается на состоянии дре-

востоев, но благоприятно влияет на развитие очагов массового размножения вредных насекомых). В этих малолесных регионах преобладают искусственные насаждения дуба черешчатого и сосны обыкновенной, которую обычно выращивают в монокультурах на участках с бедными почвами, поскольку другие породы здесь произрастать не могут. Это обстоятельство является дополнительным негативным фактором ухудшения состояния насаждений. Основные исследования по лесозащите на территории Украины, исходя из этого, проведены в дубовых и сосновых насаждениях. В последние годы, в связи с ухудшением состояния ясеня, определённое внимание уделено организмам, повреждающим и эту породу.

**Целью** работы является освещение достижений украинских учёных-лесозащитников в решении научных и прикладных задач, а также определение перспективных задач в этой сфере.

**Материалы и методика.** Основой представленного обзора являются публикации учёных Украины по вопросам защиты леса. Учитывая наличие наших предыдущих обзоров по данной проблематике [1–2], в данной работе рассмотрены преимущественно публикации, вышедшие за последние пять лет.

**Результаты и обсуждение.** Основная задача лесозащиты как науки – обеспечение решения методических вопросов мониторинга вредных организмов и путей минимизации ущерба от них лесному хозяйству и лесным экосистемам с учётом современных мировых достижений и состояния окружающей среды.

Выяснение причин и механизмов ослабления лесных насаждений, прогнозирование темпов и последствий этих процессов, разработка методов предотвращения или минимизации хозяйственного ущерба базируются на выявлении видового состава вредных для леса организмов, уточнении их биологии и экологии, а также на выяснении закономерностей их распространения в различных природных зонах и типах лесорастительных условий.

Особое внимание учёные и практики уделяют в настоящее время хвоелистогрызущим насекомым, которые являются наиболее распространёнными и хозяйственно значимыми в лесах Украины. Их видовой состав в различных частях ареалов кормовых пород практически одинаков, а средняя продолжительность вспышек массовых размножений составляет от трёх до семи лет, возрастая от западных к восточным и южным регионам Украины [3]. Наиболее продолжительны вспышки размножений таких видов насекомых, которые восприимчивы к действию регулирующих факторов в течение короткого периода (пример – зелёная дубовая листо-

вёртка). Напротив, вспышки сосновой совки на юге и востоке Украины угасают за один год, так как её куколки в течение почти 10 месяцев находятся в подстилке и весьма восприимчивы к действию абиотических и биотических факторов. Разработанная нами [3] фенологическая теория динамики численности этой группы вредных лесных организмов, учитывающая особенности сезонного развития насекомых и кормовых древесных растений в зависимости от текущих погодных условий, позволяет объяснить причины различий вспышек их массового размножения по интенсивности, частоте и продолжительности. С учётом зависимости названных процессов от микроклимата, который, в свою очередь, обуславливается лесорастительными условиями и структурой насаждений, определяющими привлекательность участков леса для отдельных видов насекомых, разработана соответствующая балльная оценка, использование которой даёт возможность создавать по материалам лесоустройства карты потенциальной угрозы повреждения древостоев, прогнозировать динамику очагов, выбирать необходимые лесохозяйственные и лесозащитные мероприятия. Эта методика апробирована в разных природных зонах Украины [3–5]. Так, в Нижнеднепровье на основе изменений возрастной структуры сосновых лесов и балльной оценки привлекательности насаждений для насекомых сделан прогноз угрозы распространения очагов массового размножения рыжего и обыкновенного сосновых пилильщиков, соснового шелкопряда и сосновой совки до 2045 года [5]. Угроза повреждения насаждений насекомыми, как было показано нами [3], зависит в гораздо большей степени от биогеоценотических факторов, *нежели от плотности популяций хвоелистогрызущих вредителей*. Так, к примеру, в Луганской области при анализе данных за 2007–2011 гг. не установлено достоверной связи между количеством коконов сосновых пилильщиков (обыкновенного и ры-

жего) и уровнем повреждения крон деревьев в предыдущий и последующие годы. Причинами этого являются миграция имаго, диапауза части эонимф, влияние погодных условий и других факторов ослабления насаждений [4]. Сравнение параметров вспышек массового размножения хвоелистогрызущих насекомых за периоды до начала глобального потепления (1947–1987 гг.) и в последующее время (1988–2008 гг.) свидетельствует об отсутствии достоверных изменений их частоты и продолжительности [3]. Это позволяет применять существующие методы прогнозирования вспышек, основанные на данных о предпочтении отдельными видами определённых лесорастительных условий и структуры насаждений, а также о продолжительности вспышек и интервалов между ними в отдельных регионах.

В результате многолетних исследований учёных УкрНИИЛХА уточнены списки насекомых, повреждающих разные органы деревьев на различных этапах развития культур сосны, особенности их распространения и развития, методы учёта [1, 2]. Отмечено увеличение распространения соснового подкорного клопа в монокультурах сосны возрастом от 6 до 25 и более лет, созданных в различных регионах Украины. В Левобережном Полесье Украины сосновый подкорный клоп развивается за два года, нечётный год является лётным, однако на каждом участке некоторая часть особей представляет колено чётного года [6]. В июне–июле происходит миграция длиннокрылых самок этого вредителя в десятилетние культуры из утрачивающих пригодность для заселения культур старше 20 лет. В Левобережной Лесостепи и Степи возможно развитие соснового подкорного клопа за один год. Уточнение этого факта требует внесения корректив в сроки и методику учёта численности этого вида. Статистически подтверждена значительно бóльшая устойчивость к заселению вредителем смешанных культур и культур, созданных в богатых лесорастительных условиях [7].

Во многих районах Украины после многолетнего перерыва начала возрастать численность побеговьюнов и пилильщико-ткачей. Установлено, что в двенадцатилетних культурах сосны Луганской области количество эонимф звездчатого и красноголового ткачей на 1 м<sup>2</sup> подстилки в пределах проекции крон неповреждённых деревьев и объединённых на 40 и 80 % существенно не различалось. Полученные данные можно объяснить наличием диапаузы, а также способностью самок к миграции. Вместе с тем, эти данные доказывают, что достоверно прогнозировать уровень дефолиации крон по плотности эонимф в почве **невозможно**. В 2013 году получены предварительные данные по биологии и вредности этих насекомых. Установлено, что побеговвюн-смолевщик на юге Украины развивается за один год.

Реакция насаждений на повреждение крон насекомыми, выражающаяся через изменение категории санитарного состояния деревьев, величину их отпада и прироста, зависит, как показано нами [4], от региональных особенностей климата, лесорастительных условий, исходной жизнеспособности и структуры насаждений, сроков и уровня дефолиации. Так, в очаге рыжего соснового пилильщика в Херсонской области средний многолетний радиальный прирост сосны уменьшался по мере ухудшения санитарного состояния насаждений и класса Крафта деревьев. В Луганской области при одинаковом уровне повреждения крон деревьев сосновыми пилильщиками (50 %) их радиальный прирост в свежем бору (А<sub>2</sub>) был достоверно меньшим, чем в свежей субори (В<sub>2</sub>). В Житомирской области максимальные потери радиального прироста в очагах рыжего соснового пилильщика, который питается хвоей прошлого года в мае–начале июня, не превышали 30 %, а в очагах обыкновенного соснового пилильщика, I поколение личинок которого питается в июне, а II – в августе–сентябре, составили 33 и 50 % при повреждении крон соответственно на 50 и 80 %. На участках, где сосновыми пи-

лильщиками было повреждено свыше 80 % хвои, радиальный прирост восстановился в течение одного года вследствие отпада части деревьев и улучшения условий для роста других. В очаге обыкновенного соснового пилильщика за 10 лет после сильного объедания средняя высота и диаметр древостоев несколько превысили значения на контрольном участке, а площадь поперечного сечения стволов и запас уменьшились незначительно (на 2,3 и 0,8 соответственно). В очагах сосновых пилильщиков, действовавших в Луганской области, радиальный прирост деревьев имел тенденцию к увеличению с высотой ствола, причём уменьшение радиального прироста в верхней части стволов у деревьев I категории санитарного состояния происходило на три года позднее, чем у деревьев III категории. В Житомирской области в подобных очагах запаздывание снижения радиального прироста деревьев происходило прямо пропорционально увеличению их возраста и рангового положения в древостоях.

Санитарное состояние деревьев любой категории, кроме сухостоя, может изменяться в течение их жизни, как было установлено [8–9], под действием природных и антропогенных факторов. Определение вероятности ухудшения или улучшения санитарного состояния деревьев является важным для проектирования санитарно-оздоровительных мероприятий. В условиях Марийского Заволжья рассчитаны коэффициенты для определения вероятности ослабления деревьев сосны I–IV категорий санитарного состояния, находящихся под влиянием техногенного загрязнения, низового пожара и корневых гнилей [10]. Наши исследования в Украине показали, что значения подобных коэффициентов варьируют в зависимости от региона, лесорастительных условий и уровня дефолиации крон [8].

Несмотря на проведение многолетних исследований, остаётся нерешённым вопрос защиты культур сосны от хрущей, долгоносиков и корнежилков [2]. Организация отлова имаго хрущей на свет, ши-

роко применяемого в Венгрии и Румынии [2], в частности, на территории питомников, часто не «вписывается» в финансовые планы и штатное расписание лесхозов, а опрыскивание инсектицидами мест питания имаго майских хрущей не проводят, так как эти насаждения часто являются лесополосами, не входящими в состав гослесфонда. Для обработки же инсектицидами мест питания мраморного хруща, который питается хвоей сосны и способен перелетать на довольно большие расстояния для откладки яиц, пришлось бы опрыскивать кроны на огромной площади, что практически не осуществимо. К тому же любые разрешённые препараты сохраняют активность в почве не более трёх – четырёх месяцев, а повторное их внесение значительно повышает стоимость создания культур. При создании лесных культур, а также выращивании посадочного материала в теплицах и питомниках, пестициды необходимо применять в разумных объёмах и в оптимальные сроки. Для предотвращения вреда от этих насекомых ***целесообразно воздерживаться от облесения вырубок в первые годы после рубки леса.***

Количественная оценка вредоносности хвоелистогрызущих насекомых включает определение связи между плотностью их популяций и уровнем повреждения насаждений, а также способностью деревьев к восстановлению состояния своей жизнеспособности. Полученные исследователями выводы часто противоречивы в связи с различными методическими подходами к объекту исследования, а также экологическими особенностями регионов и насаждений [4]. Необходимость дифференцирования критической численности этой группы насекомых по регионам, лесорастительным условиям, бонитету, возрасту, полноте насаждений и с учётом распределения деревьев по классам роста и категориям санитарного состояния связана с различием массы листвы/хвои в таких насаждениях и возможностей её восстановления после повреждения [11]. Таблицы фитомассы дре-

востоков, в том числе для условий Украины [12], созданы, однако, на основе стандартных таблиц хода роста насаждений, не учитывающих санитарного состояния деревьев (для расчёта фитомассы обычно выбирают лучшие по росту и санитарному состоянию модельные деревья). При определении критической плотности насекомых важно учитывать соотношение массы хвои разного возраста. Так, личинки рыжего соснового пилильщика питаются хвоей прошлого года, личинки обыкновенного соснового пилильщика – хвоей текущего года, гусеницы сосновой совки – хвоей текущего года в период роста побегов [3]. Нами в сосновых насаждениях Харьковской, Херсонской, Луганской и Житомирской областей исследовано распределение ветвей, побегов, хвои по ярусам кроны при различном уровне повреждения деревьев насекомыми. Построены модели для определения количества хвоинок и их массы на однолетних и двухлетних побегах [4]. Оценка вредности насекомых в несомкнутых лесных культурах часто усложняется невозможностью разделения роли многочисленных частных факторов, влияющих на прирост и отпад деревьев, а тем более на отдалённые последствия повреждений, нанесённых в первые годы их роста.

На востоке Украины с 2006 года отмечается ухудшение санитарного состояния насаждений ясеня обыкновенного, что связано как с массовыми размножениями листогрызущих вредителей (пядениц, американской белой бабочки, чёрного и белоточечного ясеневых пилильщиков) [13], так и с распространением новой болезни, вызванной новым для науки видом *Hymenosyphus pseudoalbidus* (анаморфа – *Chalara fraxinea* Kowalski). Молекулярными методами подтверждено наличие возбудителя усыхания ясеня *Hymenosyphus pseudoalbidus* в насаждениях востока Украины [14]. Доля деревьев ясеня с наличием симптомов усыхания оказалась наибольшей в насаждениях степной части Харьковской области, а наименьшей – в насаждениях лесостепной части Сумской области. В гео-

графических культурах Сумской области наибольшие распространённость и развитие болезни (50 и 1,4 %) характерны для Степного климатипа. Во всех обследованных насаждениях и климатипах чётко выражена тенденция увеличения показателей распространённости и развития болезни с увеличением класса Крафта деревьев.

В зелёных насаждениях г. Харькова начала проявляться деятельность каштанового (*Cameraria ohridella* Deschka et Dimić, 1986), белоакациевых (*Parectopa robiniella* Clemens, 1863 и *Macrosaccus robiniella* Clemens, 1859) и липового (*Ph. issikii* Kumata, 1963) минеров, которые развиваются в трёх поколениях (липовый – в двух). Рассчитаны значения средней плотности мин, при которых уровень повреждения крон превысит 25 % [15]: 45, 27 и 7 мин на лист соответственно для каштанового, белоакациевого и липового минеров. Установлено, что радиальный прирост деревьев каштана конского в очагах массового размножения минера достоверно уменьшился за пять лет на 36 % по сравнению с неповреждёнными деревьями. Достоверного влияния уровня повреждения листы минера на количество завязей в соцветии и среднее количество плодов не обнаружено, однако средняя масса плода и околоплодника каштанов, диаметр и масса семян достоверно уменьшались по мере увеличения уровня повреждения листы. Относительно устойчивыми к каштановому минеру оказались каштан мяско-красный (*A. carnea* Hayne. – гибрид *A. hippocastanum* и *A. pavia*) и голый (*A. glabra* Willd.), устойчивым – каштан мелкоцветковый (*A. parviflora* Walt.), относительно устойчивыми к липовому минеру – липы *T. americana*, *T. tomentosa*, *T. europaea* и *T. sibirica*, устойчивыми в годы наших исследований – *T. amurensis* и *T. japonica*. Вид *Robinia pseudoacacia* более устойчив к повреждению белоакациевым минером, чем *R. viscosa* [16]. Обнаружено 14 видов паразитоидов семейства Eulophidae – на каштановом минере – 5 видов 5 родов,

липовом – 9 видов 6 родов, белоакациевом – 6 видов 4 родов. В то же время, уровень паразитизма всех минеров был невысоким (максимум 3,3 %) во все годы исследований [17].

Деятельность стволовых насекомых, как было установлено [18, 19], вызывает ощутимый хозяйственный ущерб лишь в лесах, ослабленных различными природными и антропогенными факторами. Одним из факторов ослабления лесов являются сплошные рубки, по границам лесосек которых часто отмечается повышенный отпад деревьев, что обусловлено механическими травмами во время рубки и трелёвки, а также резким изменением освещения и микроклимата, приводящими к солнечным ожогам стволов, повреждению их морозом, нарушению соотношений темпов роста крон и корней [18]. Такие деревья могут заселяться насекомыми локально в местах повреждения. Вырубка повреждённых и усохших деревьев на границе лесосек является дополнительным ослабляющим фактором, приводящим иногда к значительному снижению полноты древостоев и последующему проведению сплошных санитарных рубок. Так, в насаждениях Сумской области доля ветровальных деревьев возрастала по мере снижения полноты насаждений, в том числе на участках, пройденных выборочными санитарными рубками в предыдущие два года [20].

При определении перечня потенциально вредных стволовых насекомых в соответствии с методикой, разработанной Е.Г. Мозолева [21], рассчитывали общую вредоносность каждого вида как произведение балльной оценки физиологической, технической вредоносности и коэффициента, отражающего количество поколений. Физиологическую вредоносность определяли как сумму баллов оценки их физиологической активности (способности заселять жизнеспособные деревья), нанесения им вреда при *дополнительном питании* и способности *переносить возбудителей* болезней леса, а техническую вредоносность – как произ-

ведение баллов, учитывающих *ценность древесной породы, район поселения и общую оценку разрушения* (глубину размещения ходов, их диаметр и величину занятой ими поверхности заболони). Применение данного подхода позволило определить перечень опасных видов стволовых вредителей дуба [22] и сосны [23] для Левобережной Лесостепи Украины. Так, из 35 видов стволовых насекомых ни один вид не заселял здоровые деревья дуба. Ослабленные деревья заселяли дубовая двупятнистая узкотелая златка (*Agrius biguttatus*) и дубовый заболонник (*Scolytus intricatus*). Наибольшей технической вредоносностью характеризовались усачи *Cerambyx scopolii*, *Plagionotus detritus*, *P. arcuatus* и короеды *Xyleborus monographus* и *Xyleborinus saxeseni*. Из 53 видов стволовых насекомых, обнаруженных в сосновых насаждениях, 31 не оказывал вреда, 11 были мало вредоносными и лишь 10 видов умеренно вредоносными. Из 22 видов усачей 19 являлись безвредными и лишь один вид (*Monochamus galloprovincialis*) оказывал значительный вред (его физиологическая вредоносность составила 14 баллов, техническая – 13,8, общая – 193,2). Умеренно и слабо вредоносными являются усачи *Acanthocinus aedilis* и *Acanthocinus griseus*, которые переносят споры дереворазрушающих и деревокрашающих грибов [23].

Диаграмма физиологической активности ксилофагов была предложена Ю.П. Демаковым [24], который разработал её на основе материалов многолетних исследований, проведённых преимущественно на гарях в Марийском Полесье. Наши исследования, проведённые в Лесостепи Украины, показали наличие некоторых региональных особенностей как видового состава ксилофагов, так и уровня заселённости ими сосновых насаждений. Так, заселённость насаждений, ослабленных хвоегрызущими насекомыми, низовым пожаром и выборочными санитарными рубками, возрастала в течение первых двух лет после действия повреждаю-

щего фактора и начинала снижаться на третий год. Она зависела в основном от санитарного состояния деревьев, оцениваемого по комплексу показателей. На повреждённом огнём участке стволовыми вредителями было заселено только около половины деревьев IV категории состояния, а остальные усохли без их участия, поскольку луб их быстро потерял влагу и пищевую пригодность для насекомых. Лишь на четвёртый год после пожара на этом участке все деревья данной категории заселялись стволовыми вредителями [25]. На основе проведённых исследований предложен алгоритм для прогнозирования заселённости сосновых древостоев этой группой вредных лесных насекомых, усовершенствованы методические подходы к изучению их биологии и экологии [26], уточнены предельные значения популяционных показателей наиболее распространённых видов в связи с изменениями микроклимата в результате лесохозяйственной деятельности [27].

В связи с необходимостью обоснования оптимальных сроков проведения лесохозяйственных мероприятий была проанализирована сезонная динамика лета имаго 53 видов стволовых насекомых из трёх семейств (Cerambycidae, Buprestidae, Curculionidae: подсемейство Scolytinae), выявленных в сосновых насаждениях Левобережной Лесостепи Украины [28]. Предложена их классификация, основанная на классификации сезонного развития природы М.П. Сахарова за период от даты устойчивого перехода температуры воздуха через 5 °С весной до даты устойчивого перехода температуры через 15 °С осенью. В соответствии с этим выделено три фенологические группы насекомых (весенняя, летняя и осенняя), причём в весенней – ранняя, средняя и поздняя подгруппы, а в летней – ранняя и поздняя [28]. Уточнены наиболее безопасные для леса сроки отвода деревьев в санитарную рубку и её проведения с учётом закономерностей развития наиболее опасных стволовых вредителей, особенностей микроклимата местности и породного

состава древостоев, указаны соответствующие феноиндикаторы, обоснованы сроки вывоза заготовленной древесины, случаи целесообразности использования и сроки выкладки ловчих деревьев [18].

Учёные Украины в последние годы уделяют большое внимание изучению возбудителей болезней леса, которые особый вред оказывают при выращивании посадочного материала. Мероприятия по защите сеянцев ограничены как отсутствием разрешённых к применению препаратов, так и в связи с затруднением диагностики возбудителей болезней в теплицах, питомниках и соседних насаждениях. В почвах питомников накапливаются патогенные микроорганизмы вследствие многолетнего выращивания сосны, на состояние растений отрицательно влияет многолетнее загрязнение почвы пестицидами и их метаболитами [2].

На однолетних саженцах сосны в Харьковской области выделено 24 вида грибов, из которых распространённость семи видов составляет 5,83 – 25 %. Наиболее опасные патогены – возбудители шютте (*Lophodermium seeditiosum* (Minter, Staley & Millar)) и диплодиоза (*Sphaeropsis sapinea* (Fr.) Dyko & B. Sutton (= *Diplodia pinea* (Desm.) J. Kickx)) – обнаружены только на усыхающих и погибших растениях [29]. В Сумской области обнаружена тенденция к возрастанию распространения пузырчатой ржавчины сосны во влажных лесорастительных условиях по сравнению с сухими, в чистых сосновых насаждениях по сравнению со смешанными, а также – в насаждениях, повреждённых ветром и после проведения выборочных санитарных рубок [30]. В сосновых культурах, созданных на горельнике 2008 года в Херсонской области, обнаружены возбудители склерофомоза, диплодиоза и дотистромоза. На территории Украины дотистромоз впервые описан в 1914 году в Смеле, в 2004 году обнаружен в Херсонской и Николаевской областях. Доказано [31], что в образцах, собранных в Украине на сосне крымской, содержится вид *Dothistroma*

*pini*, который раньше обнаруживали лишь на американском континенте на *Pinus nigra*. В то же время в Европе на сосне обыкновенной распространена *Dothistroma septosporum*. Усовершенствованы методические подходы к определению видового состава офиостомовых грибов, связанных с короедами, и подтверждению постулатов Коха относительно возможности переноса короедами этих грибов. Апробированы методики выделения грибов с поверхности тел жуков и саженцев, прямого заражения саженцев сосны мицелием грибов и заражения путём подсадки контаминированных жуков на растения [32]. Благодаря сотрудничеству со Шведским аграрным университетом и стажировке в нём учёных УкрНИИЛХА и Государственного специализированного лесозащитного объединения «Востоклесозащита», были исследованы возможности переноса возбудителей болезней сосны (*Ophiostoma ips*, *Ophiostoma sp.*, *Sphaeropsis sapinea*) усачами, златками, короедами. Доказана патогенность офиостомовых грибов, выделенных из корнежилков, для двух-трёхлетних саженцев сосны, на которых жуки проходили дополнительное питание [32].

Распространение в лесах и зелёных насаждениях населённых пунктов востока и юга Украины ранее неизвестных возбудителей болезней леса (усыхания ясеня и дотистроммы сосны), упомянутых выше, каштанового, липового, платанового, акациевых молей-минеров [15, 33], клопа *Leptoglossus occidentalis* Heidemann, 1910 (Hemiptera: Coreidae) [34], а также появление на северо-востоке страны короеда-типографа (*Ips typographus* L.), короеда-двойника (*Ips duplicatus* (Sahlberg, 1836)) и чёрного большого елового усача (*Monochamus urussovi* (Fischer, 1806)) [2] в значительной степени связано с изменением климата, увеличением антропогенного воздействия на леса, а также возможностей активного и пассивного переноса вредных организмов. Полученные нами данные [3] согласуются с материа-

лами, полученными российскими исследователями [35] относительно изменения ареалов многих видов растений и насекомых, а также взаимодействия лесных насекомых с их кормовыми породами на фоне происходящих изменений климата.

В Украине перечень препаратов, разрешённых для применения в лесных насаждениях, включает лишь несколько наименований [36]. Это связано с особенностями законодательства, согласно которому фирма-производитель организует отдельные испытания и регистрацию препаратов, предназначенных для использования в сельском и лесном хозяйстве. В связи с ежегодным применением препаратов в сельском хозяйстве на больших площадях, расходы на их регистрацию для этой отрасли окупаются значительно быстрее, чем для лесного хозяйства, где обработки насаждений производят на относительно небольшой площади и лишь в годы вспышек массового размножения вредителей [2].

В список разрешённых для применения в лесных насаждениях [36] включены три вирусных препарата, производимые лесозащитным предприятием «Востоклесозащита» (Вирин-Диприон против рыжего соснового пилильщика, Вирин-ЗСП против обыкновенного соснового пилильщика и Вирин-НШ против непарного шелкопряда). Нами было показано, что применение вирусного препарата против рыжего соснового пилильщика наименее эффективно в год интенсивного роста численности популяции. Применение этого препарата в год кульминации вспышки приводит к уменьшению интенсивности вспышки по сравнению с необработанными участками, а применение через год после кульминации – обеспечивает затухание вспышки на два года раньше, чем на необработанных участках [37]. Тенденция добавления к вирусным препаратам сублетальных доз химических инсектицидов приводит к затягиванию вспышек и к выживанию наиболее жизнеспособных особей с максимальной плодовитостью [2, 37].

Вопрос о целесообразности применения инсектицидов против хвоелистогрызущих насекомых остаётся очень важным. Так, отсутствие лесозащитных мероприятий в лиственных насаждениях в течение последних 20 лет не привело к ухудшению их состояния. Очевидно, что обработку леса инсектицидами следует проводить, если это сможет предотвратить опасное для леса повреждение, и не проводить совсем, если она экономически или экологически не оправдана.

Очень важным является проведение лесозащитных мероприятий в оптимальные сроки. Так, проанализированы многолетние данные относительно погодных условий и фенологии рыжего соснового пилильщика в Нижнем Приднепровье [38]. Доказано, что опрыскивание сосновых насаждений вирусным препаратом против личинок рыжего соснового пилильщика необходимо проводить после даты устойчивого перехода температуры воздуха через 10°C (феноиндикаторы – цветение сосны, абрикоса, дуба, тёрна, одуванчика, клёна остролистного). Проведение обработки во II и III декадах мая является рискованным, а в I декаде июня – нецелесообразным. Весеннюю обработку насаждений в этом регионе против гусениц сосновой совки и соснового шелкопряда также целесообразно проводить после даты устойчивого перехода температуры воздуха через 10°C и не позже II декады мая, против личинок обыкновенного соснового пилильщика весеннего поколения – в III декаде мая, личинок обыкновенного соснового пилильщика осеннего поколения и молодых гусениц соснового шелкопряда – в I декаде августа. Предельные сроки обработки насаждений против личинок обыкновенного соснового пилильщика весеннего поколения – II декада июня, осеннего поколения и молодых гусениц соснового шелкопряда – I декада сентября. Экономическая эффективность проведённой в оптимальные сроки обработки сосновых насаждений вирусным препаратом против рыжего соснового пилильщика оказалась в

2,3 раза более высокой, чем эффективность обработки, проведённой с опозданием.

Своевременное применение препаратов против насекомых, питающихся рано весной, иногда невозможно осуществить из-за неблагоприятных погодных условий, особенно в случае применения аэрозольных генераторов, эффективность работы которых зависит от наличия градиента – определённой разницы температуры воздуха возле поверхности почвы и на уровне крон. При неблагоприятных условиях аэрозольное облако может осесть на почву или пройти над кронами и осесть на лес или поле за пределами очага. По нашему мнению, в насаждениях высотой до 12 м на небольшой площади более целесообразно применять инсектициды с помощью тракторных или ранцевых опрыскивателей [2]. Внесение инсектицидов в оптимальные сроки важно для защиты леса и от других групп вредителей. Так, опрыскивание инсектицидами заготовленной древесины против чёрного соснового усача, проведённое 14 мая, оказалось неэффективным. Эффективность применения инсектицидов 22 июня составила от 66,7 (Конфидор) до 72,1 % (БИ-58) [39]. Техническая эффективность применения инсектицидов против имаго соснового подкорного клопа в мае составила 51,3 – 65,8 %, против личинок в июле – 76,5 – 84,3 % [40].

На лесосеменных плантациях деревья размещены на относительно большом расстоянии друг от друга, а в специально сформированных кронах создаются условия для развития плодов (шишек) и для развития вредителей вегетативных и генеративных органов. В случае защиты плодов и семян очень часто необходимо проведение двух и даже трёх обработок. Проведением первой обработки, направленной на предотвращение проникновения или откладки яиц вредителями в завязи, которая является профилактической, производственники, как правило, пренебрегают, в результате чего последующие обработки теряют смысл [2].

В связи с тем, что лесное хозяйство направлено на получение максимальной продукции, у производителей существует твёрдая установка на замену производных насаждений на коренные или близкие к ним. *С экологических же позиций это не совсем оправдано.* В бедных лесорастительных условиях или на землях, подверженных эрозии, важнее сохранить эти насаждения, дающие кислород, удерживающие влагу и защищающие почву, чем вырубить их и ожидать, пока вырастут через несколько десятилетий новые леса, которые неизвестно ещё будут ли более продуктивными и устойчивыми. Высказывания лесоводов о том, что производные леса утратили устойчивость к вредителям и болезням, не выдерживают критики, поскольку чем более богат видовой состав насаждений, тем меньше вероятность возникновения очагов вредных организмов [2].

**Выводы.** На основе комплексных исследований, проведённых учёными Украины,

– уточнён видовой состав вредных насекомых для дубовых и сосновых насаждений, а также сроки проведения защитных и санитарных мероприятий;

– усовершенствованы методы учёта и прогнозирования вредных насекомых;

– предложена и апробирована балльная оценка привлекательности насаждений для наиболее распространённых хвоелистогрызущих насекомых, что даёт возможность прогнозировать уровень угрозы повреждения кроны в отдельных выделах по материалам лесоустройства, строить карты угрозы, определять потенциальную площадь повреждённых насаждений и её изменения при изменении возраста, полноты, состава древостоя;

– рассчитаны коэффициенты для прогнозирования отпада деревьев после вспышки рыжего и обыкновенного сосновых пилильщиков для отдельных типов лесорастительных условий с учётом уровня дефолиации и начального санитарного состояния деревьев;

– предложен алгоритм для прогнозирования заселённости стволовыми вредителями деревьев в сосновых насаждениях, ослабленных разными факторами, с учётом частоты заселения стволовыми вредителями деревьев отдельных категорий санитарного состояния и распределения деревьев по категориям санитарного состояния;

– усовершенствованы методические подходы к определению видового состава офиостомовых грибов, связанных с короедами, и подтверждению постулатов Коха относительно возможности переноса короедами этих грибов;

– начато изучение впервые отмеченных на востоке Украины адвентивных видов насекомых (в том числе молей-минеров, клопа *Leptoglossus occidentalis*) и возбудителей болезней – дотистромоза сосны и усыхания ясеня.

Требуется в ближайшей перспективе уточнить дифференцированно по регионам и лесорастительным условиям:

– особенности биологии, развития и распространения вредных организмов, в том числе адвентивных;

– связи между плотностью популяций вредных организмов и уровнем повреждения насаждений;

– связи между уровнем повреждения насаждений и их реакцией с учётом исходного состояния насаждений, интенсивности и продолжительности воздействия природных и антропогенных факторов;

– уделить большее внимание изучению особенностей биологии и распространения возбудителей болезней леса, их взаимодействию с насекомыми-переносчиками;

– глубже изучить вопросы, связанные с защитой посадочного материала при выращивании в теплицах и питомниках, несомкнутых лесных культур, селекционных объектов и семенных плантаций, декоративных насаждений населённых пунктов от вредных организмов.

## Список литературы

1. Мешкова, В. Л. Современные проблемы лесной энтомологии и защиты леса на Украине / В. Л. Мешкова // Болезни и вредители в лесах России: век XXI. Материалы Всероссийской конференции с международным участием и V ежегодных чтений памяти О. А. Катаева. Екатеринбург, 20–25 сентября 2011 г. – Красноярск: ИЛ СО РАН, 2011. – С. 18–20.
2. Мешкова, В. Л. Наукові й виробничі проблеми захисту лісу / В. Л. Мешкова // Лісове і садово-паркове господарство / Редкол.: Д. О. Мельничук (відп. ред.) та ін. – Київ.: ЦП «Компринт», 2012. – № 2. – С. 96–114.
3. Мешкова, В. Л. Сезонное развитие хвоелистогрызущих насекомых / В. Л. Мешкова. – Харьков: Новое слово, 2009. – 396 с.
4. Мешкова, В. Л. Підходи до оцінювання шкідливості комах-хвоелистогризів / В. Л. Мешкова // Український ентомологічний журнал. – 2013. – № 1 (6). – С. 79–89.
5. Мешкова, В. Л. Прогнозування поширення осередків комах-хвоегризів у Дослідному лісництві Степового філіалу УкрНДІЛГА / В. Л. Мешкова, С. В. Назаренко // Lisovuj Jurnal [Forest Journal]. – 2011. – № 2. – С. 40–47.
6. Мешкова, В. Л. Сезонна динаміка чисельності соснового підкорового клопа у соснових культурах свіжого бору / В. Л. Мешкова, І. О. Бобров // Вісник ХНАУ. Сер.: Фітопатологія та ентомологія. – 2011. – № 9. – С. 102–109.
7. Мешкова, В. Л. Заселеність 6–12-річних лісових культур сосновим підкоровим клопом (*Aradus cinnatomeus* Panz.) залежно від типу лісорослинних умов і схеми змішування / В. Л. Мешкова, І. О. Бобров // Наукові праці Лісівничої Академії наук України: збірник наукових праць. – Львів: РВВ НЛТУ України, 2012. – Вип. 10. – С. 139–143.
8. Мешкова, В. Л. Дефолиация и санитарное состояние деревьев сосны в очаге рыжего соснового пилильщика в свежей субори (В<sub>2</sub>) Луганской области / В. Л. Мешкова, М. С. Коленкина // Лесоведение. – 2014. – № 1. – С. 34–41.
9. Зинченко, О. В. Динамика санитарного состояния деревьев сосны в насаждениях, ослабленных разными факторами / О. В. Зинченко // Научные ведомости БелГУ. – 2013. – Вып. 23, № 10 (153). – С. 13–19.
10. Демаков, Ю. П. Защита растений. Жизнеспособность и жизнестойкость древесных растений: Учебное пособие / Ю. П. Демаков. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2002. – 74 с.
11. Мешкова, В. Л. Чинники мінливості критичної чисельності комах-хвоелистогризів / В. Л. Мешкова // Вісник ХНАУ. Сер.: Фітопатологія та ентомологія. – 2010. – № 1. – С. 85–90.
12. Нормативи оцінки компонентів надземної фітомаси дерев головних лісотвірних порід України / Лакида П. І. та інші. – Київ: Видавничий дім «ЕКО-інформ», 2011. – 192 с.
13. Мешкова, В. Л. Насекомые и возбудители болезней ясеня на востоке Украины / В. Л. Мешкова, Е. В. Давиденко // Современное состояние и перспективы охраны и защиты лесов в системе устойчивого развития: Материалы Международной научно-практической конференции, Гомель, 9–11 октября 2013 г. / Ин-т леса НАН Беларуси. – Гомель: Ин-т леса НАН Беларуси, 2013. – С. 96–100.
14. Davydenko, K. Fungi in foliage and shoots of *Fraxinus excelsior* in eastern Ukraine: a first report on *Hymenoscyphus pseudoalbidus* / K. Davydenko, R. Vasaitis, J. Stenlid, A. Menkis // Forest Pathology. – 2013. – Vol. 43. – Pp. 462–467.
15. Мешкова, В. Л. Сезонное развитие инвазивных молей-минеров в зеленых насаждениях г. Харькова / В. Л. Мешкова, И. Н. Микулина // Экологические и экономические последствия инвазий дендрофильных насекомых. Материалы Всероссийской конференции с международным участием. Красноярск, 25–27 сентября 2012 г. – Красноярск: ИЛ СО РАН, 2012. – С. 168–171.
16. Meshkova, V. Host specificity of some Gracilariid leafminers / V. Meshkova, I. Mikulina, V. Shatrovskaja // Recent Developments in Research and Application of Viruses in Forest Health Protection/Edited by Research Inst. of Forest Ecology, Environment and protection, Chinese Academy of Forestry and Russian Res. Inst. for Silviculture and Mechanization of Forestry. – Beijing: China Forestry Publishing House, 2013. – No1. – Pp. 13–27.
17. Мешкова, В. Л. Энтомофаги адвентивных молей-минеров в зеленых насаждениях Харьковщины / В. Л. Мешкова, И. Н. Микулина // Современное состояние и перспективы охраны и защиты лесов в системе устойчивого развития: Материалы Международной научно-практической конференции, Гомель, 9–11 октября 2013 г. / Ин-т леса НАН Беларуси. – Гомель: Ин-т леса НАН Беларуси, 2013. – С. 92–96.
18. Мешкова, В. Л. Целесообразность и сроки проведения санитарных мероприятий в лесах с учетом сроков сезонного развития насекомых и особенностей микроклимата / В. Л. Мешкова // Наука о лесе XXI века: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию Института леса НАН Беларуси, Гомель, 17–19 ноября 2010 г. – Гомель: Институт леса НАН Беларуси, 2010. – С. 352–356.
19. Мешкова, В. Л. Соснові лубоїди як індикатори наслідків лісових пожеж у соснових насадженнях Херсонської області / В. Л. Мешкова, С. В. Назаренко // Лісівництво і агролісомеліорація. – Харків, 2009. – Вип. 116. – С. 36–44.

20. Мешкова, В. Л. Ветровалы и буреломы в сосновых лесах Северо-Востока Украины / В. Л. Мешкова, А. В. Товстуха, Т. С. Пивовар // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2013. – № 3 (19). – С. 53–64.
21. Мозолевская, Е. Г. Оценка вредоносности стволовых вредителей / Е. Г. Мозолевская. – М.: МЛТИ, 1974. – Вып. 65 – С. 124 – 132.
22. Мешкова, В. Л. Вредоносность ксилобионтов на дубовых вырубках в Левобережной Украине / В. Л. Мешкова, О. Н. Кукина // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2011. – Вып. 196. – С. 238–245.
23. Скрыльник, Ю. Е. Общая вредоносность насекомых-ксилофагов сосны обыкновенной в Левобережной Лесостепи Украины / Ю. Е. Скрыльник // Структурно-функциональные изменения в популяциях и сообществах на территориях с разным уровнем антропогенной нагрузки: материалы XII междунар. научно-практической конф., 9–12 октября 2012 г. – Белгород: Белгородский государственный национальный исследовательский университет, 2012. – С. 200–201.
24. Демаков, Ю. П. Диагностика устойчивости лесных экосистем (методологические и методические аспекты): Научное издание / Ю. П. Демаков. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2000. – 416 с.
25. Мешкова, В. Л. Заселеність стовбуровими комахами соснових насаджень, ослаблених різними чинниками / В. Л. Мешкова, О. В. Зінченко // Вісник Харківського національного аграрного університету. Сер.: Фітопатологія та ентомологія. – 2013. – № 10. – С. 126–131.
26. Методичні рекомендації щодо обстеження осередків стовбурових шкідників лісу / відповідальний укладач В. Л. Мешкова – Харків: УкрНДІЛГА, 2011. – 27 с.
27. Мешкова, В. Л. Популяционные показатели дубового заболонника *Scolytus intricatus* (Ratzeburg, 1837) (Coleoptera: Scolytidae) при заселении порубочных остатков / В. Л. Мешкова, О. Н. Кукина // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2010. – Вып. 192. – С. 167–174.
28. Скрыльник, Ю. Е. Фенологічні особливості льоту комах-ксилофагів сосни звичайної у Лівобережному Лісостепу України / Ю. Е. Скрыльник // Известия Харьковского энтомологического общества. – 2011. – Т. XIX, вып. 1. – С. 47–56.
29. Давиденко, К. В. Поширеність збудників хвороб хвої та пагонів в однорічних соснових культурах Харківської області / К. В. Давиденко, В. Л. Мешкова // Вісник ХНАУ. Сер.: Фітопатологія та ентомологія. – 2011. – № 9. – С. 57–62.
30. Мешкова, В. Л. Пухирчаста іржа сосни звичайної у лісах Сумщини / В. Л. Мешкова, О. В. Товстуха // Вісник ХНАУ. Сер.: Фітопатологія та ентомологія. – 2011. – № 9. – С. 116–121.
31. Barnes, I. New host and country records of the *Dothistroma* needle blight pathogens from Europe and Asia / I. Barnes, T. Kirisits, A. Akulov, D. B. Chhetri, B. D. Wingfield, T. S. Bulgakov, M. J. Wingfield // Forest Pathology. – 2008. – Vol. 38. – Pp. 178–195.
32. Мешкова, В. Л. Офиостомовые грибы, переносимые короедами-корнежилами в сосновых культурах Левобережной Украины / В. Л. Мешкова, Е. В. Давиденко // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2012. – Вып. 200. – С. 106 – 113.
33. Мешкова, В. Л. Платановая моль-пестрянка, *Phyllonorycter platani* (Staudinger, 1870) (Lepidoptera: Gracillariidae) в Херсонской области / В. Л. Мешкова, С. В. Назаренко // Известия Харьковского энтомологического общества. – 2012. – Т. XX, вып. 2. – С. 63–64.
34. Putshkov, P. V. The North American intruder *Leptoglossus occidentalis* Heidemann (Heteroptera: Coreidae) settled down in Ukraine / P. V. Putshkov, A. I. Gubin, G. V. Popov, V. I. Kalesnik, V. V. Syzhko // Українська ентомофауністика. – 2012. – № 3(3). – 1–3.
35. Рубцов В. В. Филлофаги лесных экосистем в условиях изменяющегося климата / В. В. Рубцов, И. А. Уткина // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2010. – № 3(10). – С. 3–15.
36. Доповнення до переліку пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні / Мін. екології та природних ресурсів України. – Офіц. видання. – Київ: Юнівест Медіа, 2013. – 399 с.
37. Meshkova, V. Natural and artificial epizooties of virus diseases of forest insects in Ukraine / V. Meshkova // Recent developments in research and application of viruses in forest health protection. – Pushkina-Beijing, 2010. – Pp. 59 – 72.
38. Мешкова, В. Л. Визначення оптимальних термінів оброблення насаджень вірусним препаратом проти рудого соснового пильщика у Нижньому Придніпров'ї / В. Л. Мешкова, С. В. Назаренко // Наукові праці Лісівничої академії наук України: Збірник наукових праць. – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2011. – № 9. – С. 143–146.
39. Мешкова, В. Л. Щільність личинок і заселення деревини сосни звичайної чорним сосновим вусачем після застосування інсектицидів / В. Л. Мешкова, Ю. Е. Скрыльник, О. В. Зінченко // Вісник ХНАУ. Сер.: Фітопатологія та ентомологія. – 2011. – № 9. – С. 110–115.
40. Бобров, І. О. Ефективність застосування інсектицидів проти соснового підкорового клопа / І. О. Бобров // Вісник ХНАУ. Сер.: Фітопатологія та ентомологія. – 2012. – № 11. – С. 28 – 33.

Статья поступила в редакцию 19.12.13.

Ссылка на статью: Мешкова В. Л. Защитные леса и защитное лесоводство в устойчивом лесопользовании // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2014. – № 2 (22). – С. 5-20.

### Информация об авторе

*МЕШКОВА Валентина Львовна* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий лабораторией защиты леса, Украинский НИИ лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г.Н. Высоцкого. Область научных интересов – динамика популяций лесных насекомых, влияние биотических, абиотических и антропогенных факторов на состояние лесов. Автор более 360 публикаций, в том числе двух монографий и двух учебных пособий.

## ADVANCE AND TASKS OF FOREST PROTECTION IN THE UKRAINE

**V. L. Meshkova**

Ukrainian Research Institute of Forestry & Forest Melioration named after G.N. Vysotskiy,  
86, Pushkinskaya St., Kharkov-24, Ukraine, 61024  
E-mail: Valentynameshkova@gmail.com

**Key words:** forest protection; needle and foliage chewing insects; stem pests; forest diseases; adventitious species.

### ABSTRACT

The main researches on forest protection in the territory of the Ukraine were carried out in oak (*Quercus robur*) and pine (*Pinus sylvestris*) stands which were the most common to the territory. In recent years high attention was paid to the organisms, which damage ash (*Fraxinus excelsior*) in connection with worsening of condition of its stands. It was shown that Ukrainian forests were the most weakened in the eastern and southern regions. This situation is explained by deficit of precipitation and higher continentality of climate (it is unfavorable for forest growth, but favorable for development of outbreaks of harmful insects). The purpose of this research was to offer the advances of Ukrainian researchers – forest protectors in solution of scientific and applied tasks as well as to define the perspective tasks in this field of investigation. The base of this review are the scientific publications of researchers on the issues of forest protection in the Ukraine for the last five years. Lists of harmful insects for oak and pine stands were specified, methods of calculation and prediction of such insects were improved, dates of forest protective and sanitary measures were adjusted. A score system of stand attractiveness for the most spread needle and foliage chewing insects was developed and tested. The system gives the possibility to predict the threat of crown damage in separate forest plots using forest inventory data, to draw the maps of threat, to evaluate the potential area of damaged stands and its changes after changes of age, density and species composition of the forest. Coefficients for prediction of mortality of trees after outbreak of pine sawflies were calculated for certain forest site conditions taking into account the level of defoliation and initial sanitary condition of trees. The algorithm for prediction of colonization of trees by stem pests in pine stands, weakened by different actions, taking into account the frequency of colonization by stem pests, the trees of different categories of sanitary condition and distribution of trees by categories of sanitary condition, was suggested. Methodical approaches to determination of species composition of ophiostomoid fungi, related with bark beetles, as well as supporting the Koch's postulates on possibility of vectoring of these fungi by bark beetles were adjusted. Adventitious insects (including leaf-miners, *Leptoglossus occidentalis* bug) and fungi (pathogens of ash dieback and *Dothistroma* needle blight) were recorded in the East of the Ukraine. It was shown that in the nearest future it would be necessary to adjust the peculiarities of biology, development and spread of harmful forest organisms in different forest site conditions and different regions of the Ukraine as well as to evaluate relations between population density of harmful organisms and the level of stand damage taking into account the initial stand condition, intensity and duration of natural and anthropogenic actions. It is important to pay more attention to researches of peculiarities of biology and spread of forest diseases and their interaction with vectoring insects. In-depth study of the problems on protection of plant material in green houses and nurseries, unclosed forest plantations, objects of breeding, seed plantations, ornamental stands of settlements from harmful organisms (adventitious insects are included) is planned.

### REFERENCES

1. Meshkova V.L. Sovremennyye problemy lesnoy entomologii i zashchity lesa na Ukraine [Modern Problems of Forest Entomology and Forest Protection in the Ukraine]. *Bolezni i vrediteli v lesakh Rossii: vek XXI. Materialy Vserossiyskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem i V ezhegodnykh chteniy pamyati*

O.A. Kataeva (Ekaterinburg, 20–25 sentyabrya 2011 g.) [Diseases and Pests in the Forests of Russia: XXI Century. Proceedings of All-Russian conference with international participation and V annual reading in memory of O.A.Kataev (Ekaterinburg, September 20–25, 2011)]. Krasnoyarsk: IL SO RAN, 2011. Pp. 18–20.

2. Meshkova V.L. Naukovi i vyrobnychi problemy zakhistu lisu [Scientific and Practical Problems of Forest Protection]. *Lisove i sadovo-parkove gospodarstvo* [Forest and Landscape Management]. Kyiv: TSP «Komprint», 2012. No 2. Pp. 96-114.

3. Meshkova V.L. *Sezonnoe razvitie khvoelstogryzushchikh nasekomykh* [Seasonal Reproduction of Needle and Foliage Chewing Insects]. Kharkov: Novoe slovo, 2009. 396 p.

4. Meshkova V.L. Pidkhody do otsinuvannya shkidlyvosti komakh-khvoelystogryziv [Approaches to Evaluation of Injuriousness of Needle and Foliage Chewing Insects]. *Ukrainskiy entomologichnyi zhurnal* [Ukrainian Entomological Journal]. 2013. No 1(6). Pp. 79–89.

5. Meshkova V.L., Nazarenko S.V. Prognozuvannya poshirennya oseredkiv komakh-khvoegryziv u Doslidnomu lisnytstvi Stepovogo filialu UkrN-DOLHA [Prediction of Spread of Foci of Needle and Foliage Chewing Insects in Experimental Forestry of Steppe Branch of URIFFM]. *Lisovyj Zhurnal* [Forest Journal]. 2011. No 2. Pp. 40–47.

6. Meshkova V.L., Bobrov I.O. Sezonna dynamika chislenosti sosnovogo podkornogo klopa v osnovnykh kulturakh svizhogo boru [Seasonal Dynamics of Population of Bark Bug in Pine Plantations of Fresh Pine Wood]. *Visnyk Kharkivskogo Natsionalnogo Agrarnogo Universytetu im. V.V. Dokuchayeva. Ser.: Fitopatologiya i entomologiya* [Vestnik of Kharkov National Agrarian University. Ser.: Phytopathology and Entomology]. 2011. No 9. Pp. 102–109.

7. Meshkova V.L., Bobrov I.O. Zaselenist 6–12-richnykh lisovykh kultur sosnovym pidkorovym kloptom (*Aradus cinnamomeus* Panz) zalezho vid typu lisoroslynnykh umov i skhemy zmishuvannya [Colonization of 6–12-year Old Forest Plantations by Pine Bark Bug (*Aradus cinnamomeus* Panz) Depending on Forest Site Conditions and Mixture Scheme of Tree Species]. *Naukovi Pratsi Lisivnychoyi Akademii nauk Ukrainy: zbirnyk naukovykh prats* [Scientific transactions of Forest Academy of Sciences of Ukraine: proceedings]. Lviv: RVV NLTU Ukrainy, 2012. Iss. 10. Pp. 139–143.

8. Meshkova V.L., Kolenkina M.S. Defoliatsiya i sanitarnoe sostoyanie derev sosny v ochage ryzhego sosnovogo pililshchika v svezhey subori (B<sub>2</sub>) Luganskoy oblasti [Defoliation and Sanitary Condition of Pine Trees in the Foci of European Pine Sawfly in the Fresh Subour (B<sub>2</sub>) of Lugansk Region]. *Lesovedenie* [Forestry]. 2014. No 1. Pp. 34–41.

9. Zinchenko O. V. Dynamika sanitarnogo sostoyaniya derev sosny v nasazhdeniyakh, osla-

blennykh raznymi factorami [Dynamics of Sanitary Condition of Pine in the Stands, Weakened by Different Factors]. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo Gosudarstvennogo Universiteta* [Scientific News of Belgorod State University]. 2013. Iss. 23. No 10 (153). Pp. 13–19.

10. Demakov Yu. P. *Zashchita rasteniy. Zhiznesposobnost i zhiznestoykost drevesnykh rasteniy: uchebnoe posobie* [Plant Protection. Viability and Vital Capacity of Arboreal Plants: study guide]. Yoshkar-Ola: MarSTU, 2002. 74 p.

11. Meshkova V.L. Chynnyky minlyvosti krytychnoi chislenosti komakh-khvoelystogryziv [Factors of Variability of Threshold of Population Density for Needle and Foliage Chewing Insects]. *Visnyk Kharkivskogo Natsionalnogo Agrarnogo Universytetu im. V.V. Dokuchayeva. Ser.: Fitopatologiya i entomologiya* [Vestnik of Kharkov National Agrarian University. Ser.: Phytopathology and Entomology]. 2010. No 1. Pp. 85–90.

12. Lakida P.I. *Normativy otsinky komponentiv nadzemnoi fitomasy derev golovnykh lisotvirnykh porid Ukrainy* [Standards of Evaluation of Components of Overground Phytomass of the Main Forest Forming Species of the Ukraine]. Kyiv: Vydavnychiy dim «EKO-inform», 2011. 192 p.

13. Meshkova V.L., Davidenko E.V. Nasekomye i vobuditeli bolezney yasenya na vostoce Ukrainy [Insects and Pathogens of Ash Diseases in the East of the Ukraine]. *Sovremennoe sostoyanie i perspektivy okhrany i zashchity lesov v sisteme ustoychivogo razvitiya: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* (Gomel, 9–11 oktyabrya 2013 g.) [Present-Day Situation and Perspective of Preservation and Protection of Forest in the System of Sustainable Forest Development: proceedings of International scientific & practical conference (Gomel, October, 9–11, 2013)]. Gomel: Institut lesa NAN Belorusi. 2013. Pp. 96–100.

14. Davydenko K., Vasaitis R., Stenlid J., Menkis A. Fungi in Foliage and Shoots of *Fraxinus Excelsior* in Eastern Ukraine: a first report on *Hymenoscyphus pseudoalbidus*. *Forest Pathology*. 2013. Vol. 43. Pp. 462–467.

15. Meshkova V.L., Mikulina I.N. Sezonoie razvitie invazionnykh molei-minerov v zelenykh nasazhdeniyakh goroda Kharkova [Seasonal Propagation of Invasive Moth-Miners in Green Stands of Kharkov]. *Ekologicheskie i ekonomicheskie posledstviya invaziy dendrofilnykh nasekomykh. Materialy Vserossiyskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* (Krasnoyarsk, 25–27 sentyabrya 2012 g.) [Ecological and Economical Consequences of Invasion of Dendrophilous Insects. Proceedings of All-Russian conference with international participation (Krasnoyarsk, September 25-27, 2012)]. Krasnoyarsk: IL SO RAN, 2012. Pp. 168–171.

16. Meshkova V., Mikulina I., Shatrovskaya V. Host Specificity of Some Gracilariid Leafminers. Re-

cent Developments in Research and Application of Viruses in Forest Health Protection. Edited by Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry and Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry. Beijing: China Forestry Publishing House, 2013. No 1. Pp. 13–27.

17. Meshkova V.L., Mikulina I.T. Entomofagi adventivnykh molev-minerov v zelenykh nasazhdeniyakh Kharkovshchiny [Entomophages of Adventive Moths-Miners in Green Stands of Kharkov Region]. *Sovremennoe sostoyanie i perspektivy okhrany i zashchity lesov v sisteme ustoychivogo razvitiia: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* (Gomel, 9–11 oktyabrya 2013 g.) [Present-Day Situation and Perspective of Preservation and Protection of Forests in the System of Sustainable Forest Development: proceedings of International scientific & practical conference (Gomel, October, 9–11, 2013)]. Institut lesa NAN Belorusi, 2013. Pp. 92–96.

18. Meshkova V.L. Tselesoobraznost i sroki provedeniya sanitarnykh meropriyatiy v lesakh s uchetom srokov sezonogo razvitiya nasekomykh i osobennostey mikroklimate [Reasonability and Dates of Sanitary Measures in the Forests, Taking into Account the Terms of Seasonal Development of Insects and Peculiarities of Microclimate]. *Nauka o lese XXI veka: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 80-letiyu Instituta lesa NAN Belarusi* (Gomel, 17–19 Noyabrya 2010 g.) [Science about Forest of XXI Century: proceedings of International scientific & practical conference devoted to 80<sup>th</sup> anniversary of the Institute of Forest of NAS of Belarus (Gomel, November 17–19, 2010)]. Gomel: Institut lesa NAN Belorusi, 2010. Pp. 352–356.

19. Meshkova V.L., Nazarenko S.V. Sosnovye luboedy kak indicatory naslidkiv lisovykh pozhezh u sosnovykh nasazhennykh Khersonskoy oblasti [Pine Shoot Beetles as Indicators of Consequences of Forest Fires in Pine Stands]. *Lisivnytstvo i agrolisomelioryatsiya* [Forestry & Forest Melioration]. Kharkov: UkrNDILGA, 2009. Iss. 116. Pp. 36–44.

20. Meshkova V.L., Tovstukha A.V., Pyvovar T.S. Vetrovaly i burelomy v sosnovykh lesakh severo-vostoka Ukrainy [Windfalls and Windbreaks in Pine Stands in the North-East of the Ukraine.]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopolzovaniye*. [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2013. No3. Pp.53–64.

21. Mozolevskaya E. G. *Otsenka vredonosnosti stvolovykh vrediteley* [Evaluation of Harmfulness of Stem Pests.]. Moscow: MLTI, 1974. Iss. 65. Pp. 124–132.

22. Meshkova V.L., Kukina O.N. Vrednosnost ksilobiontov na dubovykh vyrubkakh v Levoberezhnoy Ukraine [Harmfulness of Xylobionts in the Oak Clear-Cuts in the Left-Bank Part of the Ukraine].

*Izvestiya Sankt-Peterburzhskoy lesotekhnicheskoy akademii* [News of St. Petersburg Forest Technical Academy.]. SPb, 2011. Iss. 196. Pp. 238–245.

23. Skrylnik Yu.E. Obshchaya vredonosnost nasekomykh-ksilofagov sosny obyknovnoy v Levoberezhnoy Lesostepi Ukrainy [General Harmfulness of Xylophagous Insects of Scotch Pine in the Left-Bank Forest Steppe of the Ukraine]. *Strukturno-funktionalnye izmeneniya v populatsiyakh i soobshchestvakh na territoriyakh s raznym urovnem antropogenno nagruzki: materialy XII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, 9–12 oktyabrya 2012 g.* [Structural & Functional Changes in Populations and Communities in the Territories with Different Level of Anthropogenic Load: proceedings of XII International scientific & practical conference, October 9–12, 2012]. Belgorod, 2012. Pp. 200–201.

24. Demakov Yu. P. Diagnostika ustoychivosti lesnykh ekosistem (metodologicheskiye i metodicheskiye aspekty): nauchnoye izdanie [Diagnostics of Stability of Forest Ecosystems (methodological and methodical aspects): scientific edition]. Yoshkar-Ola, 2000. 416 p.

25. Meshkova V. L., Zinchenko O.V. Zaselenist stovburovymy komakhamy sosnovykh nasazhden, oslablenykh riznymi chinnykamy [Colonization by Stem Insects of Pine Stands, Weakened by Different Factors]. *Visnyk Kharkivskogo Natsionalnogo Agrarnogo Universytetu im. V.V. Dokuchayeva. Ser.: Fitopatologiya i entomologiya* [Vestnik of Kharkov National Agrarian University. Ser.: Phytopathology and Entomology]. 2013. No 10. Pp. 126–131.

26. Meshkova V. L. *Metodichni rekomendatsii shchodo obstezhennya oseredkiv stovburovykh shkidnykiv lisu* [Methodical Recommendations on Inspection of Foci of Stem Forest Pests]. Kharkov : UkrNDILHA, 2011. 27 p.

27. Meshkova V.L., Kukina O.N. Populatsionnyye pokazateli dubovogo zabolonnika *Scolytus intricatus* (Ratzeburg, 1837) (Coleoptera: Scolytidae) pri zaselenii porubochnykh ostatkov [Population Indices of Oak Bark Beetle *Scolytus intricatus* (Ratzeburg, 1837) (Coleoptera: Scolytidae) at Colonization of Felling Debris]. *Izvestiya Sankt - Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii* [Transactions of St. Petersburg Forest Technical Academy]. SPb., 2010. Iss. 192. Pp. 167–174.

28. Skrylnik Yu.E. Fenologichni osoblyvosti lyotu komakh ksylofagiv sosny zvychnoy u Livoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [Phenological Peculiarities of Swarming of Xylophagous Insects of Scotch Pine in the Left-Bank Forest Steppe of the Ukraine]. *Izvestiya Kharkovskogo entomologicheskogo obshchestva* [The Kharkov Entomological Society Gazette]. 2011. Vol. XIX. Iss. 1. Pp. 47–56.

29. Davydenko K.V., Meshkova V.L. Poshrenist zbudnykiv khvorob khvoi ta pagoniv v odnorichnykh sosnovykh kulturakh Kharkovskoy oblasti [Spread of Pathogens in the One-year Pine Planta-

tions in Kharkov Region]. *Visnyk Kharkivskogo Natsionalnogo Agrarnogo Universytetu im. V.V. Dokuchayeva. Ser.: Fitopatologiya i entomologiya* [Vestnik of Kharkov National Agrarian University. Ser.: Phytopathology and Entomology]. 2011. No 9. Pp. 57–62.

30. Meshkova V.L., Tovstukha O.V. Pukhirschasta irzha sosny zvychnoi u lisakh Sumshchiny [Scotch Pine Blister Rust in the Forests of Sumy Region]. *Visnyk Kharkivskogo Natsionalnogo Agrarnogo Universytetu im. V.V. Dokuchayeva. Ser.: Fitopatologiya i entomologiya* [Vestnik of Kharkov National Agrarian University. Ser.: Phytopathology and Entomology]. 2011. No 9. Pp. 116–121.

31. Barnes I., Kirisits T., Akulov A., Chhetri D.B., Wingfield B.D., Bulgakov T.S., Wingfield M.J. New Host and Country Records of the Dothistroma Needle Blight Pathogens from Europe and Asia. *Forest Pathology*. 2008. Vol. 38. Pp. 178–195.

32. Meshkova V.L., Davidenko E.V. Ofiostomoye gryby, perenosimy koroedami-kornezhilami v sosnovykh kulturakh Levoberezhnoy Ukrainy [Ophiostomatoid Fungi, Vected by Bark-Beetles (*Hylastes* sp.) in Pine Plantations of the Left-bank Ukraine]. *Izvestiya Sankt - Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii* [News of St. Petersburg Forest Technical Academy]. SPb., 2012. Iss. 200. Pp. 106 – 113.

33. Meshkova V.L., Nazarenko S.V. Platanovaya mol-pestryanka, *Phyllonorycter platani* (Staudinger, 1870) (Lepidoptera: Gracillariidae) v Khersonskoy oblasti [Leaf Miner Moth, *Phyllonorycter platani* (Staudinger, 1870) in Kherson Region]. *Izvestiya Kharkovskogo entomologicheskogo obshchestva* [The Kharkov Entomological Society Gazette]. 2012. Vol. XX, Iss. 2. Pp. 63–64.

34. Putshkov P.V., Gubin A.I., Popov G.V., Kalesnik V.I., Syzhko V. V. The North American Intruder *Leptoglossus occidentalis* Heidemann (Heteroptera: Coreidae) Settled down in the Ukraine. *Ukrainska Entomofaunistyka* [Ukrainian Entomofaunistics]. 2012. Vol. 3(3). Pp. 1–3.

35. Rubtsov V. V., Utkina I.A. Fillofagi lesnykh ekosistem v usloviyakh izmenyayushchegosya klimata [Phyllophages in Forest Ecosystems under Climate Change Conditions. Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Les.

Ekologiya. Prirodopolzovanie [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2010. No 3(10). Pp. 3–15.

36. Dopovnennya do pereliku pestytsydiv i agrokhimikativ, dozvolenykh do vykorystannya v Ukraini [Attachment to the List of Pesticides and Agrochemicals, Legalized for Use in the Ukraine]. *Ministerstvo ekologii ta pryrodnykh resursov Ukrainy. Ofitsiynе vydannya* [Ukrainian Ministry of Ecology and Natural Resources. Official edition]. Kyiv: Yunivest Media, 2013. 399 p.

37. Meshkova V. Natural and Artificial Epizooties of Virus Diseases of Forest Insects in the Ukraine. Recent Developments in Research and Application of Viruses in Forest Health Protection. Pushkina-Beijing, 2010. Pp. 59 – 72.

38. Meshkova V.L., Nazarenko S.V. Vyznachennya optimalnykh terminiv obroblennya nasadzen virusnym preparatom proty rudogo sosnovogo pylshchika u Nyzhnyomu Prydniprovyi [Evaluation of Optimal Dates of Treatment of Stands with Viral Preparation against *Neodiprion sertifer* Geoffr. in the Low Dnieper Region]. *Naukovi Pratsi Lisivnychoyi Akademii nauk Ukrainy: zbirnyk naukovykh prats* [Scientific transactions of Forest Academy of Sciences of the Ukraine: proceedings]. Lviv: RVV NLTU Ukrainy, 2011. No 9. Pp. 143–146.

39. Meshkova V.L., Skirnyk Yu.E., Zinchenko O.V. Shchilnist lichinok i zaselelnya derevyny sosny zvychnoi chornym sosnovym vusachem pislya zastosuvannya insektsidov [Larvae Density and Colonization Level of Pine Logs by *Monochamus galloprovincialis* after Treatment with Insecticides]. *Visnyk Kharkivskogo Natsionalnogo Agrarnogo Universytetu im. V.V. Dokuchayeva. Ser.: Fitopatologiya i entomologiya* [Vestnik of Kharkov National Agrarian University. Ser.: Phytopathology and Entomology]. 2011. No 9. Pp. 110–115.

40. Bobrov I.O. Efektivnist zastosuvannya insektsydiv proty sosnovogo pidkorovogo klopa [Effectiveness of Use of Insecticides against Pine Bark Bug]. *Visnyk Kharkivskogo Natsionalnogo Agrarnogo Universytetu im. V.V. Dokuchayeva. Ser.: Fitopatologiya i entomologiya* [Vestnik of Kharkov National Agrarian University. Ser.: Phytopathology and Entomology]. 2012. No 11. Pp. 28 – 33.

The article was received 19.12.13.

**Citation for an article:** Meshkova V.L. Advance and tasks of forest protection in the Ukraine. Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management. 2014. No 2(22). Pp. 5-20.

#### Information about the author

**MESHKOVA Valentina Lvovna** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of Laboratory of Forest Protection, Ukrainian Research Institute of Forestry & Forest Melioration named after G.N. Vysotskiy. Research interests – population dynamics of forest insects, influence of biotic, abiotic and anthropogenic factors on forest condition. The author of over 360 publications, including 2 monographs and 2 study guides.

УДК 630\*165.6 + 630\*232.311.3

## МНОГОМЕРНАЯ ОЦЕНКА ПЛЮСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (PINUS SYLVESTRIS L.) ПО ВЫХОДУ СЕМЯН ИЗ ШИШЕК

Н. Н. Бессчетнова<sup>1</sup>, В. П. Бессчетнов<sup>1</sup>, С. А. Денисов<sup>2</sup>, В. Л. Черных<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия,  
603107, Российская Федерация, Нижний Новгород, пр. Гагарина, 97  
E-mail: Besschetnova1966@mail.ru

<sup>2</sup>Поволжский государственный технологический университет,  
Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3  
E-mail: DenisovSA@volgatech.net

*Плюсовые деревья сосны обыкновенной существенно различаются показателями выхода семян из шишек. Комплекс этих показателей выступает надёжным критерием оценки селекционных преимуществ плюсовых деревьев. Дисперсионный, факторный и кластерный анализы установили степень генотипической близости плюсовых деревьев в составе лесосеменных плантаций. Привлечение методов многомерного анализа расширяет арсенал существующих методов селекционной оценки накопленного потенциала плюсовых деревьев.*

**Ключевые слова:** сосна обыкновенная; плюсовые деревья; клоны; лесосеменные плантации; выход семян; многомерный анализ.

**Введение.** Интенсификация и устойчивое развитие лесного хозяйства выступает одним из приоритетов модернизации этой отрасли в Российской Федерации [1]. Ключевым компонентом такой стратегии является воспроизводство в кратчайшие сроки эксплуатируемых насаждений хозяйственно ценными породами и повышение их продуктивности на основе активного внедрения технологических и селекционных достижений [1–4]. Совершенствование созданной в стране постоянной лесосеменной базы (ПЛСБ) является неременным условием успешного функционирования отечественной системы лесного семеноводства [1, 5 – 7]. Её эффективность и надёжность во многом определяются качеством и широтой накопленного ассортимента плюсовых деревьев [6–9]. Проблема его формирования и оптимизации рассматривается как одна из наиболее сложных в современной лесной селекции [7, 10–15]. Для решения связанных с ней задач требуется всесторонняя оценка многочисленных клонов, введённых в состав лесосеменных план-

таций (ЛСП) различного порядка [6–11]. Существующая система массового отбора может быть в значительной мере усовершенствована посредством расширения перечня признаков, используемых в качестве селекционных критериев и маркеров, и совершенствования методов и средств их исследования и многостороннего тестирования [5, 7, 10–13]. Важнейшими характеристиками плюсовых деревьев выступают показатели их репродуктивной активности, в частности, выход и качество семян [6, 7, 16, 17]. Сведения по этим вопросам традиционно составляют предмет активного научного поиска и дискуссий, что отражено в материалах многочисленных публикаций [6, 7, 13, 16, 17]. Вместе с тем подобная информация по Нижегородской области весьма ограничена, несмотря на то, что здесь в большом количестве были заложены лесосеменные плантации первого порядка (ЛСП-I), лесосеменные плантации повышенной генетической ценности (ЛСП ПГЦ), архивы клонов, испытательные и географические культуры важнейших древесных пород [9, 14, 15, 18, 19].

**Цель** работы – дать сравнительную оценку плюсовых деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), входящих в состав объектов постоянной лесосеменной базы Нижегородской области, по комплексу показателей выхода семян из шишек и на её основе определить степень селекционной значимости анализируемых объектов.

**Предмет** исследования – генотипическая обусловленность репродуктивных показателей плюсовых деревьев сосны обыкновенной в условиях лесосеменных плантаций.

Объектом исследований выступал асортимент плюсовых деревьев в составе лесосеменной плантации № 24 государственного бюджетного учреждения Нижегородской области «Семёновский спецлесхоз».

**Методика исследований.** Исследования проводились полевым стационарным и лабораторными методами с привлечением общепризнанных методических схем организации работ и построения выборок [20, 21]. Каждое плюсовое дерево (ортет) представлено 3 – 8 своими клонами (раметами), выступавшими учётными деревьями, с каждого из которых одновременно собирали нормально развитые неповреждённые шишки в количестве до 60 штук. Первичной единицей выборки в опыте выступали: отдельная нераскрывшаяся шишка. Семена извлекали вручную из каждой шишки отдельно путём их механического разрушения. Повреждённые, пустые, шуплые, недоразвитые семена учитывали отдельно. Все раметы плюсовых деревьев произрастали в условиях выровненного экофона и представляли собой одновозрастные однотипные прививки, высаженные на одном участке с одинаковыми площадями питания. Размещение посадочных мест в рядах посадки рендомизированное, что исключало предоставление какому-либо из потомств плюсовых деревьев преимуществ в условиях существования и элиминировало влияние последних на формирование

шишек и семян в них. Это обеспечило организацию опыта в соответствии с общепринятыми требованиями, реализацию принципа единственного логического различия, а также принципов случайности, равномерности и многократной повторяемости размещения каждого конкретного клона. Сведённое, таким образом, к минимуму влияние факторов среды на проявление различий между растениями позволило объяснить наличие таковых только влиянием генотипически обусловленной специфики изучаемых объектов по анализируемым признакам. В работе были реализованы методические схемы, апробированные ранее на аналогичных объектах [22–29]. Первичная статистическая обработка исходных данных, дисперсионный, факторный и кластерный анализы осуществлялись по общепринятым методикам [20, 21]. Многомерный анализ проводился с учётом существующих алгоритмов [20, 30]. При этом принимали во внимание существующие представления о таксономической значимости анализируемых признаков и то, что достаточные сведения об их относительном «весе» отсутствуют [31]. Факторный анализ, выполненный методом главных компонент, позволил представить многочисленные характеристики, полученные в ходе сравнительной оценки плюсовых деревьев, ограниченным числом сформированных из них обобщающих показателей [20, 32]. В работе принята следующая индексация анализируемых показателей выхода из шишек различных категорий семян: признак 1 – выход из шишек нормально развитых семян; признак 2 – выход из шишек ненормально развитых семян; признак 3 – суммарный выход семян из шишек; признак 4 – доля выхода из шишек нормально развитых семян.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Плюсовые деревья сосны обыкновенной, представленные на объектах анализа своими одновозрастными клонами, заметно различались показателями выхода из шишек различных катего-

рий семян. Однофакторный дисперсионный анализ комплекса плюсовых деревьев в составе ЛСП № 24 показал наличие существенных различий по выходу из шишек семян разных категорий (табл. 1).

По всем анализируемым признакам опытные значения критерия Фишера ( $F_{оп.}$ ) во много раз превышают критические значения на пяти- и однопроцентном уровнях значимости, что видно из табл. 1. Так, по развитым семенам  $F_{оп.} = 95,07$  ( $F_{05/01} = 1,40/1,59$ ); по количеству недоразвитых семян  $F_{оп.} = 76,44$  ( $F_{05/01} = 1,40/1,59$ ); по суммарному выходу семян  $F_{оп.} = 83,20$  ( $F_{05/01} = 1,40/1,59$ ); по доле нормально развитых семян  $F_{оп.} = 79,12$  ( $F_{05/01} = 1,40/1,59$ ).

Величина наименьшей существенной разности  $HCP_{05}$  и  $D_{05}$ -критерия Тьюки (см. табл. 1) позволяет установить, между какими именно объектами различия относятся к категории существенных. Оказалось, что различия, по своей величине относимые к существенным, есть не только между учётными деревьями разных клонов, но и между ракетами одного клона. Например, у плюсового дерева К-3 между учётным деревом № 2 (среднее количество развитых семян 18,1 шт.) и деревом № 4 (22,2 шт.) есть существенные различия по величине  $HCP$ , а с деревом № 6 (28,2 шт.) даже по величине  $D$ -критерия Тьюки. Вместе с тем, между ракетами ортета К-6 существенные различия отсутствовали. Аналогичная картина наблюдалась и по выходу недоразвитых семян из шишек, в частности между ракетами К-6 наблюдались различия по  $D$ -

критерию Тьюки, а между ракетами К-5 существенные различия отсутствовали.

Предоставляемая двухфакторным иерархическим дисперсионным анализом возможность вскрыть структуру организованных факторов позволила оценить действенность каждого из них отдельно. Обнаружены существенные различия между сравниваемыми объектами по комплексу организованных факторов: различия в происхождении плюсовых деревьев ( $F_A$ ) и различия между ракетами ( $F_B$ ), что видно в материалах табл. 2.

Действие фактора высшей иерархии – различия между ортетами – эффективно по всем анализируемым признакам (см. табл. 2). Опытные критерии Фишера  $F_{опA} = 4,98$  (выход нормально развитых семян);  $F_{опA} = 3,25$  (выход недоразвитых семян);  $F_{опA} = 5,06$  (суммарный выход семян);  $F_{опA} = 2,74$  (доля нормально развитых семян) превышают соответствующие табличные значения при нестрогой и строгой оценке ( $F_{05} = 1,50$ ;  $F_{01} = 1,78$ ). Такие оценки дисперсионных отношений позволяют признать наличие существенных различий между плюсовыми деревьями по выходу из шишек семян различных категорий. Сила влияния фактора высшей иерархии достаточно высока и оценивается: по выходу из шишек нормально развитых семян  $h^2_A = 29,09 \pm 0,31$  %; по выходу недоразвитых семян –  $h^2_A = 24,81 \pm 0,33$  %; по суммарному выходу семян –  $h^2_A = 26,42 \pm 0,32$  %; по доле нормально развитых семян –  $h^2_A = 25,46 \pm 0,33$  %.

Таблица 1

#### Оценки существенности различий между плюсовыми деревьями

Индекс признака	Критерий Фишера (F)		Доля влияния фактора ( $h^2 \pm s_{h^2}$ )				Критерии различий	
			по Плохинскому		по Снедекору			
	$F_{оп.}$	$F_{05}/F_{01}$	$h^2$	$\pm s_{h^2}$	$h^2$	$\pm s_{h^2}$	$HCP_{05}$	$D_{05}$
Признак 1	95,07	1,40/1,59	0,2909	0,0031	0,2943	0,0030	1,550	2,797
Признак 2	76,44	1,40/1,59	0,2481	0,0032	0,2506	0,0032	0,662	1,195
Признак 3	83,20	1,40/1,59	0,2642	0,0032	0,2671	0,0032	1,627	2,936
Признак 4	79,12	1,40/1,59	0,2546	0,0032	0,2572	0,0032	3,686	6,650

Таблица 2

## Результаты двухфакторного иерархического дисперсионного анализа

Индекс признака	Источник дисперсии	Критерий Фишера		Доля влияния фактора ( $h^2 \pm m_h$ )			
				по Плохинскому		по Снедекору	
		$F_{\text{оп}}$	$F_{05} / F_{01}$	$h^2$	$\pm m_{h2}$	$h^2$	$\pm m_{h2}$
Признак 1	оргеты	4,98	1,50/ 1,78	0,2909	0,0031	0,2804	0,0032
	раметы	30,85	1,20/ 1,31	0,2790	0,0152	0,3048	0,0146
	остаток	-	-	0,4301	0,5699	0,4148	0,5852
Признак 2	оргеты	3,25	1,50/ 1,78	0,2481	0,0033	0,2355	0,0034
	раметы	44,58	1,20/ 1,31	0,3638	0,0134	0,3957	0,0127
	остаток	-	-	0,3881	0,6119	0,3688	0,6312
Признак 3	оргеты	5,06	1,50/ 1,78	0,2642	0,0032	0,2560	0,0033
	раметы	24,33	1,20/ 1,31	0,2490	0,0158	0,2714	0,0153
	остаток	-	-	0,4868	0,5132	0,4726	0,5274
Признак 4	оргеты	2,74	1,50/ 1,78	0,2546	0,0033	0,2384	0,0034
	раметы	69,73	1,20/ 1,31	0,4432	0,0117	0,4787	0,0110
	остаток	-	-	0,3023	0,6977	0,2829	0,7171

Достоверным оказалось и действие фактора низшей иерархии (различия между раметами комплекса плюсовых деревьев). Опытные значения критерия Фишера ( $F_{\text{Воп}}$ ) заметно превышают соответствующие критические значения при нестрогой и строгой оценке: выход нормально развитых семян –  $F_{\text{Воп}} = 30,85$ ; выход недоразвитых семян –  $F_{\text{Воп}} = 44,58$ ; суммарный выход семян –  $F_{\text{Воп}} = 24,33$ ; доля нормально развитых семян –  $F_{\text{Воп}} = 69,73$ , при  $F_{\text{В05}} = 1,20$  и  $F_{\text{В01}} = 1,31$ . Сила влияния фактора низшей иерархии сопоставима по своей величине с действием фактора высшей иерархии: выход нормально развитых семян –  $h^2_{\text{В}} = 27,90 \pm 1,52$  %; выход недоразвитых семян –  $h^2_{\text{В}} = 36,38 \pm 1,34$  %; суммарный выход семян –  $h^2_{\text{В}} = 24,90 \pm 1,58$  %; доля нормально развитых семян –  $h^2_{\text{В}} = 44,32 \pm 1,17$  %.

Вместе с тем влияние условий среды на формирование различий по всем анализируемым показателям выхода семян из шишек доминирует. Доля остаточной дисперсии в этом случае достаточно высока: по нормально развитым семенам она составляет  $h^2_{\text{z}} = 43,01$  %, по недоразвитым –  $h^2_{\text{z}} = 38,81$  %; по суммарному выходу семян –  $h^2_{\text{z}} = 48,68$  %; по доле нормально развитых семян –  $h^2_{\text{z}} = 30,23$  %.

Факторный анализ, выполненный по

показателям выхода различных категорий семян из шишек с применением метода ортогонального вращения по нормированным значениям исходных величин, дал вполне логичную картину группировки четырёх исходных параметров по двум главным компонентам и позволил добиться обоснованной редукции числа независимых переменных многомерного статистического комплекса. Решение основной задачи факторного анализа, выполненного по четырём исходным признакам, характеризующим выход из шишек разных категорий семян, позволило добиться обоснованной редукции числа независимых переменных многомерного статистического комплекса с группировкой их по двум комплексным факторам. Критерием выделения наиболее значимых комплексных факторов служила величина их начальных собственных значений: у главных компонент она превышает «единичный порог». Отсечение так называемого «гравия» произошло вполне понятно и однозначно. Компоненты, которые признаются малозначимыми, характеризуются приблизительно одинаковыми величинами начальных собственных значений, близкими к нулю. Порядок распределения анализируемых признаков по двум главным компонентам представлен в табл. 3.

Таблица 3

## Матрица повёрнутых компонент

Индекс признака	Признаки	Компонента	
		1	2
Признак 1	Выход нормально развитых семян	0,7665	-
Признак 2	Выход неразвитых семян	0,9675	-
Признак 3	Суммарный выход семян	0,9211	-
Признак 4	Доля нормально развитых семян	-	0,9965
Начальные собственные значения компонент		2,5170	1,2436
Доля дисперсии компонент, %		62,9261	31,0903
Общая доля дисперсии главных компонент, %		94,0161	

Материалы табл. 3 свидетельствуют о том, что характер отнесения исходных независимых переменных – показатели выхода из шишек разных категорий семян – к двум комплексным факторам логически понятен. К первой компоненте причислены признаки прямого учёта выхода семян: выход нормально развитых семян, выход недоразвитых семян, а также производный признак – суммарный выход семян из шишек. Вторая компонента содержит только один производный признак – доля выхода нормально развитых семян из шишек. В указанных случаях величина нагрузки фактора превышает принятый минимум собственных значений, равный 1. Осуществлённая редукция числа эффективных факторов в высокой степени обоснована: доля

общей дисперсии, приходящейся на полученные в ходе факторного анализа 2 главные компоненты, составляет 94,02 %, что заметно больше традиционно применяемого критического порога 70 %. Вместе с тем вполне понятно, что изменение принятого количества переменных в многомерном комплексе вызовет неизбежные вариации исхода группировки. Образовавшиеся в процессе факторного преобразования 2 комплексные независимые переменные сформировали собственный блок многомерных характеристик сравниваемых объектов, представленных нормированными величинами. Они послужили основой проведения кластерного анализа (процедура кластеризации представлена в табл. 4, 5) и построения дендрограмм (рис. 1, 2).

Таблица 4

## Схема кластеризации 36 плюсовых деревьев: 2 главных компоненты

Этап	Шаги агломерации		Коэффициенты расстояний		Этапы появления первого кластера		Следующий этап
	объединение кластеров		дистанция примыкания	единицы масштаба	кластер 1	кластер 2	
1	13	14	0,004058	0,02	0	0	5
2	1	11	0,01335	0,06	0	0	9
3	16	30	0,03509	0,16	0	0	18
4	15	35	0,041088	0,18	0	0	17
5	5	13	0,042314	0,19	0	1	24
6	20	28	0,045224	0,20	0	0	21
7	7	34	0,059056	0,27	0	0	13
8	17	26	0,068952	0,31	0	0	16
9	1	36	0,069634	0,31	2	0	15
10	3	12	0,07336	0,33	0	0	28
11	8	9	0,081211	0,36	0	0	22
12	4	21	0,089226	0,40	0	0	21
13	7	32	0,118896	0,53	7	0	24
14	2	22	0,158403	0,71	0	0	19
15	1	31	0,171213	0,77	9	0	19
16	17	33	0,258289	1,16	8	0	22
17	15	25	0,343282	1,54	4	0	27

Окончание таблицы 4

Этап	Шаги агломерации		Коэффициенты расстояний		Этапы появления первого кластера		Следующий этап
	объединение кластеров		дистанция примыкания	единицы масштаба	кластер 1	кластер 2	
	кластер 1	кластер 2					
18	16	24	0,364013	1,63	3	0	26
19	1	2	0,404395	1,81	15	14	25
20	18	29	0,442349	1,99	0	0	30
21	4	20	0,452325	2,03	12	6	26
22	8	17	0,464182	2,08	11	16	25
23	6	19	0,529169	2,37	0	0	32
24	5	7	0,887453	3,98	5	13	32
25	1	8	1,063568	4,77	19	22	28
26	4	16	1,094028	4,91	21	18	29
27	15	27	1,161452	5,21	17	0	29
28	1	3	1,458536	6,55	25	10	31
29	4	15	1,967632	8,83	26	27	34
30	18	23	2,365232	10,61	20	0	33
31	1	10	2,735605	12,28	28	0	33
32	5	6	2,946119	13,22	24	23	35
33	1	18	3,774252	16,94	31	30	34
34	1	4	4,715787	21,16	33	29	35
35	1	5	5,57106	25,00	34	32	0

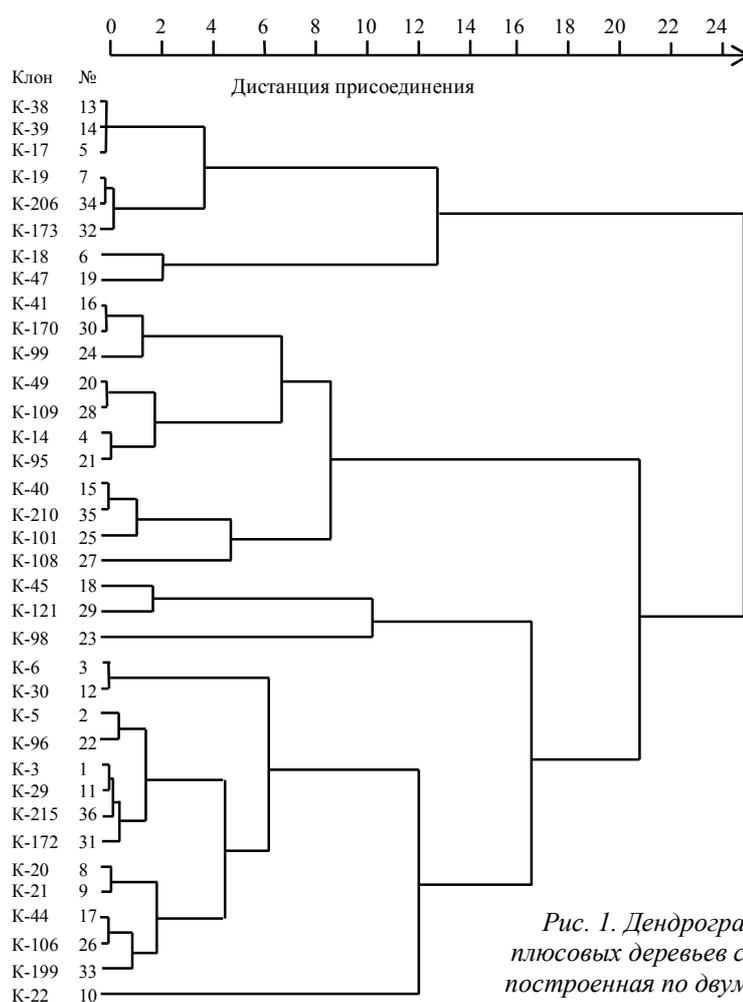


Рис. 1. Дендрограмма сходства 36 плюсовых деревьев сосны обыкновенной, построенная по двум главным компонентам (выход семян из шишек)

На первой дендрограмме (см. рис. 1) легко обнаруживается кластер, состоящий из 8-ми элементов. К его наиболее плотному и хорошо оформленному ядру (К-38, К-39, К-17, К-19, К-206, К-173), образованному в границах дистанций 0,02 – 3,98 масштабных единицы, примыкает пара объектов: К-18, К-47. Они объединились между собой на уровне 2,37 единицы, а присоединились к инициальной группе, имея дистанцию 13,22 единицы.

Следующий кластер также достаточно

плотный, но несколько крупнее по численности (11 элементов): К-41, К-170, К-99, К-49, К-109, К-14, К-95, К-40, К-210, К-101, К-108. Он объединяет три микрокластера: первый – К-41, К-170, К-99; второй – К-49, К-109, К-14, К-95 и третий – К-40, К-210, К-101, К-108. Каждый из них возникает на сравнительно коротких дистанциях: первый – 0,16; второй – 0,20; третий – 0,18 единицы. Порог окончательного слияния достигает 8,83 масштабных единицы.

Таблица 5

Схема кластеризации 36 плюсовых деревьев: 4 исходных признака

Этап	Шаги агломерации		Коэффициенты расстояний		Этапы появления первого кластера		Следующий этап
	объединение кластеров кластер 1	кластер 2	дистанция примыкания	единицы мас- штаба	кластер 1	кластер 2	
1	13	14	0,014913	0,03	0	0	4
2	16	30	0,138341	0,31	0	0	12
3	1	36	0,148948	0,33	0	0	8
4	5	13	0,167484	0,37	0	1	21
5	8	9	0,173654	0,38	0	0	13
6	20	28	0,188226	0,42	0	0	18
7	32	34	0,230141	0,51	0	0	21
8	1	2	0,269273	0,60	3	0	10
9	3	12	0,386905	0,86	0	0	23
10	1	11	0,419225	0,93	8	0	11
11	1	31	0,490308	1,08	10	0	23
12	16	24	0,534503	1,18	2	0	22
13	8	22	0,538669	1,19	5	0	14
14	8	17	0,635632	1,41	13	0	16
15	4	21	0,910639	2,01	0	0	18
16	8	26	0,917325	2,03	14	0	20
17	25	35	1,094313	2,42	0	0	19
18	4	20	1,141769	2,53	15	6	22
19	15	25	1,343651	2,97	0	17	27
20	8	33	1,512577	3,35	16	0	26
21	5	32	1,539457	3,40	4	7	28
22	4	16	1,747725	3,87	18	12	30
23	1	3	2,029234	4,49	11	9	26
24	18	29	2,040824	4,51	0	0	29
25	6	19	2,248246	4,97	0	0	34
26	1	8	2,738638	6,06	23	20	29
27	15	27	2,805589	6,21	19	0	31
28	5	7	3,591661	7,94	21	0	30
29	1	18	3,890325	8,60	26	24	32
30	4	5	4,320323	9,56	22	28	31
31	4	15	5,35296	11,84	30	27	34
32	1	10	6,245422	13,81	29	0	33
33	1	23	9,531124	21,08	32	0	35
34	4	6	10,46229	23,14	31	25	35
35	1	4	11,30353	25,00	33	34	0

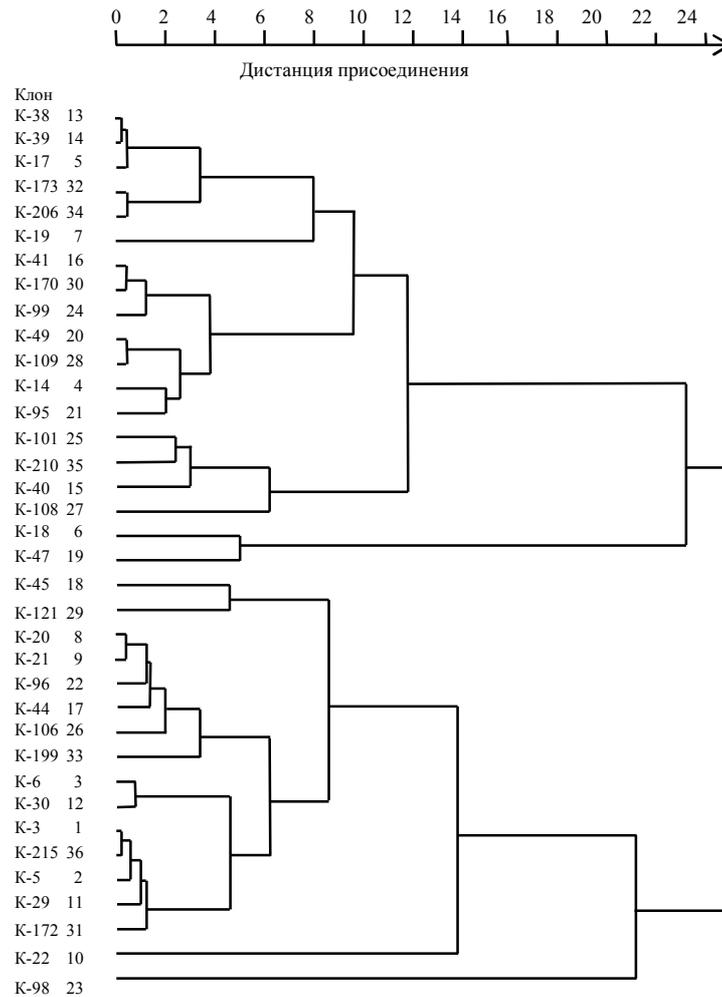


Рис. 2. Дендрограмма сходства 36 плюсовых деревьев сосны обыкновенной, построенная по нормированным значениям четырёх исходных признаков выхода семян

Ещё более плотную структуру при наибольшей численности (14 элементов) имеет ещё один надёжно идентифицируемый кластер К-6, К-30, К-5, К-96, К-3, К-29, К-215, К-172, К-20, К-21, К-44, К-106, К-199 К-22. Он состоит из двух представительных в количественном отношении микрокластеров: К-5, К-96, К-3, К-29, К-215, К-172 и К-20, К-21, К-44, К-106, К-199, а также одной пары близких объектов К-6, К-30 и отдельного элемента К-22. Образование кластера начинается с 0,06 единицы и завершается на рубеже 12,28 масштабной единицы. Остальные плюсовые деревья (К-45, К-121, К-98), сформировав неплотную группу, присоединяются к общей иерархической системе, преодолев расстояние в 16,94 единицы.

Повторение процедуры кластеризации

для варианта, в котором использованы нормированные значения исходных признаков, характеризующих выход семян из шишек (см. табл. 5, рис. 2), дало принципиально сходную картину. На дендрограмме (см. рис. 2) удаётся заметить, что большинство плюсовых деревьев, например, объекты с индексами К-38, К-39, К-17, К-19, К-206, К-173, входят в те же кластеры (или микрокластеры), что и в первом случае (см. рис. 1). При этом в значительной степени сохраняется соотносительная близость между ними. Наиболее специфические объекты (например, К-10, К-23) также сохранили свою индивидуальность в той или иной мере.

Сопоставление порядка соотносительного положения плюсовых деревьев в иерархических системах кластеризации,

выполненных по параметрам шишек, параметрам семян и показателям выхода семян из шишек, позволяет заметить определённые сходства их позиций (позиций, занимаемых плюсовыми деревьями). В пределах единого ассортиментного состава (одной ЛСП или одного архива клонов) плюсовые деревья с индексами К-17, К-18, К-38, К-39, К-173 К-206 чаще относятся к одному и тому же кластеру или даже микрокластеру, то есть они демонстрируют устойчивую соотносительную близость друг другу по фенотипическим характеристикам. Удалось отметить, что плюсовые деревья К-17, К-38, К-206, а также их пары К-20 и К-44 или К-14 и К-95, как правило, входят в состав одного кластера или макрокластера на разных дендрограммах, например: построенных по разным комплексам признаков (параметры шишек, параметры семян, показатели выхода семян из шишек); полученных на основе различных подходов к организации блока переменных (нормированные значения исходных признаков или главные компоненты); воспроизведённых с использованием различных метрик или разными способами агломерации (евклидово расстояние, квадрат евклидова расстояния или иное). Наиболее специфические объекты также сохраняют свою индивидуальность при построении дендрограмм по разным комплексам признаков. При этом можно заметить, что сами кластеры на сравниваемых дендрограммах различались дистанциями присоединения их компонентов. Это вполне логично, поскольку степень сходства плюсовых деревьев по разным признакам (параметры шишек и семян или выход семян из шишек), как правило, неодинакова, как, соб-

ственно говоря, и абсолютные размеры различных метрик, что и фиксируют дендрограммы.

Тот факт, что дендрограммы, построенные по наборам признаков или комплексных факторов (главных компонент), характеризующих разные части растительного организма, содержат общие для них группировки объектов, свидетельствует об устойчивости и надёжности результатов выполненного анализа. Кроме того, это обстоятельство позволяет признать наличие устойчивых различий между сравниваемыми плюсовыми деревьями и возможность применения к их комплексам процедуры многомерного ранжирования по степени генотипического несходства.

### Выводы

1. Плюсовые деревья сосны обыкновенной, представленные своими клонами на лесосеменных плантациях, существенно различаются выходом из шишек нормально развитых и недоразвитых семян, их доле и суммарному количеству.

2. Неоднородность плюсовых деревьев сосны обыкновенной по способности формировать нормально развитые семена в значительной степени обусловлена генотипически, что обеспечивает устойчивость продуктивности ЛСП.

3. Различия в показателях формирования в шишках семян зафиксированы и между клонами отдельного плюсового дерева, что определяется влиянием условий среды.

4. Показатели выхода из шишек семян различных категорий весьма информативны и могут быть привлечены для проведения многомерного анализа плюсовых деревьев и осуществления их ранжирования по комплексным оценкам генотипического несходства.

### Список литературы

1. 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 [Открытый доступ 17.09.2013: [http://www.nbchr.ru/PDF/042\\_oos.pdf](http://www.nbchr.ru/PDF/042_oos.pdf)] // Собрание

законодательства Российской Федерации. – 2013. – No 2. – Ст. 124.

2. Гиряев, М.Д. Состояние и проблемы лесовосстановления в Российской Федерации / М.Д. Гиряев // Пятый всероссийский съезд лесоводов (25-27 февраля 2003 г.). – М.: ВНИИЛМ, 2003. – С. 194 – 195.

3. Новосельцева, А.И. Особенности разработки региональных программ лесовосстановления в лесном фонде Российской Федерации на период 2003-2010 гг. / А.И. Новосельцева // Пятый всероссийский съезд лесоводов (25-27 февраля 2003 г.). – М.: ВНИИЛМ, 2003. – С. 205 – 207.
4. Мирошников, А. И. Опыт использования достижений лесной генетики, селекции и семеноводства за рубежом / А.И. Мирошников // Лесохозяйственная информация. Сборник научнотехнической информации по лесному хозяйству. – 2008. – № 3 – 4. – С. 4 – 9.
5. Роне, В. М. Генетическое улучшение свойств лесных древесных видов на семенных плантациях / В.М. Роне // Семенные плантации в лесном семеноводстве. – Сборник трудов НПО «Силава». – Рига: Зинатне, 1985. – С. 12 – 21.
6. Яркин, В.П. Долгосрочная программа создания постоянной лесосеменной базы на селекционной основе / В.П. Яркин // Лесное хозяйство. – 1990. – № 11. – С. 34 – 36.
7. Ефимов, Ю.П. Семенные плантации в селекции и семеноводстве сосны обыкновенной / Ю.П. Ефимов. – Воронеж: Истоки, 2010. – 253 с.
8. Видякин, А.И. Эффективность плюсовой селекции древесных растений / А.И. Видякин // Хвойные бореальной зоны. – XXVII, № 1 – 2, 2010. – С. 18 – 24.
9. Рутковский, И.В. Состояние лесного семеноводства и перспективы его развития / И.В. Рутковский // Пятый всероссийский съезд лесоводов (25-27 февраля 2003 г.). – М.: ВНИИЛМ, 2003. – С. 190 – 194.
10. Роне, В.М. Генетический анализ лесных популяций / М.В. Роне. – М.: Наука, 1980. – 160 с.
11. Петров, С.А. Система плюсовой селекции / С.А. Петров // Разработка основ систем селекции древесных пород: Тезисы докладов совещания. Ч. I. – Рига: Зинатне, 1981. – С. 103 – 105.
12. Потылев, В.Г. Проблемы лесного селекционного семеноводства / В.Г. Потылев // Лесохозяйственная информация. – 1997. – № 3. – С. 14 – 30.
13. Царев, А.П. Вопросы и проблемы плюсовой селекции / А.П. Царев, Н.В. Лаур // Лесной вестник. – 2006. – № 5. – С. 118 – 123.
14. Бессчетнов, В.П. Селекционно-генетические аспекты лесного семеноводства / В.П. Бессчетнов, Н.Н. Бессчетнова, А.Н. Орнатский // Труды факультета лесного хозяйства Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии: сборник научных статей. – Нижний Новгород: НГСХА, 2011. – № 1 (1). – С. 5 – 34.
15. 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 p.
16. Рогозин, М.В. К вопросу об отборе урожайных деревьев сосны обыкновенной / М.В. Рогозин. – Известия вузов. Лесной журнал. – 1978. – № 6. – С. 8 – 11.
17. Сахаров, В.И. Методы оценки экологогенетической структуры популяций древесных видов для выбора модели селекции / В.И. Сахаров. – Алматы, 2006. – 384 с.
18. Бессчетнова, Н.Н. Семеноводство сосны обыкновенной в Нижегородской области / Н.Н. Бессчетнова // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. – Материалы VI Международной научной конференции, г. Красноярск, 22-24 октября 2003 г. – Красноярск: СибГТУ, 2003. – С. 10 – 13.
19. Бессчетнова, Н.Н. Состояние и перспективы развития лесосеменных плантаций сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в Нижегородской области / Н.Н. Бессчетнова // Леса и лесное хозяйство в условиях рынка: проблемы и перспективы устойчивого развития: Материалы международной научно-практической конференции, г. Алматы, 27-28 ноября 2003 г., в 2-х книгах. Книга 2. – Алматы: Казахский национальный аграрный университет, 2003. – С. 59 – 64.
20. Никитин, К.Е. Методы и техника обработки лесоводственной информации / К.Е. Никитин, А.З. Швиденко – М.: Лесная промышленность, 1978. – 272 с.
21. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / В.А. Доспехов. – М.: Колос, 1985. – 416 с.
22. 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.
23. Бессчетнов, В.П. Многомерная идентификация плюсовых деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в кластерном анализе по параметрам шишек / В.П. Бессчетнов, Н.Н. Бессчетнова // Известия Оренбургского аграрного университета. – 2012. – № 3(35). – С. 8 – 11.
24. Бессчетнов, В.П. Селекционная оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) по параметрам шишек / В.П. Бессчетнов, Н.Н. Бессчетнова // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. Естественные, технические, экономические науки. – 2012. – № 6. – С. 13 – 16.
25. Бессчетнов, В.П. Многомерная оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) по морфометрическим параметрам семян / В.П. Бессчетнов, Н.Н. Бессчетнова // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2013. – № 3(79). – С. 11 – 16.
26. Бессчетнова, Н.Н. Изменчивость шишек у представителей клоновых репродукций плюсовых деревьев сосны обыкновенной / Н.Н. Бессчетнова // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений: Материалы VII Международной

научной конференции, г. Красноярск, 15 – 17 сентября 2004 г. – Красноярск: СибГТУ, 2004. – С. 27 – 30.

27. *Бессчетнова, Н.Н.* Экологические аспекты формирования ассортимента лесосеменных плантаций сосны обыкновенной в Нижегородской области / Н.Н. Бессчетнова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2004. – № 8. – С. 20 – 22.

28. *Бессчетнова, Н.Н.* Многофакторный анализ клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной в условиях лесосеменных плантаций / Н.Н. Бессчетнова // Лесоводство Нижегородской области на рубеже веков. – Сборник научных трудов по матер. науч.-практ. конф. – Нижний Новгород: НГСХА, 2004. – С. 14 – 27.

29. *Бессчетнова, Н.Н.* Комплексная оценка клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной на объектах постоянной лесосеменной базы в Нижегородской области / Н.Н. Бессчетнова // Вавиловские чтения – 2004: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 117-й годовщине со дня рождения академика Николая Ивановича Вавилова. Саратов, 24-26 ноября 2004 г. Сек-

ция мелиорации, агролесомелиорации и лесоводства. – Саратов: Саратовский ГАУ, 2004. – С. 93 – 96.

30. *Лейтас, А.М.* Состояние, опыт применения и перспективы развития математического обеспечения статистических методов анализа экспериментальных данных НПО «Силава» / А.М. Лейтас, А.А. Калнина, М.В. Шмите, П.Э. Негитис // Вычислительные методы решения научных и технических проблем лесного хозяйства. – Рига: Зинатне, 1983. – С. 20 – 32.

31. *Мамаев, С.А.* Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства Pinaceae на Урале) / С.А. Мамаев. – М.: Наука, 1972. – 283 с.

32. *Tausz, M.* Multivariate patterns of biochemical responses of *Pinus ponderosa* trees at field plots in the San Bernardino Mountains, southern California [Free access: 29.03.2012. <http://treephys.oxfordjournals.org/content/21/5/329.full.pdf+html>] / M. Tausz, A. Bytnerowicz, M.J. Arbaugh, A. Wonisch, D. Grill // Tree Physiology. – Victoria, Canada: Heron Publishing. – 2001. – Vol. 21 (5). – Pp. 329 – 336.

Статья поступила в редакцию 04.02.14.

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

#### Информация об авторах

*БЕССЧЕТНОВА Наталья Николаевна* – кандидат сельскохозяйственных наук, декан факультета лесного хозяйства, доцент кафедры лесных культур, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия. Область научных интересов – проблемы эффективности лесной селекции и совершенствования селекционного потенциала плюсовых деревьев основных лесообразующих пород. Автор 71 публикации.

*БЕССЧЕТНОВ Владимир Петрович* – доктор биологических наук, профессор, первый проректор, 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 более 100 публикаций.

*ДЕНИСОВ Сергей Александрович* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой лесоводства, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – лесоведение, биология и экология древесных пород, лесная экология, лесоводство, лесные пожары. Автор более 140 публикаций.

*ЧЕРНЫХ Валерий Леонидович* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой лесной таксации и лесоустройства, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – проблемы лесной таксации, математического моделирования, информационных и ГИС-технологий в лесном хозяйстве. Автор более 250 публикаций.

**MULTIDIMENSIONAL ASSESSMENT OF PLUS TREES OF SCOTCH PINE  
(PINUS SYLVESTRIS L.) ON SEED YIELD FROM CONES**

*N. N. Besschetnova<sup>1</sup>, V. P. Besschetnov<sup>1</sup>, S. A. Denisov<sup>2</sup>, V. L. Chernykh<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Nizhny Novgorod Agricultural Academy,

97, Gagarina Av., Nizhny Novgorod, 603107, Russian Federation

E-mail: besschetnova1966@mail.ru

<sup>2</sup>Volga State University of Technology,

3, Pl. Lenina, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation

E-mail: DenisovSA@volgatech.net

**Key words:** *Scotch pine; plus trees; clones; seed plantation; seed yield; multidimensional analysis.*

**ABSTRACT**

*It is important to improve permanent forest seed base for a successful operation of the system of forest seed production. Its effectiveness is largely determined by the quality and breadth of accumulated assortment of plus trees. The most important characteristics of plus trees are indicators of their reproductive activity. Hence, the purpose of this study is a comparative evaluation of plus trees of Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.), belonging to the objects of the permanent forest seed production base, established in Nizhny Novgorod region, in a range of indicators. Researches were carried out by means of stationary field and laboratory methods. Each plus tree was presented by 3 - 8 of its clones. Up to 60 pieces normally developed undamaged cones were gathered from each of them. All the clones grew in terms of balanced environmental background and were represented by the same type of grafting coeval, planted at one site with the same feeding area. Statistical processing of the raw data was carried out by dispersion methods and the methods of factor and cluster analyses. Significant differences between plus trees were revealed by means of dispersion analysis. The power of influence of differences between plus trees is estimated by: output of normally developed seeds from cones ( $h^2 = 29.09 \pm 0.31\%$ ); quantity of abortive seeds ( $h^2 = 24.81 \pm 0.33\%$ ); total seed yield ( $h^2 = 26.42 \pm 0.32\%$ ); share of normally developed seeds ( $h^2 = 25.46 \pm 0.33\%$ ). Quite logical picture of the four groups of initial parameters on two main components was obtained and a reasonable reduction of the number of independent variables of multivariate statistical complex was achieved due to the factor analysis. These formed the basis of the cluster analysis and dendrogram construction. Plus trees show a steady correlative proximity to each other in phenotypic characteristics within a single assortment. This allows to apply to them a set of procedures of multidimensional ranking in degree of genotypic dissimilarity. **Conclusion:** differences between plus trees of Scotch pine in their ability to form a normally developed seeds are largely due to their genotype.*

**REFERENCES**

1. Gosudarstvennaya programma Rossiyskoy Federatsii «Razvitie lesnogo khozyaystva» na 2013 - 2020 gody: Utv.: rasporyazheniem Pravitelstva Rossiyskoy Federatsii ot 28 dek. 2012 g. № 2593 - r : Predsedatel pravitelstva Rossiyskoy Federatsii D. Medvedev [State Program of the Russian Federation «Forestry Development» for 2012-2013 Years: approved by the order of the government of the Russian Federation dated 28.12.2012 № 2593 - p: D. Medvedev, Prime Minister of the Russian Federation]. Sobranie zakonodatelstva Rossiyskoy Federatsii [Russian Federation Code]. 2013. No 2. Article. 124. URL: [http://www.nbchr.ru/PDF/042\\_oos.pdf](http://www.nbchr.ru/PDF/042_oos.pdf) (17.09.2013).
2. Giryayev M.D. Sostoyanie i problemy lesovosstanovleniya v Rossiyskoy Federatsii [Present-Day Situation and Problems of Forest Restoration in the Russian Federation]. *Pyaty vserossiyskiy sezid lesovodov (25-27 fevralya 2003 g.)* [V All-Russian Meeting of Foresters (February 25-27, 2003)]. Moscow: VNIILM, 2003. Pp. 194 – 195.
3. Novoseltseva A.I. Osobennosti razrabotki regionalnykh programm lesovosstanovleniya v lesnom fonde Rossiyskoy Federatsii na period 2003-2010 gg. [Peculiarities of Forest Restoration Regional Programs Development in Forest Fund of the Russian Federation for 2003-2010 Years]. *Pyaty vserossiyskiy sezid lesovodov (25-27 fevralya 2003 g.)* [V All-Russian Meeting of Foresters (February 25-27, 2003)]. Moscow: VNIILM, 2003. Pp. 205 – 207.
4. Miroshnikov A. I. Opyt ispolzovaniya dostizheniy lesnoy genetiki, selektsii i semenovodstva za rubezhom [Use of Achievements of Forest Genetics, Selection and Seedage Abroad]. *Lesokhozyaystvennaya informatsiya. Sbornik nauchno-tehnicheskoy in-*

*formatsii po lesnomu khozyaystvu* [Information on Forestry. Collection of Scientific and Technical Information on Forestry]. 2008. № 3–4. Pp. 4–9.

5. Rone V.M. Geneticheskoe uluchshenie svoystv lesnykh drevesnykh vidov na semennykh plantatsiyakh [Improvement of Genetic Properties of Forest Woody Species on Seed Orchard.]. Semennye plantatsii v lesnom semenovodstve [Seed Orchards in Forest Seedage]. *Sbornik trudov NPO «Silava»* [Collected papers of «Silava» scientific development and production center]. Riga: Zinatne, 1985. Pp. 12–21.

6. Yarkin V.P. Dolgosrochnaya programma sozdaniya postoyannoy lesosemennykh bazy na selektsionnoy osnove [Long-Term Program of Constant Forest Seed Base Establishment on Selection Basis] *Lesnoe khozyaystvo* [Forestry]. 1990. № 11. Pp. 34–36.

7. Efimov Yu.P. *Semennye plantatsii v selektsii i semenovodstve sosny obyknovennoy* [Seed Orchards in Selection and Seedage of Scotch Pine]. Voronezh: Istoki, 2010. 253 p.

8. Vidyakin A.I. Effektivnost plyusovoy selektsii drevesnykh rasteniy [Efficiency of Plus Selection of Woody Plants]. *Khvoynye borealnoy zony* [Conifers of Boreal Zones]. XXVII, № 1–2, 2010. Pp. 18–24.

9. Rutkovskiy I.V. Sostoyanie lesnogo semenovodstva i perspektivy ego razvitiya [Situation in Forest Seedage and Prospects of its Development]. *Pyatyy vserossiyskiy sezd lesovodov (25-27 fevralya 2003 g.)* [V All-Russian Meeting of Foresters (February 25-27, 2003)]. Moscow: VNIILM, 2003. Pp. 190–194.

10. Rone V.M. *Geneticheskyy analiz lesnykh populyatsiy* [Genetic Analysis of Forest Populations]. Moscow: Nauka, 1980. 160 p.

11. Petrov S.A. Sistema plyusovoy selektsii [Plus Selection System]. *Razrabotka osnov sistem selektsii drevesnykh porod: tezisy dokladov soveshchaniya. Ch. I.* [Elaboration of Fundamentals of Selection Systems of Woody Species: abstracts of meeting. Part 1]. Riga: Zinatne, 1981. Pp. 103–105.

12. Potylev V.G. Problemy lesnogo selektsionnogo semenovodstva [Problems of Forest Selection Seedage]. *Lesokhozyaystvennaya informatsiya* [Information of Forestry]. 1997. № 3. Pp. 14–30.

13. Tsarev A.P., Laur N.V. Voprosy i problemy plyusovoy selektsii [Problems of Plus Selection]. *Lesnoy vestnik* [Collected papers on Forestry]. 2006. № 5. Pp. 118–123.

14. Besschetnov V.P., Besschetnova N.N., Ornatkiy A.N. Selekcionno-geneticheskie aspekty lesnogo semenovodstva [Selection-Genetics Aspects of Forest Seedage]. *Trudy fakulteta lesnogo khozyaystva Nizhegorodskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii: sbornik nauchnykh statey* [Papers of the Faculty of Forestry of Nizhny Novgorod Agricultural Academy: collected papers]. Nizhny Novgorod: NGSkHA, 2011. № 1 (1). Pp. 5–34.

15. Besschetnova N.N. *Sosna obyknovennaya (Pinus sylvestris L.). Selekcionnyy potentsial plyusovykh derevev* [Scotch 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.

16. Rogozin M.V. K voprosu ob obore urozhaynykh derevev sosny obyknovennoy [To the Problem of Selection of Productive Trees of Scotch Pine]. *Izvestiya vuzov. Lesnoy zhurnal* [News of Universities, Forest Journal]. № 6, 1978. Pp. 8–11.

17. Sakharov V.I. *Metody otsenki ekologo-geneticheskoy struktury populyatsiy drevesnykh vidov dlya vybora modeli selektsii* [Methods for Assessment of Ecological and Genetic Structure of Woody Species Population for Selection Model Selection]. Almaty, 2006. 384 p.

18. Besschetnova N.N. Semenovodstvo sosny obyknovennoy v Nizhegorodskoy oblasti [Seed Industry of Scotch Pine in Nizhny Novgorod Oblast]. *Plodovodstvo, semenovodstvo, introduktsiya drevesnykh rasteniy* [Fruit Growing, Seed Farming, Introduction of Woody Plants]. *Materialy VI Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii (22-24 oktyabrya 2003, Krasnoyarsk)* [Materials of VI International Scientific Conference (October 22-24, 2003, Krasnoyarsk, )]. Krasnoyarsk: SibGTU, 2003. Pp. 10–13.

19. Besschetnova N.N. Sostoyanie i perspektivy razvitiya lesosemennykh plantatsiy sosny obyknovennoy (Pinus silvestris L.) v Nizhegorodskoy oblasti [Present-Day Situation and Perspectives for Development of Seed Plantations of Scotch Pine (Pinus silvestris L.) in Nizhny Novgorod Oblast] *Lesa i lesnoe khozyaystvo v usloviyakh rynka: problemy i perspektivy ustoychivogo razvitiya: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (27-28 noyabrya 2003, Almaty), v 2-kh knigakh. Kniga 2* [Forests and Forestry in Market Conditions: Problems and Perspectives for Sustainable Development: materials of International research and practice conference (November 27-28, 2003, Almaty, ), in two volumes. Book 2]. Almaty: Kazakh National Agrarian University, 2003. Pp. 59–64.

20. Nikitin K.E., Shvidenko A.Z. *Metody i tekhnika obrabotki lesovodstvennoy informatsii* [Methods and Technology of Forest Information Processing]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1978. 272 p.

21. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta* [Field Study Method] Moscow: Kolos, 1985. 416 p.

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

23. Besschetnov V.P., Besschetnova N.N. Mnogomernaya identifikatsiya plyusovykh derevov sosny obyknovnoy (Pinus sylvestris L.) v klaster-nom analize po parametram shishek [Multiple Identification of Plus Trees of Scotch Pine (Pinus sylvestris L.) in Cluster Analysis by Cones]. *Izvestiya Orenburgskogo agrarnogo universiteta* [News of Orenburg Agrarian University]. № 3(35). 2012. Pp. 8 – 11.
24. Besschetnov V.P., Besschetnova N.N. Selektionnaya otsenka plyusovykh derevov sosny obyknovnoy (Pinus sylvestris L.) po parametram shishek [Selection Assessment of Plus Trees of Scotch Pine (Pinus sylvestris L.) by Cones Parameters]. *Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta im. N.I. Vavilova. Estestvennye, tekhnicheskie, ekonomicheskie nauki* [Vestnik of Saratov State Agrarian University named after N.I.Vavilov]. 2012. № 6. Pp. 13 – 16.
25. Besschetnov V.P., Besschetnova N.N. Mnogomernaya otsenka plyusovykh derevov sosny obyknovnoy (Pinus sylvestris L.) po morfometricheskim parametram semyan [Multidimensional Assessment of Plus Trees of Scotch Pine (Pinus sylvestris L.) by Morphometric Seed Analysis]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoy vestnik* [Vestnik of Moscow State Forest University - Forest Vestnik]. 2013. № 3 (79). Pp. 11 – 16.
26. Besschetnova N.N. Izmenchivost shishek u predstaviteley klonovykh reproduksiy plyusovykh derevov sosny obyknovnoy [Cones Variability of Representatives of Clone Reproductions of Plus Trees of Scotch Pine]. *Plodovodstvo, semenovodstvo, introduktsiya drevesnykh rasteniy: materialy VII Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii (15 – 17 sentyabrya 2004, Krasnoyarsk)* [Fruit Growing, Seedage, Introduction of Woody Species: materials of VII International scientific conference (September, 15 – 17 2004, Krasnoyarsk)]. Krasnoyarsk: SibGTU, 2004. Pp. 27 – 30.
27. Besschetnova N.N. Ekologicheskie aspekty formirovaniya assortimenta lesosemennykh plantatsiy sosny obyknovnoy v Nizhegorodskoy oblasti [Ecological Aspects of Formation of Assortment of Forest-Seed Plantations of Scotch Pine in Nizhny Novgorod Oblast]. *Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova*. [Vestnik of BSTU named after B.G.Shukhov]. Belgorod: BSTU, 2004. № 8. Pp. 20 – 22.
28. Besschetnova N.N. Mnogofaktornyy analiz klonov plyusovykh derevov sosny obyknovnoy v usloviyakh lesosemennykh plantatsiy [Multi-factor Analysis of Clones of Plus Trees of Scotch Pine in Sustainable Forest-Seed Plantations]. *Lesovodstvo Nizhegorodskoy oblasti na rubezhe vekov: sbornik nauchnykh trudov po materialam nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Forestry of Nizhny Novgorod Oblast at the Turn of XXth Century: collected papers of research and practice conference materials]. Nizhny Novgorod: NGSKhA, 2004. Pp. 14 – 27.
29. Besschetnova N.N. Kompleksnaya otsenka klonov plyusovykh derevov sosny obyknovnoy na obektakh postoyannoy lesosemnoy bazy v Nizhegorodskoy oblasti [Complex Assessment of Clones of Plus Trees of Scotch Pine at the Objects of Permanent Forest-Seed Base in Nizhny Novgorod Oblast]. *Vavilovskie chteniya – 2004: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 117-y godovshchine so dnya rozhdeniya akademika Nikolaya Ivanovicha Vavilova (24-26 noyabrya 2004, Saratov)*. Sektsiya melioratsii, agrolesomelioratsii i lesovodstva [Vavilov Readings-2004: materials of All-Russian research and practice conference devoted to 117th anniversary since the birth of Nikolay Ivanovich Vavilov (November 24-26, 2004, Saratov). «Amelioration, Agricultural Forest Amelioration and Forestry» workshop]. Saratov: Saratovskiy GAU, 2004. Pp. 93 – 96.
30. Leytas A.M., Kalnina A.A., Shmite M.V., Negitis P.E. Sostoyanie, opyt primeneniya i perspektivy razvitiya matematicheskogo obespecheniya statisticheskikh metodov analiza eksperimentalnykh dannykh NPO «Silava» [Present-day Situation, Experience and Perspectives of Development of Mathematical Support of Statistical Methods of Experimental Data Analysis of Scientific Development and Production Center «Silava»]. *Vychislitelnye metody resheniya nauchnykh i tekhnicheskikh problem lesnogo khozyaystva* [Computational Methods for Solution of Research and Technical Problems of Forestry]. Riga: Zinatne, 1983. Pp. 20 – 32.
31. Mamaev S.A. Formy vnutrividovoy izmenchivosti drevesnykh rasteniy (na primere semeystva Pinaceae na Urale) [Forms of Intraspecific Variability of Woody Plants (based on Pinaceae family at the Ural)]. Moscow: Nauka, 1972. 283 p.
32. Tausz M., Bytnerowicz A., Arbaugh M.J., Wonisch A., Grill D. Multivariate Patterns of Biochemical Responses of Pinus Ponderosa Trees at Field Plots in the San Bernardino Mountains, Southern California. *Tree Physiology*. Victoria, Canada: Heron Publishing. 2001. Vol. 21 (5). Pp. 329 – 336. URL: <http://treephys.oxfordjournals.org/content/21/5/329.full.pdf+html> D. Grill // (29.03.2012)

The article was received 04.02.14.

**Citation for an article:** N.N. Besschetnova, V.P. Besschetnov, S.A. Denisov, V.L. Chernykh. Multidimensional assessment of plus trees of scotch pine (*Pinus Sylvestris L.*) on seed yield from cones. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management*. 2014. No 2(22). Pp. 21-35.

### 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. The author of 71 publications.

*BESSCHETNOV Vladimir Petrovich* – Doctor of Biological Sciences, Professor, First Vice Rector, 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 more than 100 publications.

*DENISOV Sergey Alexandrovich* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head at the Chair of Forestry, Volga State University of Technology. Research interests – silviculture, biology and ecology of woody species, forest ecology, forestry, forest fires. The author of more than 140 publications.

*CHERNYKH Valeriy Leonidovich* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head at the Chair of 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 more than 250 publications.

УДК: 630\*231+630\*181.64

## ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ ПОДРОСТА СОСНЫ В УСЛОВИЯХ НЕНАРУШЕННЫХ И СЛАБОНАРУШЕННЫХ ЛЕСНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ СРЕДНЕГО УРАЛА

**М. В. Ермакова**

Ботанический сад УрО РАН,  
Российская Федерация, 620144, Екатеринбург, ул.8 Марта, 202 а  
E-mail: M58\_07E@mail.ru

*Изучена морфологическая и дендрометрическая структура подроста сосны обыкновенной в условиях ненарушенных и слабонарушенных лесных фитоценозов Среднего Урала. Выявлена взаимосвязь постепенного увеличения численности деревьев с морфологическими нарушениями ствола с возрастанием признаков антропогенного воздействия. Проведён анализ сопряжённого распределения деревьев сосны по ранговым классам диаметра, высоты и относительной высоты и морфологическим группам. Определены основные направления регенерационного процесса после повреждения ствола у деревьев сосны I класса возраста.*

**Ключевые слова:** подрост сосны обыкновенной; морфологические нарушения ствола; дифференциация деревьев; ранговое распределение.

**Введение.** В основополагающей концепции устойчивого лесопользования заложена необходимость сохранения биологического разнообразия живой природы, её продуктивности и возобновления в целях обеспечения экономических, социальных и духовных потребностей ныне существующего и будущего поколений [1,2].

Формирование древостоев, как всякий пространственно-временной процесс, протекает в условиях постоянных изменений окружающей среды вследствие влияния различных абиотических и биотических факторов, в том числе обусловленных деятельностью человека [3–5].

До настоящего времени при изучении структуры древостоев травмированные деревья, как и имеющие пороки формы ствола, оцениваются как фаутные, т.е. не имеющие коммерческой ценности [6,7]. Как правило, подсчитывается численность таких деревьев, но затем, в дальнейших исследованиях, они искусственно исключаются из состава древостоя. В действительности же, вследствие последующих процес-

сов регенерации травмированные деревья в определённой степени восстанавливаются и сохраняют свою жизнеспособность и, соответственно, продолжают функционировать в структуре древостоя. В результате, искусственное вычленение повреждённых деревьев из состава древостоя неизбежно приводит к существенному искажению оценки формирования их структуры. Это касается и ненарушенных и слабонарушенных рекреационным воздействием лесных фитоценозов (своего рода контрольных объектов), в которых, как свидетельствует практика, также всегда присутствует некоторое количество травмированного подроста.

В целом, вопросы дальнейшего функционирования травмированных деревьев становятся весьма актуальными в условиях интенсивного рекреационно-хозяйственного воздействия, затрагивающего обширные территории. Наиболее актуально это для подроста хозяйственно ценных хвойных древесных видов, который всё в больших масштабах страдает от повреждений (травм) стволов [4,5].

**Цель** данной работы – изучить влияние посттравматических нарушений морфогенеза ствола на формирование структурно-функциональной организации подроста сосны в условиях ненарушенных и слабонарушенных лесных фитоценозов Зауралья.

#### **Объекты и методика исследований.**

Объекты исследований располагались на территории Свердловской области в границах Зауральской холмисто-предгорной провинции Западно-Сибирской равнинной лесорастительной области [8].

Для проведения исследований подбирались участки подроста сосны I класса возраста в условиях 1–2 стадии рекреационной дигрессии. Лесоводственно-таксационное описание и определение типов леса на пробных площадях (далее ПП) естественных молодняков сосны (табл.1) проводили в соответствии с задачами исследований [8–9]. Оценка стадий рекреационной дигрессии проводилась на основе существующих требований [10].

По состоянию живого напочвенного покрова на ПП он дополнительно подразделялся на четыре категории:

1 – травяной ярус не повреждён, отсутствуют тропинки;

2 – травяной ярус не повреждён или повреждён незначительно (суммарная площадь, вытоптанная до минерального

горизонта, составляет < 1,0 % от общей площади участка) и отсутствуют тропинки;

3 – травяной покров повреждён незначительно (суммарная площадь, вытоптанная до минерального горизонта, составляет от 1,0 до 5,0 % от общей площади участка) при наличии одной – двух тропинок;

4 – травяной покров повреждён незначительно (суммарная площадь, вытоптанная до минерального горизонта, составляет от 1,0 до 5,0 % от общей площади участка) при наличии более чем двух тропинок.

На каждой пробной площади было измерено не менее 100 экземпляров подроста. У каждого экземпляра измерялись диаметры на середине высоты ( $d_{5H}$ , см) и высота ( $h_{ств.}$ , см).

Распределение экземпляров подроста сосны по ранговым классам осуществлялось с применением конкретных ранговых коэффициентов [11]. Расчёт ранговых коэффициентов проводился по отношению к значениям среднего [9]:

$$R_{cp.} = M_{it} / M_{cp.t.},$$

где  $R_{cp.}$  – ранговый коэффициент по отношению к среднему;  $M_{it}$  – размеры  $i$ -го экземпляра подроста в момент  $t$ ;  $M_{cp.t.}$  – размеры среднего экземпляра подроста в популяции в момент  $t$ .

Таблица 1

#### **Характеристика ПП подроста сосны**

№ ПП	Тип леса	Экотоп	Средний возраст подроста, лет, ( $M \pm m$ )	Густота, тыс. экз. на 1 га
1	С лиш.-бр.	гарь-вырубка	13,5 ± 0,14	122,50
2	С бр.	гарь-вырубка	13,4 ± 0,11	71,25
3	С бр.	вырубка	7,7 ± 0,07	12,38
4	С бр.	вырубка	7,7 ± 0,17	8,35
5	С ртр.	зброшенный сенокос	7,1 ± 0,13	1,77
6	С яг.	зброшенный сенокос	13,1 ± 0,17	15,11
7	С ртр	зброшенный сенокос	9,6 ± 0,16	5,00
8	С ртр	зброшенный сенокос	6,1 ± 0,20	3,66
9	С яг.	вырубка	9,0 ± 0,14	4,40
10	С яг.	вырубка	8,2 ± 0,09	12,14
11	С ртр.	вырубка	11,2 ± 0,20	8,23

Морфологические группы подроста по характеристикам нарушения структуры ствола определялись по разработанной нами методике [12,13]. Данная методика основана на сравнительном сопоставлении встречающихся нарушений структуры ствола сосны с характеристиками архитектурной биоморфологической модели Rauh [14]: «модель дерева одноствольного, кронообразующего, поликарпического с пазушными соцветиями на ветвях кроны; формируется в результате ритмичного нарастания моноподиального ствола и ортотропных ветвей кроны». Архитектурная модель Rauh, характеризующая расположение побегов (модулей) в пределах общей конфигурации растения, отражает генетически закреплённую программу развития.

Классификация включает три морфологических группы: 1 – нет нарушений (**Н**); 2 – нарушение моноподиальности при сохранении одноствольности в нижней, средней и (или) верхней части или единичное нарушение одноствольности с сохранением моноподиальности в нижней или верхней части ствола (**Нс**); 3 – нарушение одноствольности с сохранением моноподиальности в средней части ствола, часто в сочетании с нарушением моноподиальности и одноствольности в разных частях ствола (**Ан**).

Данные, полученные в процессе исследований, были обработаны с применением методов вариационной статистики [15].

**Результаты исследований и их об-суждение.** Анализ полученных данных показал (табл. 2), что по состоянию травяного покрова ПП 3, 4, 5, 6 и 9 относятся к условно ненарушенным лесным фитоценозам (1-я стадия рекреационной дигрессии), а остальные ПП – к слабонарушенным (2-я стадия рекреационной дигрессии). Кроме того, ПП различались по состоянию живого напочвенного покрова по категориям состояния.

Таблица 2

**Краткая характеристика ПП по состоянию живого напочвенного покрова**

№ ПП	Категория состояния	Стадия дигрессии
1	3	2
2	3	2
3	1	1
4	2	1
5	2	1
6	2	1
7	4	2
8	4	2
9	1	1
10	3	2
11	3	2

Таблица 3

**Распределение экземпляров подроста сосны по морфологическим группам**

№ ПП	Численность от общего количества, %		
	<b>Н</b>	<b>Нс</b>	<b>Ан</b>
1	42,9	46,9	10,2
2	47,4	42,1	10,5
3	80,5	18,5	1,0
4	72,4	25,3	2,3
5	68,5	27,2	4,3
6	69,1	27,9	3,0
7	41,4	22,4	36,2
8	65,8	9,8	24,4
9	78,2	19,1	2,7
10	61,8	30,3	7,9
11	47,0	41,2	11,8

Подрост сосны на ПП также заметно различался и по численности подроста разных морфологических групп (табл. 3). Несмотря на то, что по характеристикам состояния травяного покрова и развития тропинойной сети ПП относились к ненарушенным и слабонарушенным лесным фитоценозам (1–2 стадия рекреационной дигрессии), на некоторых из них присутствовало значительное количество экземпляров подроста с существенными

морфологическими нарушениями ствола (морфологическая группа **Ан** – нарушение одноствольности). По всей видимости, эти объекты (ПП 1, 2, 7 и 8) испытали ранее довольно заметное, но кратковременное, рекреационно-хозяйственное воздействие. Такой уровень воздействия значительно выше всего отразился на подросте и, намного меньше, на травяном покрове. Таким образом, состояние морфологической структуры стволов подроста сосны в определённой степени оказалось более информативным показателем для оценки имевшего место антропогенного воздействия.

При помощи многомерных методов анализа по количеству экземпляров разных морфологических групп (в % от общей численности) все ПП сосны распределились на пять кластеров (табл. 4). Отметим, что в процедуре кластеризации параметр густоты оказался незначимым.

Нами было выдвинуто предположение, что определённое влияние на варьирование соотношения количества экземпляров подроста разных групп может быть связано и с различиями в состоянии живого напочвенного покрова и тропичной сети.

Наибольшее количество экземпляров с нарушением одноствольности – **Ан**

(кластеры 3, 4 и 5) отмечено в условиях наиболее сильного (для наших исследований) антропогенного воздействия, а наименьшее – в кластере 2, где практически отсутствовали признаки рекреации. Однако в отношении группы **Н** и **Нс** подобная связь не просматривается.

По степени ухудшения морфологической структуры стволов (прежде всего, возрастания численности экземпляров подроста группы **Ан**) кластеры можно примерно распределить в следующей последовательности: кластер 2 – кластер 1 – кластер 5 – кластер 3 – кластер 4 (табл.4).

Исследованные ПП различаются не только по численности экземпляров подроста разных морфологических групп, но и по возрасту и, соответственно, по дендрометрическим характеристикам. Следовательно, оценить общую структуру подроста возможно только на основе анализа статистических характеристик распределения по трём основным дендрометрическим показателям – диаметру на середине высоты ( $d_{0,5h}$ ), высоте ( $h_{ств.}$ ) и относительной высоте ( $h_{ств.}/d_{0,5h}$ ), а также сопряжённого распределения по соответствующим ранговым классам и морфологическим группам.

Таблица 4

Распределение ПП по кластерам

№ кластера	№ ПП	Густота подроста, экз. на 1 га, (min – max)	Среднее количество экземпляров подроста разных морфологических групп, %		
			<b>Н</b>	<b>Нс</b>	<b>Ан</b>
1	4,5,6,10	1,77 – 5,04	67,9	27,7	4,4
2	3, 9	4,40 – 12,38	79,3	18,8	1,9
3	8	3,66	65,8	9,8	24,4
4	7	5,00	41,4	22,4	36,2
5	1,2,11	8,23 – 122,50	45,8	43,4	10,8

Как видно из данных табл. 5, практически на всех ПП независимо от возраста и численности разных морфологических групп уровень изменчивости [16] по диаметру на середине высоты

ствола ( $d_{0,5h}$ ) характеризовался как очень высокий, что также подтверждается значительной величиной АРЧ (амплитуда редуционных чисел): 1,778–2,583.

Таблица 5

## Статистические характеристики подростка сосны на ПП

№ ПП	Показатель	Статистики							
		М ср.	m	V, %	As	$m_{As}$	Ex	$m_{Ex}$	АРЧ
Кластер 2									
3	$d_{0,5h}$	1,1	0,03	51,61	0,915	0,1414	0,503	0,2819	2,455
	h	91,0	2,33	44,21	0,380	0,1414	-0,541	0,2819	2,000
	$h/d_{0,5h}$	87,1	1,36	26,96	0,901	0,1414	1,458	0,2819	1,722
9	d	0,9	0,04	46,73	0,990	0,2304	1,002	0,4570	2,333
	h	78,2	3,12	41,82	0,633	0,2304	-0,469	0,4570	1,698
	$h/d_{0,5h}$	90,8	1,69	19,53	-0,233	0,2304	0,092	0,4570	1,016
Кластер 1									
4	$d_{0,5h}$	1,0	0,05	43,90	0,054	0,2582	-0,525	0,5111	2,000
	h	87,1	4,02	43,07	0,387	0,2582	-0,295	0,5111	1,906
	$h/d_{0,5h}$	92,6	2,33	23,41	0,646	0,2582	0,518	0,5111	1,074
5	$d_{0,5h}$	1,0	0,05	43,15	0,637	0,2513	0,101	0,4977	2,100
	h	63,9	2,91	43,77	0,774	0,2513	0,342	0,4977	1,941
	$h/d_{0,5h}$	64,9	1,10	16,47	0,629	0,2513	1,162	0,4977	1,009
6	$d_{0,5h}$	2,1	0,13	53,03	0,419	0,2908	-0,716	0,5740	2,143
	h	226,8	12,1	44,10	0,258	0,2908	-1,059	0,5740	1,627
	$h/d_{0,5h}$	119,5	3,64	25,11	1,165	0,2908	1,471	0,5740	1,281
10	$d_{0,5h}$	0,6	0,03	49,04	1,063	0,2756	1,978	0,5448	2,500
	h	67,1	2,40	31,13	0,190	0,2756	-0,471	0,5448	1,341
	$h/d_{0,5h}$	129,6	4,51	30,36	0,796	0,2756	0,810	0,5448	1,474
Кластер 5									
1	$d_{0,5h}$	1,2	0,11	64,31	1,560	0,3398	2,010	0,6681	2,583
	h	253,6	10,6	29,33	-0,168	0,3398	-0,698	0,6681	1,171
	$h/d_{0,5h}$	256,0	11,3	30,94	0,408	0,3398	1,098	0,6681	1,573
2	$d_{0,5h}$	2,6	0,25	68,11	0,719	0,3304	-0,280	0,6501	2,577
	h	316,2	9,5	22,78	-0,121	0,3163	-0,223	0,6231	1,148
	$h/d_{0,5h}$	161,6	5,09	23,78	0,480	0,3163	-0,101	0,6231	0,999
11	$d_{0,5h}$	2,2	0,20	63,43	1,142	0,3335	0,217	0,6559	2,273
	h	206,8	13,4	46,13	0,488	0,3335	-0,748	0,6559	1,601
	$h/d_{0,5h}$	102,1	4,20	29,36	2,367	0,3335	2,030	0,6559	1,826
Кластер 3									
8	$d_{0,5h}$	0,4	0,04	58,04	0,873	0,3695	-0,355	0,7245	2,250
	h	33,6	3,27	62,25	0,698	0,3695	-0,729	0,7245	2,232
	$h/d_{0,5h}$	74,8	2,11	18,04	0,056	0,3695	-0,542	0,7242	0,749
Кластер 4									
7	$d_{0,5h}$	1,8	0,11	47,94	0,724	0,3137	-0,471	0,6181	1,778
	h	130,9	7,44	43,28	0,828	0,3137	0,067	0,6181	1,856
	$h/d_{0,5h}$	75,4	1,86	18,75	-0,097	0,3137	0,767	0,6181	1,070

**Примечание:** V – коэффициент вариации; As – асимметрия;  $m_{as}$  – ошибка асимметрии; Ex – эксцесс;  $m_{ex}$  – ошибка эксцесса; АРЧ – амплитуда редуционных чисел.

Также независимо от возраста и численности экземпляров подроста разных морфологических групп распределение по  $d_{0,5h}$  на большинстве ПП было нормальным или близким к нормальному. Отклонением от нормального распределения согласно характеристикам асимметрии и эксцесса отличалось распределение по  $d_{0,5h}$  на ПП 10 (кластер 1), ПП 9 (кластер 2) и ПП 1 (кластер 5). На ПП 3 (кластер 2) и ПП 27 (кластер 5) распределение по  $d_{0,5h}$  отличалось довольно сильной правосторонней асимметрией, однако по параметрам эксцесса оно было близко к нормальному. Таким образом, не было выявлено взаимосвязи между численностью деревьев разных морфологических групп и показателями распределения по  $d_{0,5h}$ .

По высоте ( $h_{ств.}$ ) уровень изменчивости экземпляров подроста практически на всех ПП, независимо от возраста и численности разных морфологических групп, находился в пределах от «повышенного» до «очень высокого».

По значениям асимметрии и эксцесса (с учётом их ошибок) распределение по  $h_{ств.}$  практически на всех ПП, независимо от возраста и численности экземпляров подроста разных морфологических групп, было нормальным или близким к нормальному, что, в частности, подтверждается и несколько меньшими по сравнению

с  $d_{0,5h}$  величинами амплитуды редукционных чисел (АРЧ): 1,148–2,232.

Показатели изменчивости (уровень изменчивости от среднего до повышенного) по относительной высоте оказались не связанными с численностью экземпляров подроста разных морфологических групп. Это, в определённой степени, подтверждается и меньшими по сравнению с  $d_{0,5h}$  и  $h_{ств.}$  величинами АРЧ для  $h_{ств.}/d_{0,5h}$ : 0,749–1,826.

Анализ распределения подроста по ранговым классам  $d_{0,5h}$  и  $h_{ств.}$  (рис. 2, 3) показал, что на всех исследованных ПП наибольшую часть составляли экземпляры низших (III–V) классов  $d_{0,5h}$  (72,4–91,9 % от общего количества) и низших (III–V) классов высоты (55,2–85,8 % от общего количества). Лидеры и сублидеры (II–I класс) по диаметру и высоте были представлены в значительно меньшем количестве.

При анализе сопряжённого распределения по ранговым классам и морфологическим группам (рис. 1–2) установлено, что при увеличении общей численности экземпляров подроста морфологических групп **Нс** и **Ан** постепенно возрастает и их доля участия во всех ранговых классах по диаметру и высоте, в том числе среди лидеров и сублидеров, которые в ближайшие годы будут определять горизонтально-вертикальную структуру древостоя.

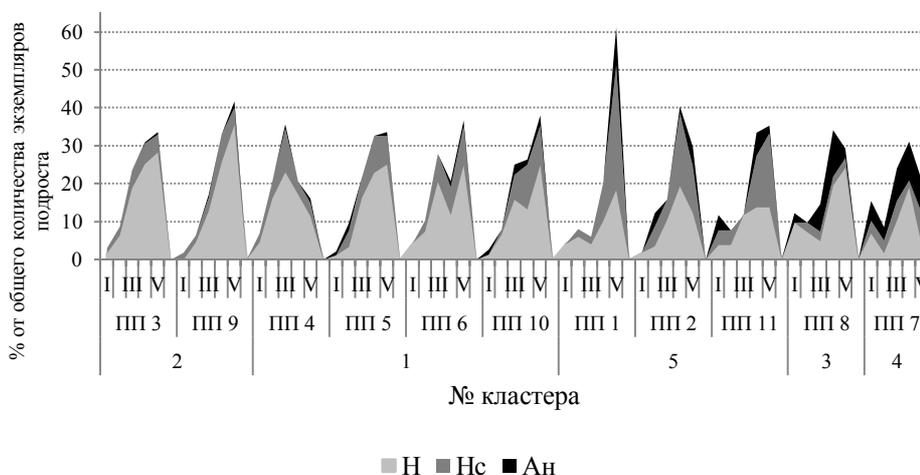


Рис. 1. Сопряжённое распределение по ранговым классам диаметра и морфологическим группам подроста (I–V – ранговые классы)

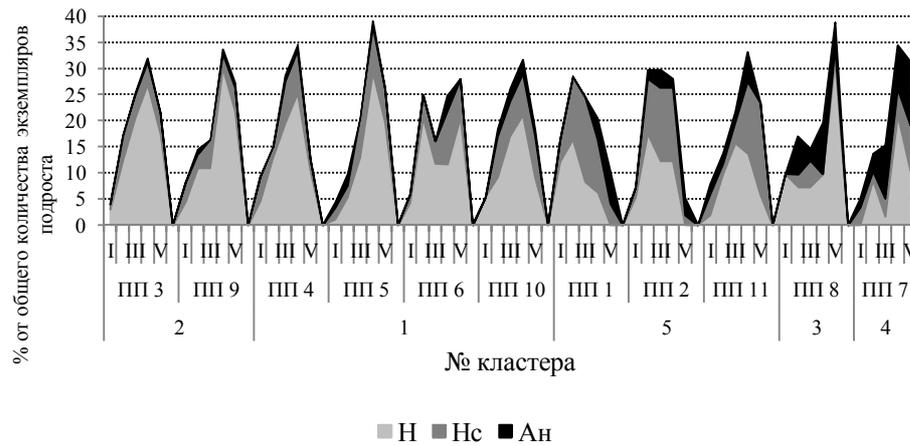


Рис. 2. Сопряжённое распределение по ранговым классам высоты и морфологическим группам подроста (I–V – ранговые классы)

Основную часть на всех исследованных ПП составляли деревья низших (III–V) классов относительной высоты (рис. 3), характеризующихся соразмерными параметрами по высоте и диаметру. Лидеры и сублидеры по относительной высоте, т.е. отличающиеся несоразмерным ростом по высоте и диаметру, были представлены в значительно меньшем количестве. С возрастом общего количества экземпляров подроста групп **Нс** и **Ан** проявляется определённая тенденция увеличения их присутствия во всех ранговых классах относительной высоты.

Таким образом, структура подроста сосны в условиях ненарушенных и слабонарушенных лесных фитоценозов определяется, прежде всего, особенностями условий формирования естественных молодняков и не зависит непосредственно от численности деревьев разных морфологических групп. Это позволяет говорить о том, что в условиях ненарушенных и слабонарушенных лесных фитоценозов восстановительные (регенерационные) процессы после повреждения деревьев способны обеспечивать поддержание естественной дендрометрической структуры молодняков.

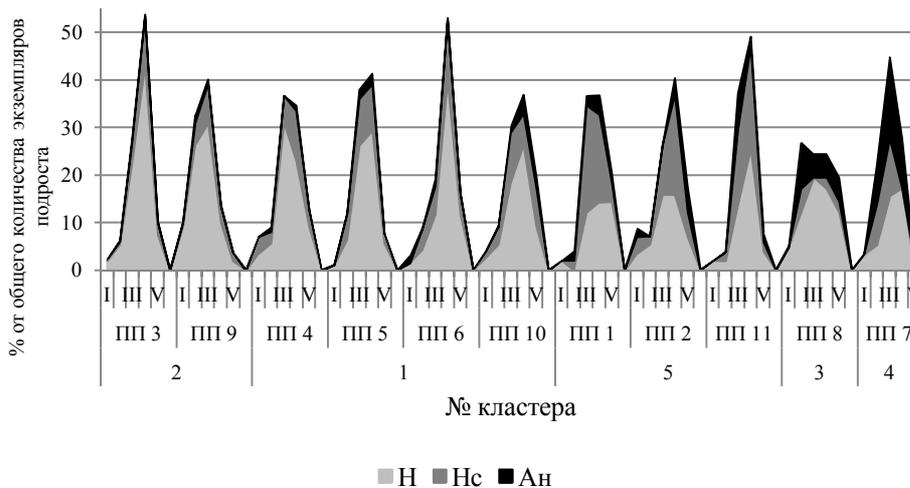


Рис. 3. Сопряжённое распределение по ранговым классам относительной высоты и морфологическим группам подроста (I–V – ранговые классы)

**Выводы.** Результаты наших исследований впервые позволили установить, что в условиях ненарушенных и слабонарушенных лесных фитоценозов численность травмированных экземпляров подроста может быть весьма значительной. Количество таких экземпляров (особенно морфологической группы **Ан**) постепенно увеличивается по мере возрастания признаков повреждения травяного покрова и представляет собой важный информативный индикатор рекреационно-хозяйственного воздействия. С увеличением численности экземпляров подроста морфологических

групп **Нс** и **Ан** постепенно возрастает их участие во всех ранговых классах высоты и диаметра, в т.ч. и среди лидеров и сублидеров. В целом, регенерационные процессы после повреждения ствола экземпляров подроста сосны в условиях ненарушенных и слабонарушенных лесных фитоценозов обеспечивают поддержание жизнеспособности травмированных деревьев и структурно-функциональной организации подроста в соответствии с генетически закреплённой программой развития и ориентированы на восстановление моноподиальности и одноствольности.

#### Список литературы

1. Порфирьев, В. Норма устойчивого лесопользования / В.Порфирьев // Дерево. RU. – 2006. – № 4. – С. 39-40.
2. Skov, F. Predicting plant species richness in a managed forest / F.Skov, J.-C.Svenning // Forest Ecology and Management. – 2003. – Vol. 180, №1-3. – Pp. 583-593.
3. Бех, И.А. Проблема устойчивости в лесоведении / И.А.Бех, А.М.Данченко // Вестник Томского государственного университета. – 2007. – № 295. – С. 215-219.
4. Сеннов, С.Н. Итоги 60-летних наблюдений за естественной динамикой леса / С. Н. Сеннов. – СПб.: СПбНИИЛХ, 1999. – 98 с.
5. Сеннов, С.Н. Проблемы лесоведения / С. Н. Сеннов // Труды СПбНИИЛХ. – СПб., 2001. – Выпуск 5(9). – 57 с.
6. Вакин, А.Т. Пороки древесины / А.Т.Вакин, О.И.Полубояринов, В.А.Соловьев. – М.: Лесная промышленность, 1980. – 112 с.
7. Матвеев-Мотин, А.С. Скрытые пороки древесины и способы их распознавания / А.С.Матвеев-Мотин, И.А.Алексеев. – М.: Гослесбумиздат, 1963. – 208 с.
8. Колесников, Б.П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области. Практическое руководство / Б.П.Колесников, Р.С.Зубарева, Е.П.Смолоногов. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1974. – 176 с.
9. Маслаков, Е.Л. Формирование сосновых молодняков / Е.Л. Маслаков. – М.: Лесная промышленность, 1984. – 166 с.
10. Казанская, Н.С. Рекреационные леса / Н.С.Казанская, В.В.Ланина, Н.Н.Марфенин. – М.: Лесная промышленность, 1977. – 96 с.
11. Высоцкий, К.К. Закономерности строения смешанных древостоев / К.К.Высоцкий. – М.: Гослесбумиздат, 1962. – 178 с.
12. Ермакова, М.В. Морфологическое состояние деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в лесных культурах Уральского региона / М.В.Ермакова // Аграрный вестник Урала. – 2009. – № 6. – С. 68-71.
13. Ермакова, М.В. Характеристика деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) I класса возраста с пороками формы ствола / М.В.Ермакова // Аграрный вестник Урала. – 2008. – № 12. – С. 81-84.
14. Жмылев, П.Ю. Биоморфология растений: иллюстрированный словарь / П.Ю.Жмылев, Ю.Е.Алексеев, Е.А.Карпухина, С.А. Баландин – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 256 с.
15. Халафян, А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных / А.А.Халафян. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2008. – 512 с.
16. Мамаев, С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений / С.А. Мамаев. – М.: Наука, 1973. – 284 с.

Статья поступила в редакцию 24.06.13

**Ссылка на статью:** Ермакова М. В. Особенности структуры подроста сосны в условиях ненарушенных и слабонарушенных лесных фитоценозов Среднего Урала // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2014. – № 2 (22). – С. 36-45.

#### Информация об авторе

**ЕРМАКОВА Мария Викторовна** – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Ботанический сад УрО РАН. Область научных интересов – морфология насаждений, возобновление леса, дендрология. Автор 96 публикаций.

**PECULIARITIES OF STRUCTURE OF SCOTCH PINE YOUNG GROWTHS  
IN THE CONDITIONS OF VIRGIN AND LIGHTLY DISTURBED FOREST COMMUNITIES  
IN MIDDLE URALS**

*M.V. Yermakova*

Botanical garden of Ural Department of Russian Academy of Sciences,  
202 a, 8 Marta St., Ekaterinburg, 620144, Russian Federation  
E-mail: M58\_07E@mail.ru

**Key words:** *undergrowth of Scotch pine; morphological infringements of a trunk; differentiation of trees; rank distribution.*

**ABSTRACT**

*The results of the researches of the injured trees functioning (young trees of Scotch pine) are presented. The objects of the researches are located in Sverdlovsk oblast (Zauralskiy hilly area). Assessment of the recreational digression stages was carried out in accordance with the requirements of an additional division into 4 categories depending on grass layer condition. Distribution of the specimen of young growths of Scotch pine was made by rank classes and morphology structure of a trunk in line with an original technique which includes three morphological groups: 1 - no infringement (H); 2- infringement of monopodial feature in preservation of one-trunk structure in the bottom, middle and (or) top part or individual infringement of one-trunk structure with preservation of monopodial feature in the bottom or top part of a trunk (Ns); 3 - infringement of one-trunk structure with preservation of monopodial feature in the middle part of a trunk often in combination with infringement of monopodial feature and one-trunk structure in different parts of a trunk (An). The analysis of the conjugate distribution in rank classes and morphological groups was carried out. It was determined that with the increase of young growths of Scotch pine, morphological infringement of a trunk grows little by little and a share of such trees presence among leaders and sub-leaders in diameter and height also grows. However, the structure of young growths of Scotch pine in the conditions of virgin and lightly disturbed forest communities is, first of all, defined by the peculiarities of natural young growths formation and it does not directly depend on the number of trees of different morphological groups. Thus, it was determined that in the conditions of virgin and lightly disturbed forest communities regenerative processes may provide maintenance of natural structure of young growths after damage of trees.*

**REFERENCES**

1. Porfirev V. Norma ustoychivogo lesopolzovaniya [Standard of Sustainable Forest Management]. *Derevo.RU* [Tree.RU]. 2006. №4. Pp. 39-40.
2. Skov F., Svenning J.-C. Predicting Plant Species Richness in a Managed Forest. *Forest Ecology and Management*. 2003. №1-3. Vol. 180. Pp. 583-593.
3. Bekh I.A., Danchenko A.M. Problema ustoychivosti v lesovedenii [Sustainability Problem in Forestry]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta* [Vestnik of Tomsk State University]. 2007. № 295. Pp. 215-219.
4. Sennov S.N. *Itogi 60-letnikh nablyudeniy za estestvennoy dinamikoy lesa* [Results of 60-Year Observations after Natural Forest Dynamics]. Saint-Petersburg: SPbNIILKH, 1999. 98 p.
5. Sennov S.N. Problemy lesovedeniya [Forestry Problems]. *Trudy SPbNIILKH* [Proceedings of Saint-Petersburg Research Institute of Forestry]. Saint-Petersburg, 2001. Iss. 5 (9). 57 p.
6. Vakin A.T., Poluboyarinov O.I., Solovev V.A. *Poroki drevesiny* [Defects of Wood]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1980. 112 p.
7. Matveev-Motin A.S., Alekseev, I. A. *Skrytye poroki drevesiny i sposoby ikh raspoznavaniya* [Concealed Defects of Wood and Ways to Reveal Them]. Moscow: Goslesbumizdat, 1963. 208 p.
8. Kolesnikov B.P., Zubareva R.S., Smolonogov E.P. *Lesorastitelnye usloviya i tipy lesov Sverdlovskoy oblasti. Prakticheskoe rukovodstvo* [Forest Sites and Types of Forests in Sverdlovsk Oblast]. Sverdlovsk: UNTs AN SSSR, 1974. 176 p.

9. Maslakov E.L. *Formirovanie sosnovykh molodnyakov* [Formation of Pine Young Forests]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1984. 166 p.
10. Kazanskaya N.S., Lanina V.V., Marfenin N.N. *Rekreatsionnye lesa* [Recreation Forests]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1977. 96 p.
11. Vysotskiy K.K. *Zakonomernosti stroeniya smeshannykh drevostoev* [Peculiarities of Organization of Composite Stands]. Moscow: Goslesbumizdat, 1962. 178 p.
12. Ermakova M.V. *Morfologicheskoe sostoyanie derevev sosny obyknovennoy (PinussylvestrisL) v lesnykh kulturakh Uralskogo regiona* [Morphologic Condition of Scotch Pine Trees (Pinus sylvestris L) in Planted Forests of Ural Region]. *Agrarnyy vestnik Urala* [Agrarian Vestnik of Ural]. 2009. № 6. Pp. 68-71.
13. Ermakova M.V. *Kharakteristika derevev sosny obyknovennoy (Pinussylvestris L.) I klassa vozrasta s porokami formy stvola* [Characteristics of Scotch Pine Trees (Pinus sylvestris L.) of I Class Age by Defects of Stem Form]. *Agrarnyy vestnik Urala* [Agrarian Vestnik of Ural]. 2008. № 12. Pp. 81-84.
14. Zhmylev P.Yu., Alexeev Yu.E., Karpukhina E.A., Balandin S.A. *Biomorfologiya rasteniy: illyustrirovannyi slovar* [Biomorphology of Plants: illustrated dictionary]. Moscow: MSU publishing house, 2005. 256 p.
15. Khalafyan A.A. *STATISTICA 6. Statisticheskiy analiz dannykh* [Statistics 6. Statistical Analysis of Data.]. Moscow: LLC «Binom-Press», 2008. 512 p.
16. Mamaev S.A. *Formy vnutrividovoy izmenchivosti drevesnykh rasteniy* [Types of Intraspecies Variation of Woody Plants]. Moscow: Nauka, 1973. 284 p.

The article was received 24.06.13.

**Citation for an article:** Ermakova M. V. Peculiarities of structure of scotch pine young growths in the conditions of virgin and lightly disturbed forest communities in Middle Urals. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management.* 2014. No 2(22). Pp. 36-45.

#### Information about the author

*ERMAKOVA Maria Victorovna* – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research worker, Botanical garden of Ural Department of Russian Academy of Sciences. Research interests – morphology of plantings, forest reproduction, dendrology. The author of 96 publications.

## ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ ЛЕСНОГО ДЕЛА

УДК 630\*375.1

### ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ЛЕСОЗАГОТОВОК В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

*Ю. А. Ширнин, А. Ю. Ширнин*

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

*Дано обоснование термина «экстремальные условия лесозаготовок», описаны характеристики экстремальных условий. Предложены технологии для разработки лесосек в экстремальных условиях, в основу которых положен комбинированный способ трелёвки. Приведены системы машин для разработки лесосек этим способом в таких условиях. Изложены критерии оценки процессов.*

**Ключевые слова:** экстремальные условия лесозаготовок; система машин; технологическая схема; критерии оценки.

**Введение.** Тенденции мирового развития лесопользования имеют разнонаправленные векторы. Так, площади лесных насаждений имеют тенденцию стремительного сокращения. Вырубаются в первую очередь высококачественные, легкодоступные древостои. Однако такого сочетания становится всё меньше.

Мировое лесное машиностроение имеет вектор наращивания производства в основном за счёт выпуска высокопроизводительных лесозаготовительных машин. Положительным моментом такого устремления является освобождение лесозаготовителей от тяжёлого труда. Отрицательными моментами являются возрастание энергозатрат, тяжёлые экологические последствия для территорий вырубок.

В этой связи вектор развития лесопользования в сторону трудно доступных территорий: переувлажнённых, ветровальных, с пересечённой поверхностью, отдалённых от транспортных путей и др. имеет весьма существенное значение.

**Цель работы:** обоснование путей решения проблемы лесозаготовок в экстремальных условиях.

**Решаемые задачи:** 1) обосновать понятие «экстремальные условия лесозаготовок»; 2) описать возможные системы машин и технологическую схему для разработки лесосек в экстремальных условиях на основе комбинированного способа трелёвки; 3) предложить критерии оценки и сравнения процессов в экстремальных условиях.

Под **экстремальными** следует понимать условия лесозаготовок, при которых: возрастает опасность получения травм персоналом рабочих; увеличивается нагрузка на элементы технологического оборудования; возникают препятствия, существенно снижающие проходимость и производительность лесосечных машин; невозможно использование типовых технологических схем разработки лесосек; затруднительно получение качественной продукции и др.

К таким условиям следует отнести лесные площади, поражённые пожаром (рис. 1). Проведённые нами исследования позволили оставшиеся после пожара деревья распределить на четыре категории: зависшие, упавшие с несвободной корневой системой, упавшие со свободной корневой системой, стоящие [1]. Для их разработки предложен способ [2].

Для древостоев на переувлажнённых

грунтах (рис. 2) предложены машина (рис. 4) и технологическая схема разработки лесосеки (рис. 5). Для лесных территорий, отведённых под строительство линейных объектов (рис. 3), предложен способ разработки лесных территорий трасс нефтегазопроводов и ЛЭП [3]. К экстремальным условиям лесозаготовок следует отнести территории с ветроваль-ной древесиной [4, 5].



Рис. 1. Лесные площади, поражённые пожаром (Источники: <http://banana.by/engine/print.php?newsid=178661>; <http://spletni-v.ru/index.php/interesnoe/7848>)



Рис. 2. Лесные площади заболоченных территорий (Источник: <http://komanda-k.ru/2010/mariiel-8>)



Рис. 3. Лесные площади линейных объектов (Источники: [http://images.esosed.ru/tyep\\_v\\_lesu/36682159/index.html](http://images.esosed.ru/tyep_v_lesu/36682159/index.html); <http://2stavropol.ru/home?start=430>)

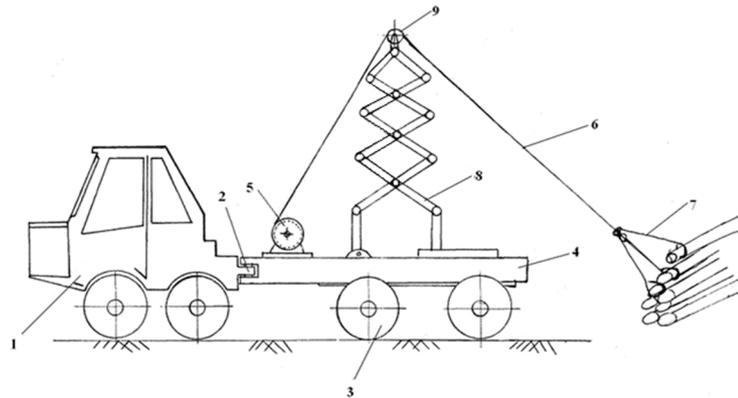


Рис. 4. Машина с модулем, оборудованным лебёдкой и складчатой рамой

В качестве основной идеи для решения цели и задач исследований, для разработки в экстремальных условиях лесозаготовок предлагаются технологии и оборудование, обеспечивающие комбинированный способ трелёвки древесины, сочетающий в себе достоинства трелёвочных машин и канатных установок. Для реализации способа предложено несколько технических решений, обеспечивающих двухстадийную трелёвку [6–8].

Одно из возможных технических решений представлено на рис. 4. Машина имеет энергетический модуль 1. К машине шарнирно (позиция 2) могут быть присоединены два технологических модуля.

Первый, предназначенный для трелёвки лебёдкой, состоит из шасси 3, платформы 4, на которой устанавливается лебёдка 5 с грузонесущим канатом 6 и чоке-рами 7 и складчатая рама 8, выполненная в виде пантографа. В основании рамы одна опора установлена шарнирно, а вторая, с возможностью изменения положения в горизонтальной плоскости посредством гидроцилиндра, шарнирно соединённого с рамой данного устройства. В верхней части пантографа смонтирован грузовой блок 9. Высокое расположение опорного блока обеспечивает трелёвку с приподнятым передним концом пачки для преодоления наземных препятствий.

Второй технологический модуль представляет собой грузовой отсек для трелёвки сортиментов. Схема разработки лесосеки с использованием комбиниро-

ванной трелёвки древесины машинами представлена на рис. 5 [9].

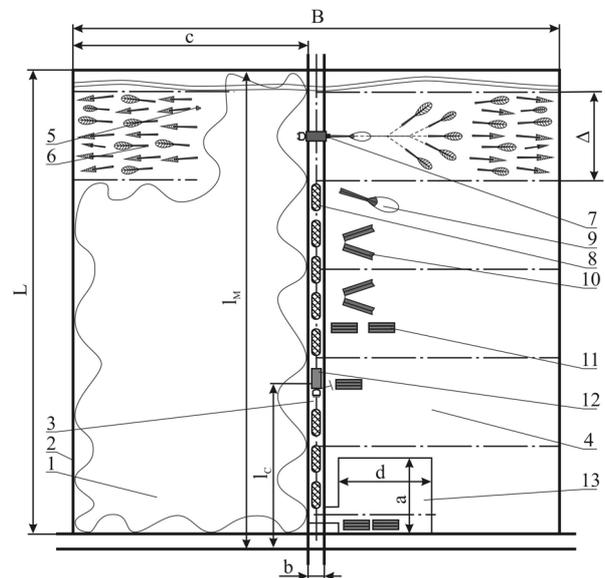


Рис. 5. Схема разработки лесосеки с комбинированной трелёвкой древесины

Лесосека 1 разбивается на делянки с границей 2. В данном случае под делянкой понимается часть лесосеки, тяготеющая к одному магистральному волоку. Посередине делянки разрубается магистральный волок 3. Делянку в свою очередь разбивают на пасеки 4. Валку деревьев проводят, например, бензомоторными пилами 5 вершинами от магистрального волока. Сваленные деревья 6 при помощи технологического модуля с лебёдкой (ТМл) 7 подтрелёвывают к магистральному волоку. Далее из пачки 9 с деревьев поштучно при помощи бензомоторных пил производят обрезку сучьев 8 и укладку их навалок. За-

тем, например, бензопилами осуществляют раскряжёвку хлыстов 10 на сортименты 11. Трелёвку полученных сортиментов производят при помощи технологического модуля с грузовым отсеком (ТМго) 12 на верхний склад 13.

Для разработки лесосек в экстремальных условиях лесозаготовок с помощью комбинированной трелёвки по данной технологической схеме по модульному принципу скомпонованы системы машин [10].

Система машин № 1 (рис. 6) состоит из: одного энергетического модуля, трёх технологических модулей (1 – ЭМзсу – энергетический модуль с манипулятором и ЗСУ; 2 – ТМл – трелёвочный модуль с лебёдкой для подтрелёвки деревьев; 3 – ТМср – сучкорезно-раскряжёвочный модуль; 4 – ТМго – трелёвочный модуль с грузовым отсеком, одного дополнительного узла (опорный блок на манипуляторе).

Система машин № 1 может быть использована на пересечённой местности с небольшим уклоном, на переувлажнённых грунтах с возможностью однократного прохождения энергетического модуля с

манипулятором и ЗСУ и при разработке линейных объектов.

Система машин № 2 (рис. 7) состоит из: одной или нескольких бензопил, одного энергетического модуля, трёх технологических модулей: 1 – БП<sub>в</sub> – бензопила для валки деревьев; 2 – ТМл – трелёвочный модуль с лебёдкой для подтрелёвки деревьев; 3 – ТМср – сучкорезно-раскряжёвочный модуль; 4 – ТМго – трелёвочный модуль с грузовым отсеком для трелёвки сортиментов, одного дополнительного узла (опорный блок на манипуляторе).

Система машин № 2 может быть использована при разработке горельников, территорий, подверженных ветровалу, и при разработке линейных объектов.

В системе машин № 3 (рис. 8) в отличие от системы № 1 вместо ТМср включаются две бензопилы: БП<sub>ос</sub> (поз. 2) – бензопила для обрезки сучьев; БП<sub>р</sub> (поз. 4) – бензопила для раскряжёвки хлыстов. В отличие от системы № 1 обрезка сучьев в системе машин № 3 осуществляется после валки деревьев, и тогда трелёвка осуществляется хлыстами.

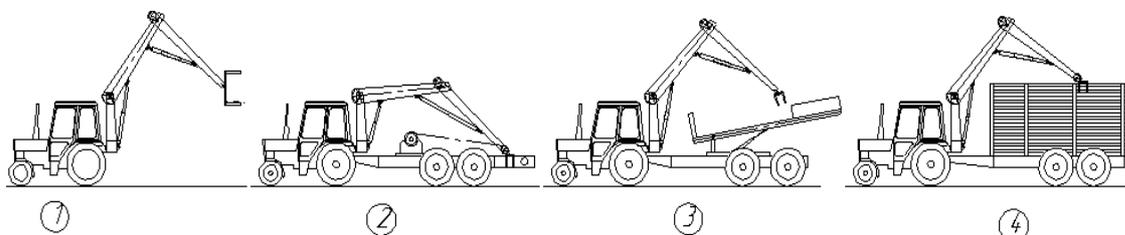


Рис. 6. Система машин № 1

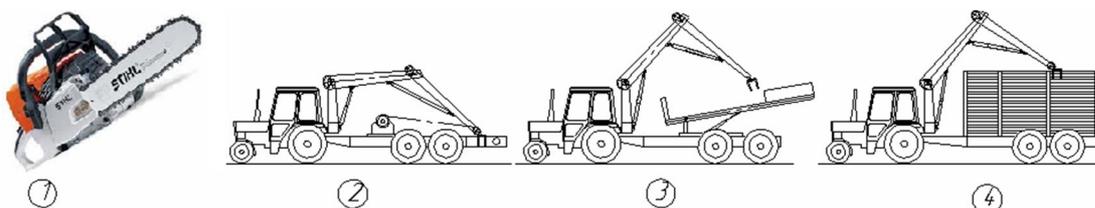


Рис. 7. Система машин № 2

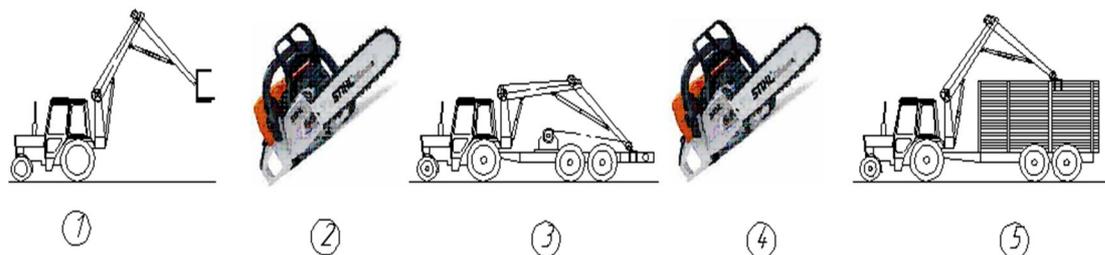


Рис. 8. Система машин № 3

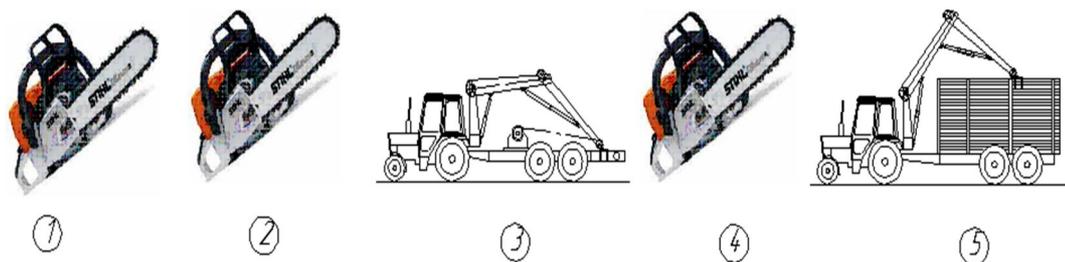


Рис. 9. Система машин № 4

Система машин № 3 может быть использована там же, что и система машин № 2, но в отличие от неё увеличивается ручной труд на обрезке сучьев.

Система машин № 4 (рис. 9) в отличие от системы машин № 3 использует бензопилу на валке деревьев – БП<sub>в</sub> (поз. 1).

Система машин № 4 может быть использована там же, что и система машин № 3, но в отличие от неё увеличивается ручной труд на раскряжёвке.

Все системы машин рекомендуются к использованию в малообъёмных лесозаготовительных предприятиях. При этом можно существенно снизить затраты на приобретение оборудования за счёт сокращения числа энергетических модулей.

**Анализ полученных результатов.** Комплексную оценку технологических процессов и систем машин предлагается осуществлять по следующим критериям: уровень механизации труда, производительность труда, критерий экологичности, критерий энергоёмкости, экономические критерии.

Под уровнем механизации труда следует понимать отношение времени, в течение которого рабочий (работчие) управляет механизмом ( $T_m$ ) при выполнении какой-либо операции (или технологического процесса в целом), ко всему времени ( $T$ ), затрачиваемому на выполнение этой операции (или технологического процесса) [11]

$$y_{м.т.} = \frac{T_m \cdot n_m}{T \cdot n}, \quad (1)$$

где  $n_m$  – число рабочих, занятых на обслуживании механизма (машины);  $n$  – число рабочих, принимающих участие в выполнении операции.

Предварительный анализ даёт возможность системы машин по данному критерию распределить в следующей последовательности: № 1, № 2, № 3, № 4, учитывая то, что в системах машин № 2, № 3, № 4 возрастает ручной труд при использовании бензодвигательной пилы. Точную оценку можно будет осуществить при выявлении параметров  $T_m$  и  $T$ .

Часовая производительность определяет объём продукции, выполненной при непрерывной работе и при отсутствии каких-либо потерь времени. Непрерывная работа на практике вполне возможна в течение часа, поэтому часовую производительность реально рассматривать как теоретическую и находить её по формуле

$$П = \frac{3600 \cdot A}{T}, \quad (2)$$

где  $A$  – объём единицы готовой (обработанной или перемещённой) продукции (пачка деревьев, хлыст, сортимент и т.п.), м<sup>3</sup>;  $T$  – время на обработку или перемещение единицы продукции, с; 3600 – продолжительность часа в секундах, с.

Для расчёта производительности по формуле (2) следует расписать составляющие  $T$ , времени цикла, провести хронометраж за работой машин и оборудования и выявить статистические корректные значения элементов цикла и рассчитать производительность на каждой операции. Следующим этапом будет обоснование оптимального числа машин (оборудования) в системе. Далее следует рассчитать заготовленный объём продукции (выработку) на одного рабочего.

Можно предположить, что по этому показателю система машин расположится

в такой же последовательности, что и по уровню механизации: № 1, № 2, № 3, № 4.

Степень нарушения экологических функций леса можно оценивать коэффициентом экологичности [13]

$$\chi = \frac{S_{np}}{S}, \quad (3)$$

где  $S_{np}$  – площадь лесосеки, отводимая под погрузочные пункты, волока, технологические коридоры,  $m^2$ ;  $S$  – площадь лесосеки,  $m^2$ .

Для технологической схемы (рис. 5) площадь, отводимая под подготовительные работы, будет состоять из площади магистрального волока:  $S_b = B \cdot L$  и площади погрузочных пунктов –  $S_n = d \cdot a \cdot n$ , где  $a$ ,  $d$  – длина и ширина погрузочного пункта, м;  $n$  – число погрузочных пунктов на лесосеке.

В этом случае коэффициент экологичности технологической схемы находится из выражения

$$\chi = \frac{(b \times L + d \times a) \times n}{L \times B}.$$

По этому показателю в меньшей степени система № 1 и в большей степени системы № 2, № 3, № 4 будут существенно превосходить любые системы машин с использованием тракторной трелёвки, в частности трелёвки форвадером, так как из технологической схемы (рис. 5) исключены пасечные волока, а движение машин осуществляется только по магистральному волоку. При его качественном обустройстве можно существенно повысить скорость перемещения и производительность на втором этапе трелёвки.

Энергоёмкость операций технологического процесса является одним из показателей, используя который можно дать объективную оценку как вновь создаваемым машинам, так и существующим, и проанализировать влияние различных факторов и лесорастительных условий на производительность машин. При этом исключается влияние таких субъективных факторов, как квалификация оператора, техническое состояние машины, качество эксплуатационных материалов и т.п. [14].

Суммарные затраты энергии в кВт·ч/га по данным авторов равны

$$E = E_{т.р} + E_{д.т} + E_{р.о} + E_x, \quad (4)$$

где  $E_{т.р}$  – затраты энергии на выполнение технологической работы, кВт·ч/га;  $E_{д.т}$  – затраты энергии на движение машины при выполнении технологической работы, кВт·ч/га;  $E_{р.о}$  – затраты энергии на движение рабочих органов машины в процессе выполнения технологической работы, кВт·ч/га;  $E_x$  – затраты энергии на движение машины на холостом ходу, кВт·ч/га.

По проведённым нами исследованиям наименьшие затраты энергии у системы машин № 4 [9, 10].

По сравнению с базовыми системами машин, включающими, например, харвестор и форвадер, предлагаемые системы имеют преимущество за счёт экономии энергии при холостом и рабочем ходе рабочей машины по пасечным волокам. Следует также отметить уменьшение удельных (по отношению ко всей площади лесосеки) площадей магистральных волоков за счёт увеличения длины растаскивания каната при лебёдочной трелёвке.

Выражения для нахождения экономических критериев в оценке лесозаготовительных процессов представлены ниже, а именно: удельной себестоимости работ –  $C_y$ , р/м<sup>3</sup>; удельных приведённых затрат –  $ЗП_y$ , р/м<sup>3</sup>:

$$C_y = \frac{C_1}{P_{см.1}} + \frac{C_2}{P_{см.2}} + \frac{C_m}{P_{см.m}}; \quad (5)$$

$$ЗП_y = C_y + e \cdot K_y; \quad (6)$$

где  $C_1, C_2, \dots, C_m$  – себестоимость машиностроительного оборудования, составляющего оцениваемый технологический процесс, р.;  $P_{см.1}, P_{см.2}, \dots, P_{см.m}$  – сменная, производительность машин, участвующих в выполнении технологического процесса, м<sup>3</sup>;  $e$  – годовой нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;  $K_y$  – удельные капитальные вложения, р/м<sup>3</sup>.

Результат окончательного сравнения выявится в процессе применения экономических критериев, но при этом следует иметь в виду, что в отдельных экстремальных условиях использование систем машин, включающих тракторную трелёвку, а также систему машин № 1 невозможно использовать по эксплуатационным характеристикам машин и по условиям охраны труда.

### Выводы

1. Объединение лесных территорий, разработка которых традиционными методами и распространёнными системами машин затруднительна, единым термином «экстремальные условия лесозаготовок» считаем целесообразным. Такое объединение направляет поиск технических решений, реализация которых позволит производителям оборудования рассчиты-

вать на широкий рынок сбыта этого оборудования.

2. Для оценки лесозаготовок в экстремальных условиях рекомендуется применять следующие критерии: коэффициент экологичности, уровень механизации труда, энергоёмкость, производительность, себестоимость, удельные приведённые затраты заготавливаемой древесины.

3. Для перечисленных выше экстремальных условий лесозаготовок предложены технологии и машины, в основе которых лежит комбинированный способ трелёвки. Несмотря на снижение уровня механизации, этот способ выигрывает по таким критериям, как энергоёмкость и экологичность.

4. Предложенные системы машин рекомендуются для использования на предприятиях при работе в экстремальных условиях.

### Список литературы

1. *Ширнин, Ю. А.* Пространственное размещение деревьев на пораженных пожаром лесных территориях / Ю. А. Ширнин, А. Ю. Моржанов, И. В. Зверев // Вестник МГУЛ. Лесной вестник. – 2012. – № 6. – С. 176–180.
2. Пат. 2499383 РФ, МПК А01G23/00. Способ разработки пораженных пожарами лесных массивов / Ширнин Ю. А., Ширнин А. Ю., Зверев И. В., Моржанов А. Ю., Филиппова Е. Р.; заявитель и патентообладатель Марийский гос. тех. университет. – № 2011128865/13; заявл. 12.07.2011; опубл. 20.01.2013, Бюл. № 2.
3. Пат. 2489844 РФ, МПК А01G23/00. Способ разработки лесных территорий трасс нефтегазопроводов и ЛЭП / Ширнин Ю. А., Зверев И. В., Кренев А. В.; заявитель и патентообладатель Марийский гос. тех. университет. – № 2011112309/13; заявл. 01.07.2011; опубл. 27.01.2013, Бюл. № 3. – 6 с.
4. *Карпачев, С.П.* Заготовка ветровальной древесины с использованием ручных бензопил и чокерного трактора с тросом из синтетического материала / С.П. Карпачев, В.П. Шмырев, Г.Е. Приоров // Лесопромышленник. – 2008. – №4. – С. 8–11.
5. *Карпачев, С.П.* Высокомеханизированный процесс лесозаготовок ветровальных деревьев на базе мощного харвестера / С.П. Карпачев, В.П. Шмырев, Г.Е. Приоров // Лесопромышленник. – 2008. – №4. – С. 16–17.
6. Пат. 112592 РФ, МПК А01G23/00. Машина для трелёвки / Ширнин Ю. А., Ширнин А. Ю., Егоров А. В., Зверев И. В., Моржанов А. Ю.; заявитель и патентообладатель Марийский гос. тех. университет. – № 2010129675/13; заявл. 15.07.2010; опубл. 20.01.2012, Бюл. № 2.
7. Пат. 2348146 РФ, МКИ<sup>7</sup> А01G23/00. Машина для трелёвки / Ширнин Ю. А., Ширнин А. Ю., Богатырева Е. А., Аказова О. В.; заявитель и патентообладатель Марийский гос. тех. университет. – № 2007127930/12; заявл. 20.07.2007; опубл. 10.03.2009, Бюл. № 7. – 5 с.
8. Пат. 2357407 РФ, МКИ<sup>7</sup> А01G23/00. Способ и машина для трелёвки / Ширнин Ю. А., Ширнин А. Ю., Богатырева Е. А., Аказова О. В.; заявитель и патентообладатель Марийский гос. тех. университет. – 2007122910/12; заявл. 18.06.2007; опубл. 10.06.2009, Бюл. № 8. – 5 с.
9. *Ширнин, Ю.А.* Моделирование энергозатрат адаптивно-модульных систем машин при комбинированной трелёвке древесины / Ю. А. Ширнин, А. Ю. Ширнин // Вестник МГУЛ. Лесной вестник. – 2013. – № 3. – С. 166–175.
10. *Ширнин, Ю. А.* Моделирование энергозатрат при комбинированной трелёвке древесины адаптивно-модульными машинами / Ю. А. Ширнин, А. Ю. Ширнин, И. В. Зверев, А. Ю. Моржанов // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2011. – № 3. – С. 50-57

11. Ширнин, Ю. А. Технология и оборудование лесопромышленных производств. Часть 1. Лесосечные работы : учеб. пособие / Ю. А. Ширнин. – М. : МГУЛ, 2004. – 446 с.

12. Ширнин, Ю. А. Комплексное освоение участков лесного фонда / Ю. А. Ширнин // Известия вузов. Лесной журнал. – 2002. – № 4. – С. 89–95.

13. Ширнин, Ю. А. Моделирование процессов заготовки сортированных деревьев и хлыстов : монография / Ю. А. Ширнин. – Красноярск : Изд-во Краснояр. ун-та, 1992. – 204 с.

14. Кочегаров, В. Г. Технология и машины лесосечных работ : учеб. пособие / В. Г. Кочегаров, Ю. А. Бит, В. Н. Меньшиков. – М.: Лесная промышленность, 1990. – 392 с.

Статья поступила в редакцию 15.04.14.

**Ссылка на статью:** Ширнин Ю. А., Ширнин А. Ю. Пути решения проблем лесозаготовок в экстремальных условиях // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2014. – № 2 (22). – С 46-54.

#### Информация об авторах

*ШИРНИН Юрий Александрович* – доктор технических наук, профессор кафедры технологии и оборудования лесопромышленного производства, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – машины и технология лесосечных работ. Автор 300 публикаций.

*ШИРНИН Александр Юрьевич* – кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – машины и технология лесосечных работ. Автор 25 публикаций.

### WAYS OF SOLUTION OF TIMBER HARVESTING PROBLEMS IN EXTREME CONDITIONS

*Yu. A. Shirnin, A. Yu. Shirnin*

Volga State University of Technology,  
3, Pl. Lenina, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation  
E-mail: ShirninYA@volgatech.net

**Key words:** *extreme conditions of timber harvesting; machines system; process scheme; criterion of estimation.*

#### ABSTRACT

*The subject of the research are extreme conditions of timber harvesting, combined method of skidding, modular concept of machine arrangement, mathematical models of technological processes of criteria of estimation. A grounding to "extreme conditions of timber harvesting" term is given and photos of such conditions are offered. In order to develop felling points in extreme conditions, a combined method with the use of cable and tractor skidding, based on modular principle of machine arrangement, is offered. An engineering solution for combined skidding implementation was stated. A process scheme for establishment of felling points with the use of this type of skidding in extreme conditions was offered. The systems of modular machines for elaboration of such felling points were composed. A preliminary estimate of technological processes and machines systems with the use of the offered criteria is given. In comparison with basic systems of machines, including harvester and forwarder, the offered systems have advantage due to energy saving during free and operating run of working machine along cutting strips. Specific (to the total felling area) areas of main logways are also being reduced, thus, there is no need in cutting strips laying.*

#### REFERENCES

1. Shirnin Yu.A., Morzhanov A.Yu., Zverev I.V. Prostranstvennoe razmeshchenie derevev na porazhennykh pozharom lesnykh territoriyakh [Spatial Distribution of Trees at the Damaged by Fire Forest Territories]. *Vestnik MGUL. Lesnoy vestnik* [Vestnik of Moscow State University of Forest. Forest Vestnik]. 2012. № 6. P. 176–180.
2. Shirnin Yu.A., Shirnin A.Yu., Zverev I.V., Morzhanov A.Yu., Filippova E.R. *Sposob razrabotki porazhennykh pozharami lesnykh massivov* [A Way of

Development of Damaged by Fires Forests]. Patent RF, no 2499383, 2013.

3. Shirnin Yu.A., Zverev I.V., Krenev A.V. *Sposob razrabotki lesnykh territoriy trass neftegazoprovodov i LEP* [A Way of Development of Forest Territories of Oil and Gas Pipeline Routes and Power Lines]. Patent RF, no 2489844 2013.

4. Karpachev S.P., Shmyrev V.P., Priorov G.E. *Zagotovka vetrovalnoy drevesiny s ispolzovaniem ruchnykh benzopil i chokernogo traktora s trosom iz sinteticheskogo materiala* [Logging of Wind Fell Wood with the Use of Hand-Held Power Saws and Choker Skidder with a Cable of Synthetic Material]. *Lesopromyshlennik* [Timberman]. 2008. № 4. Pp. 8 – 11.

5. Karpachev S.P., Shmyrev V.P., Priorov G.E. *Vysokomekhanizirovanny protsess lesozagotovok vetrovalnykh derevev na baze moshchnogo harvestera* [Highly Mechanized Process of Logging of Wind Fell Wood on the Basis of Powerful Harvester]. *Lesopromyshlennik* [Timberman]. 2008. № 4. Pp. 16 – 17.

6. Shirnin Yu.A., Shirnin A.Yu., Egorov A.V., Zverev I.V., Morzhanov A.Yu. *Mashina dlya trelevki* [Machine for Skidding]. Patent RF, no 112592, 2012.

7. Shirnin Yu.A., Shirnin A.Yu., Bogatyreva E.A., Akazova O.V. *Mashina dlya trelevki* [Machine for Skidding]. Patent RF, no 2348146, 2009.

8. Shirnin Yu.A., Shirnin A.Yu., Bogatyreva E.A., Akazova O.V. *Sposob i mashina dlya trelevki* [A Way and Machine for Skidding]. Patent RF, 2357407, 2009.

9. Shirnin Yu.A., Shirnin A.Yu. *Modelirovanie energozatrat adaptivno-modulnykh sistem mashin pri kombinirovannoy trelevke drevesiny* [Simulation of Energy Consumption of Adaptive and Modular Systems of Machines in Case of Combined Skidding of

Wood]. *Vestnik MGUL. Lesnoy vestnik* [Vestnik of Moscow State University of Forest. Forest Vestnik]. 2013. № 3. Pp. 166 – 175.

10. Shirnin Yu.A., Shirnin A.Yu., Zverev I.V., Morzhanov A.Yu. *Modelirovanie energozatrat pri kombinirovannoy trelevke drevesiny adaptivno-modulnymi mashinami* [Simulation of Energy Consumption in Case of Combined Skidding of Wood by Means of Adaptive and Modular Machines]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2011. № 3. Pp. 50-57

11. Shirnin Yu.A. *Tekhnologiya i oborudovanie lesopromyshlennykh proizvodstv. Chast 1. Lesosechnye raboty : ucheb. posobie* [Technology and Equipment of Wood and Paper Industries. Part 1. Logging Operations: study guide]. Moscow: MGUL, 2004. 446 p.

12. Shirnin Yu.A. *Kompleksnoe osvoenie uchastkov lesnogo fonda* [Complex Development of Forest Fund Territories]. *Izvestiya vuzov. Lesnoy zhurnal* [Universities News. Forest Journal]. 2002. № 4. Pp. 89–95.

13. Shirnin Yu.A. *Modelirovanie protsessov zagotovki sortirovannykh derevev i khlystov: monografiya* [Simulation of the Processes of Storage of Assorted Trees and Long Log: monograph]. Krasnoyarsk: Izdatelstvo Krasnoyarskogo universiteta, 1992. 204 p.

14. Kochegarov V. G., Bit Yu.A., Menchikov V.N. *Tekhnologiya i mashiny lesosechnykh rabot : ucheb. posobie* [Technology and Machines for Logging Operations: study guide]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1990. 392 p.

The article was received 15.04.14

**Citation for an article:** Shirnin Yu. A., Shirnin A. Yu. Ways of solution of timber harvesting problems in extreme conditions. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management.* 2014. No 2(22). Pp. 46-54.

#### Information about the authors

*SHIRNIN Yuri Alexandrovich* – Doctor of Technical Sciences, Professor at the Chair of Technology and Equipment of Pulp and Paper Industry, Volga State University of Technology. Research interests – machines and technology of cutting operations. The author of 300 publications.

*SHIRNIN Alexander Yurievich* – Candidate of Technical Sciences, Associate Profesor at the Chair of Safety, Volga State University of Technology. Research interests – machines and technology of cutting operations. The author of 25 publications.

УДК 630\*6

## ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ ПО ПОКАЗАТЕЛЮ ДИНАМИЧЕСКОГО МОДУЛЯ УПРУГОСТИ ВИБРАЦИОННЫМ СПОСОБОМ

*Е. Ю. Салдаева, Е. М. Цветкова*

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

*Предложен и научно обоснован способ и соответствующая методика предварительного диагностирования прочностных свойств древесины, позволяющая отбирать перспективные экземпляры молодняка с высокими прочностными характеристиками.*

*Ключевые слова:* прочностные свойства; модуль упругости; вибрационный метод.

**Введение.** Ценность лесов заключается не только в быстром росте, повышенной производительности насаждений, но и в особых технических свойствах выращиваемой древесины. Это хорошо осознали в зарубежных странах, особенно скандинавских, где в больших объёмах выполняются лесовосстановительные работы путём замены старых насаждений новыми. Причем, главное отличие в лесовосстановительных работах здесь заключается в акценте на управлении техническим качеством подростка и молодняков естественного происхождения путём раннего диагностирования физико-механических свойств древесины.

Неразрушающие методы и средства диагностики, позволяющие определить прочностные свойства древесины у молодых деревьев, пока не внедряются в лесоводственной практике нашей страны, а первые научные сведения о них встречаются лишь в единичных работах зарубежных учёных [1–3]. Важно отметить, что известные методы основаны на выявлении прочностных характеристик древесины через модуль упругости [4–7].

Проведённые исследования зарубежных учёных в данной области [1, 2] подтверждают достоверность и взаимосвязь

модуля упругости бокового побега и стволовой части дерева. Установлена следующая закономерность: выявленные у молодняков свойства древесины проявляются и у взрослых деревьев, что подтверждается результатами многолетних наблюдений австралийских учёных [5]: коэффициент корреляции прочностных свойств «молодой» и зрелой древесины составляет 0,8–0,9.

Это всё позволяет говорить о возможности и целесообразности определения прочностных свойств древесины на ранней стадии роста дерева (в возрасте до 10 лет) для дальнейшего прогнозирования данных свойств у спелой древесины.

**Цель работы** – разработка способа и методики предварительного диагностирования свойств древесины в молодняках по показателю динамического модуля её упругости для целевого выращивания древесины с высокими прочностными характеристиками.

Данная цель обусловила решение следующих задач:

- 1) разработать теоретические основы вибрационного способа и соответствующего аппаратно-программного комплекса для оценки прочностных свойств древесины на стадии молодняка до 10 лет;

2) разработать методику определения прочностных свойств древесины на образцах цилиндрической формы, отобранных от боковых ветвей дерева в возрасте до 10 лет для осуществления предварительного диагностирования прочностных свойств;

3) провести экспериментальные исследования по определению прочностных характеристик древесины ели предложенным способом и выполнить сравнительный анализ полученных результатов с общепринятым в мировой практике методом (ультразвуковой).

**Теоретическое обоснование выбора способа предварительного диагностирования прочностных свойств.** Прочностные свойства древесины характеризуются значением модуля упругости (МоУ). В настоящее время известны следующие способы определения МоУ: традиционный статический на изгиб, ультразвуковой метод и вибрационный [1, 4, 6, 7]. Каждый метод имеет свои достоинства и недостатки.

Способ определения модуля упругости древесины через прогиб, создаваемый изгибающим моментом на стволе с помощью рычажного приспособления и силы тяжести человека, применим только для расчёта статического модуля упругости древесины [6]. Недостатком данного способа является большая сложность и низкая производительность выполнения испытаний.

Более простым подходом для определения модуля упругости древесины является метод ультразвуковых волн, который применяли многие учёные в своих исследованиях, например А. Я. Голдштейн, В. И. Федюков и др. [6, 8]. Сущность данного метода заключается в определении скорости ультразвука путём измерения времени распространения упругой продольной волны по длине образца. Но определение достоверных показателей древесины данным методом затруднено неоднородностью размеров и формы испытываемых образцов.

Резонансный (вибрационный) метод позволяет определять динамический модуль упругости образцов по частоте собственных изгибных продольных колебаний. Методика проведения данного испытания изложена в ГОСТ 16483.31-74. Главным недостатком данного способа является использование стандартных образцов в форме прямоугольного бруска размерами 20×20×300 мм. Тогда как предварительное диагностирование производится на деревьях в возрасте 7–10 лет, а значит, изготовление стандартных образцов является невозможным.

Особый интерес представляет способ определения собственной резонансной частоты колебания образца в виде поперечно-радиальных кернов длиной от 70 до 150 мм и диаметром 4 мм [6]. Но он также не применим, поскольку невозможно отбирать керны из молодых деревьев ввиду их малого диаметра и ветвления, все эти факторы могут исказить реальную картину.

Подводя итоги теоретического исследования и анализа известных способов определения модуля упругости древесины, можно сделать вывод, что наибольший практический интерес в этом направлении имеет вибрационный метод, основанный на колебаниях образцов.

Вибрационный метод позволяет определять динамический модуль упругости образцов по частоте собственных изгибных колебаний [9, 10]. Данный метод является наиболее практичным, так как определяет динамический модуль упругости образцов разной формы и малого диаметра и относится к неразрушающему.

Для расчёта динамического модуля упругости Един (Н/м<sup>2</sup>) по параметрам изгибных колебаний консольного образца пользуются формулой:

$$E_{\text{дин.}} = f^2 4\pi^2 \ell^2 \rho / a_0^4 k^2, \quad (1)$$

где  $f$  – собственная частота, усреднённая по двум положениям образца (поворот на 90° вокруг собственной оси), Гц;  $\ell$  – рабочая длина образца, м;  $\rho$  – плотность об-

разца,  $\text{кг/м}^3$ ;  $k^2=j/F$ , где  $j$  – момент инерции поперечного сечения;  $F$  – площадь сечения;  $a_0=1,875$  – волновое число для основной моды колебаний.

Для получения более точных, близких к истинному значению показателей динамического модуля упругости древесины на примере образцов с консольным типом крепления нужно учесть влияние массы «башмачка», который устанавливается на свободный конец образца для создания колебаний исследуемого черенка. С учётом этих дополнений истинная собственная частота будет определяться по формуле:

$$f_{\text{ист.}} = f(1 + \Delta m/m) \quad (2)$$

где  $\Delta m$  – масса «башмачка», кг;  $m$  – масса рабочей части образца, кг.

Таким образом, более достоверное, истинное значение динамического модуля упругости образца круглого сечения будет определяться по следующей расчётной формуле:

$$E_{\text{дин.}} = 64\pi^2 \ell^4 \rho f_{\text{ист.}}^2 / a_0^4 d^2, \quad (3)$$

где  $d$  – средний диаметр образца, м.

В лаборатории квалиметрии резонансной древесины Поволжского государственного технологического университета разработан специальный аппаратно-программный комплекс, позволяющий определять динамический модуль упругости по частоте перечных изгибных колебаний образца древесины в стадии молодняка [9].

Установка представляет собой систему из электромагнитного вибратора, возбуждающего колебания исследуемого образца с помощью «башмачка» из мягкого железа и электромагнитного датчика, регистрирующего амплитуду и частоту колебаний образца. С выхода звуковой платы гармонический сигнал по соединительному кабелю подаётся на вибратор. Сигнал с датчика поступает на вход звуковой платы компьютера, преобразуется в амплитудно-частотную характеристику образца, которая выводится на экран монитора. Модель разработанной установки представлена на рис. 1

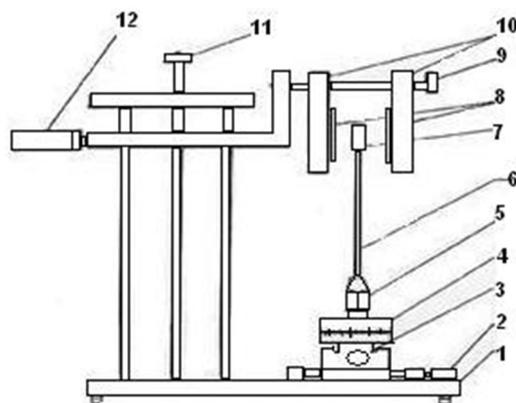


Рис. 1. Установка для определения динамического модуля упругости по частоте перечных изгибных колебаний «Резонанс-4»: 1 – станция, 2 – механизм перемещения образца в зазоре между вибратором и датчиком в направлении, перпендикулярном плоскостям вибратора и датчика, 3 – механизм перемещения образца параллельно плоскостям вибратора и датчика, 4 – лимб для поворота образца вокруг своей оси на фиксированный угол, 5 – держатель образца (цангового типа), 6 – образец, 7 – «башмачок» из мягкого железа для возбуждения и регистрации колебаний образца, 8 – вибратор и датчик, 9 – механизм изменения зазора между вибратором и датчиком, 10 – держатели вибратора и датчика, 11 – механизм вертикального перемещения вибратора и датчика

**Методика определения прочностных свойств.** Для измерения модуля упругости древесины с помощью установки «Резонанс-4» была разработана методика проведения испытаний.

В общем виде блок-схема методики определения динамического модуля упругости представлена на рис. 2.

Порядок проведения диагностики прочностных характеристик с использованием аппаратно-программного комплекса предусматривает выполнение шести этапов. Рассмотрим подробнее каждый из них.

1. *Отбор образцов в полевых условиях.* С помощью секатора от каждого исследуемого растущего дерева в возрасте 7–10 лет отрезаются по три боковые ветки, расположенных на разных высотах ствола (не менее чем с трёх точек: у основания, в срединной и вершинной частях), а также в разных направлениях относительно сторон света; места срезания заделываются садовым варом.

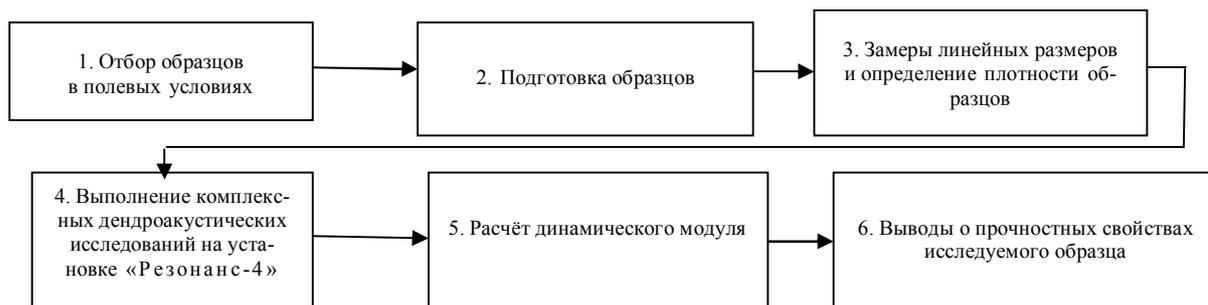


Рис. 2. Методика определения динамического модуля упругости вибрационным методом

На каждую отобранную ветвь закрепляется бирка с обозначением: формы дерева, стороны света, высоты, даты. Образцы плотно укладываются в герметичный пакет для того, чтобы избежать резкого высыхания, коробления, изломов и других возможных повреждений при транспортировке.

2. *Подготовка образцов.* Заготовленные для исследования ветви в оперативном режиме доставляются в лабораторию для дальнейших исследований. Подготовка к испытаниям и замерам проводится на сырых образцах. Каждая ветвь разрезается на черенки с учётом годичного прироста в количестве не менее трёх штук, начиная с последнего года ветви. После чего удаляется кора и подравниваются торцы перпендикулярно оси образца.

К каждому черенку прикрепляется небольшая бирка с соответствующим номером, что параллельно регистрируется в специальном рабочем журнале и компьютере.

3. *Замеры линейных размеров и определение плотности образцов.* С помощью штангенциркуля определяется длина образцов с точностью 0,1 мм. С помощью микрометра определяется диаметр образца с точностью 0,01 мм в двух перпендикулярных плоскостях с двух концов. Масса образца определяется на аналитических весах марки ВСТ-600/10.0 с точностью не менее 0,01 г. Плотность образца нестандартной формы рассчитывается по методике, описанной в [10].

4. *Выполнение комплексных дендроакустических исследований на установке «Резонанс-4».* Берётся образец длиной 70–

150 мм и диаметром 4,0–4,5 мм. Выбирается рабочая часть образца, длиной от 60 до 100 мм. На свободный конец рабочей части одевается «башмачок», образец вставляется в цанговый держатель и зажимается (рис. 1). С помощью ручек механизмов перемещения образца 11, 2 и 3 свободный конец образца выводится в центр симметрии системы вибратор–датчик. Затем ручкой механизма 9 устанавливается зазор между вибратором и датчиком, не допускающий их соприкосновения с образцом. Вибратор подключают к выходу звуковой платы, а датчик – к входу звуковой платы компьютера. Устанавливают необходимый диапазон частот в зависимости от характера выполняемых замеров. Производится тестирование образца. Данные, полученные в результате тестирования, выводятся на экран монитора в виде амплитудно-частотной гистограммы.

5. *Расчёт динамического модуля.* Помещение на свободный конец образца дополнительной массы  $\Delta m$  металлического «башмачка» уменьшает резонансную частоту образца. Исследования показали, что при  $\Delta m/m < 0.6$ , где  $\Delta m$  – масса «башмачка», а  $m$  – масса рабочей части образца, истинная резонансная частота определяется по формуле (2).

Расчёт динамического модуля сдвига изгибных колебаний производится по формуле (3).

6. Полученные значения  $M_0U$  сравниваются с установленными в нормативно-технической документации требованиями, и делаются выводы о прочностных свой-

ствах исследуемого образца, исходя из чего определяется его возможное промышленное применение.

**Экспериментальные исследования по определению прочностных характеристик древесины.** Натурным объектом для выполнения полевых исследований послужила архивно-маточная плантация резонансной формы ели, созданная в 1992–94 гг. на территории Учебно-опытного лесхоза Поволжского государственного технологического университета. В августе 2012 года были отобраны и исследованы по три боковые ветки, расположенные на разных высотах ствола от пяти контрольных деревьев из дикорастущего молодняка, находящегося рядом с привитыми опытными саженцами и в одинаковом с ними возрасте. Средняя плотность образцов составила  $498 \text{ кг/м}^3$ .

Испытания данных образцов были произведены вибрационным способом по изложенной методике. Для проверки адекватности и сопоставимости данного способа модуль упругости образцов также

определяли известным ультразвуковым способом. Результаты исследований представлены в таблице.

Как видно из таблицы, большей точностью ( $R$ ) обладает виброакустический способ измерения. Проверена корреляция между ультразвуковым и виброакустическими способами. Положительный показатель корреляции, составляющий  $r = 0,966$ , свидетельствует о сопоставимости полученных значений МОУ. В данном случае расчётное значение критерия Фишера для выбранного уровня значимости  $p = 0,05$  меньше табличного; это говорит об однородности значений модуля упругости, полученных вибрационным и ультразвуковым способами. Однако при этом для получения корректных результатов возникает необходимость введения поправочных коэффициентов. Вероятно, что существуют или могут быть разработаны иные способы идентификации, поэтому исследования в данном направлении целесообразно продолжать.

Результаты статистической обработки МОУ древесины

Показатели	Модуль упругости	
	ультразвуковой метод	вибрационный метод
Среднее значение, $M \pm m$	6706,211	4017,896
СКО, $\delta$	1383,728	1221,480
Дисперсия, $D$	191470,708	149201,145
Коэффициент вариации $V$ , %	20,634	30,401
Показатель точности $P$ , %	5,158	7,600
Относительная погрешность	10,993	16,196
Критерий Фишера $F_p$	1,133	
Коэффициент корреляции, $r$	0,966	

**Вывод.** По сравнению со стандартными методами разрушающего контроля качества материала путём предварительной рубки дерева и изготовления опытных образцов вибрационный способ предварительного диагностирования имеет ряд неоспоримых преимуществ: сохраняется жизнеспособность обследованных деревь-

ев, что делает возможным формировать из них особо ценные древостои, к тому же, при значительной (многократной) экономии средств по сравнению с обычной практикой создания специальных плантаций за счёт лесных культур с общими расходами к возрасту их спелости не менее чем 1,0 млн. руб./га [11].

Также существуют другие лесоводственно-экономические преимущества предложенного способа:

- во-первых, именно естественные молодняки и подрост являются коренным фактором для поддержания непрерывного и неистощимого лесопользования, равно как и для воспроизводства лесов, улучшения качества, а также повышения их продуктивности; они обладают огромным лесовозобновительным ресурсом, заложенным самой природой; лучше приживаются и развиваются в данных лесорастительных условиях; к тому же, потребуется для

этого значительно меньшее по сравнению с лесными культурами вложение материальных и трудовых затрат;

- во-вторых, при этом нельзя сбрасывать со счетов и различие в качестве ствольной древесины, а именно превосходство естественных древостоев над искусственными в формировании более плотной и прочной древесины [8, 11].

Оперативность и простота выполнения диагностики позволяют проводить массовые измерения с минимальными материально-техническими и трудовыми затратами.

**Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №13-01-97045 р\_поволжье\_а.**

### Список литературы

1. Rohanova, A. Characteristics of spruce timber quality determined by ultrasonic and bending methods / A. Rohanova // Life Science Forestry and Wood Technology. – 2009. – № 69. – Pp. 234-238.
2. Lindstrom, H. Cell wall structure and wood properties determined by acoustics-a selective review / H. Lindstrom, R. Nakada, J. Ralston // European Journal of Wood and Wood. – 2003. – Vol. 61, Iss. 5. – Pp. 321-335.
3. Nakamura, N. Development of measuring Yong's modulus of planting stock / N. Nakamura // Journal of the Japanese Forestry Society. – 1997. – Vol. 79, Iss. 1. – Pp. 43-48.
4. ГОСТ 16483.31-74 Древесина. Резонансный метод определения модулей упругости и сдвига и декремента колебаний. – М.: Издательство стандартов ИПК, 1999. – 8 с.
5. Hsu Linda C.-Y. Nick King Modulus of elasticity of stemwood vs branchwood in 7-year-old Pinus radiate families / C.-Y. Hsu Linda, S. Chauhan Shakti // New Zealand Journal Forestry Science. – 2003. – Vol. 33. – Pp. 35-46.
6. Голдштейн, А. Я. Зависимость скорости распространения продольных импульсных ультразвуковых волн от геометрических размеров образцов натуральной и кодификационной полистиролом древесины березы // Химическая модификация древесины. – Рига: «ЗИНАТНЕ», 1975. – С. 35-38.
7. Пат.2439561 РФ. МПК А 01 G 33/46. Способ ранней диагностики резонансных свойств древесины / Федюков В.И., Салдаева Е.Ю.; заявитель и патентообладатель Марийский государственный технический университет. – №2009111148:заяв. 26.03.09; опубл. 10.01.12. – Бюл. № 1.– 5с.:ил.
8. Федюков, В. И. Состояние и перспектива ранней диагностики технических свойств подроста и молодняков / В.И. Федюков / Лесное хозяйство. – 2013.– № 1. – С. 18-20.
9. Федюков, В. И. Ранняя диагностика технического качества подроста как важный элемент интенсификации лесопользования в России / В.И. Федюков, Е.Ю. Салдаева, Е.М. Цветкова // Лесной журнал. –2012.– № 6. – С. 16-23.
10. Полубояринов, О. И. Плотность древесины / О.И. Полубояринов. – М.: Лесная промышленность, 1976. – 159 с.
11. Кобельков, М. Е. Лесное семеноводство на пороге перемен / М.Е Кобельков// Лесная Россия. – 2008. – № 9. – С. 4-8.

Статья поступила в редакцию 12.09.13.

**Ссылка на статью:** Салдаева Е. Ю., Цветкова Е. М. Предварительное диагностирование прочностных свойств древесины по показателю динамического модуля упругости вибрационным способом // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2014. – № 2 (22). – С.

### Информация об авторах

*САЛДАЕВА Екатерина Юрьевна* – доцент кафедры стандартизации, сертификации и товароведения, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – древесиноведение, технология производства и контроль качества продукции, а также стандартизация, сертификация и управление качеством продукции. Автор 20 публикаций.

*ЦВЕТКОВА Екатерина Михайловна* – аспирант, ассистент кафедры стандартизации, сертификации и товароведения, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – древесиноведение, управление качеством продукции. Автор 15 публикаций.

### PRELIMINARY DIAGNOSIS OF STRENGTH PROPERTIES OF WOOD BY DYNAMIC MODULUS OF ELASTICITY (VIBRATING MANNER)

*E. Yu. Saldaeva, E. M. Tsvetkova*

Volga State University of Technology,  
3, Pl. Lenina, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation  
E-mail: saldaevaey@volgatech.net

**Key words:** *mechanical properties; modulus; vibrating manner.*

#### ABSTRACT

*The problem of conservation and augmentation of high quality timber is considered. The condition is analysed and practical importance of early diagnostics of wood in its production abroad is proved. The goal of the research is to develop the method of preliminary diagnostics of technical quality of young growth by dynamic modulus of elasticity for targeted cultivation of wood with high strength characteristics. Experimental studies were carried out on the basis of an accredited laboratory of qualimetry of sounding timber (Volga State University of Technology), the method was pretested in clone bank of sounding fir in Training and Experimental Forestry of Volga Tech. A non-destructive method of early diagnostics of technical quality (strength) of young growth of Pine was offered. The method was based on the contact between acoustic and strength characteristics of wood. It allows to select unique samples without cutting down trees and to organize targeted cultivation of wood with certain technical characteristics of wood. **Results.** The results of the modulus of elasticity of wood, obtained by ultrasonic and vibroacoustic methods, are offered in the paper. Such acoustic indices as fundamental frequency of oscillations of single-sided support sample, speed of propagation of soundwave along the sample were used as the evaluation criteria. The values, obtained by these methods, are homogeneous and have a positive correlation, indicating comparability of the data. Vibroacoustic measuring method is more accurate. **Conclusions.** At this stage of the research it was found that the most appropriate way to diagnose the acoustic properties of the trees at a young age is vibroacoustic method which should be used together with "Resonance -4" plant. However, to get correct results, a need in introduction of correction factors arises. It is likely that there are other ways of identification or some new ways of identification can be developed. Thus, it is expedient to continue the researches in this area.*

The research was carried out within the grant of Russian Foundation for Basic Research №13-01-97045 r\_povolzhe\_a

#### REFERENCES

1. Rohanova A. Characteristics of spruce timber quality determined by ultrasonic and bending methods. *Life Science Forestry and Wood Technology*. 2009. № 69. Pp. 234-238.
2. Lindstrom H., Nakada R., Ralston J. Cell wall structure and wood properties determined by acoustics—a selective review. *European Journal of Wood and Wood*. 2003. Vol. 61, Iss. 5. Pp. 321-335.
3. Nakamura N. Development of measuring Yong's modulus of planting stock. *Journal of the Japanese Forestry Society*. 1997. Vol. 79, Iss. 1. Pp. 43-48.
4. GOST 16483.31-74. Drevesina. Rezonansnyy metod opredeleniya moduley uprugosti i sdviga i dekrementa kolebaniy [National State Standard 16483.31-74. Wood. The Resonance Method of Determining of the

Modulus of Elasticity and Decrement of Oscillation]. Moscow: Izdatelstvo standartov IPK, 1999. 8 p.

5. Hsu Linda C.-Y., Chauhan Shakti S. Nick King Modulus of elasticity of stemwood vs branchwood in 7-year-old Pinus radiate families. *New Zealand Journal Forestry Science*. 2003. Vol. 33. Pp. 35-46.

6. Goldshtejn A. Ja. Zavisimost skorosti rasprostraneniya prodolnykh impulsnykh ultrazvukovykh voln ot geometricheskikh razmerov obraztsov naturalnoy i kodifikatsionnoy polistirolokom drevesiny breezy [Dependence of Velocity of Pulse Propagation of Longitudinal Ultrasonic Waves on Geometrical Dimensions of the Samples of Natural and Codified by Bifurcation of Polystyrene Birch]. *Khimicheskaya modifikatsiya drevesiny* [Chemical Modification of Wood]. Riga: Zinatne, 1975. Pp. 35-38.

7. Fedyukov V.I., Saldaeva E.Yu. *Sposob ranney diagnostiki rezonansnykh svoystv drevesiny* [The Method of Early Detection of the Resonant Properties of Wood]. Patent RF, no 2439561,2012.

8. Fedyukov V.I. Sostoyanie i perspektiva ranney diagnostiki tekhnicheskikh svoystv podrosta i molodnyakov [Status and Prospects of Early Diagnosis of Technical Properties of Young Growth]. *Lesnoe khozyaystvo* [Forestry]. 2013. № 1. Pp. 18 -20.

9. Fedyukov V.I., Saldaeva E.Yu., Tsvetkova E.M. Rannyyaya diagnostika tekhnicheskogo kachestva podrosta kak vazhnyy element intensivatsii lesopolzovaniya v Rossii [Early Diagnosis of the Technical Quality of Young Growth as an Important Element of Intensification of Forest Management in Russia]. *Lesnoy zhurnal* [Forest Magazine]. 2012. № 6. Pp. 16-23.

10. Poluboyarinov O. I. *Plotnost drevesiny* [Density of Wood]. Moscow: Lesnaya. promyshlennost, 1976. 159 p.

11. Kobelkov M.E. Lesnoe semenovodstvo na poroge peremen [Forest Seedage on the Threshold of Changes.]. *Lesnaya Rossiya* [Russian Forestry]. 2008. № 9. Pp. 4-8.

The article was received 12.09.13.

**Citation for an article:** Saldaeva E. Yu., Tsvetkova E. M. Preliminary diagnosis of strength properties of wood by dynamic modulus of elasticity (vibrating manner). *Vestnik of Volga State University of Technology*. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management. 2014. No 2(22). Pp.

#### Information about the authors

*SALDAEVA Ekaterina Yuryevna* – Associate Professor at the Chair of Standardization, Certification and Merchandizing, Volga State University of Technology. Research interests – wood science, technology, production and quality control and standardization, certification and quality control. The author of 20 publications.

*TSVETKOVA Ekaterina Mikhaylovna* – Postgraduate student, teaching assistant at the Chair of Standardization, Certification and Merchandizing, Volga State University of Technology. Research interests – wood science, product quality control. The author of 15 publications.

## ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ. БИОТЕХНОЛОГИИ

УДК 630\*181.8:634.17

### СЕЗОННЫЙ РИТМ РАЗВИТИЯ ВИДОВ БОЯРЫШНИКА, ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ В РЕСПУБЛИКУ МАРИЙ ЭЛ

**С. В. Мухаметова, С. М. Лазарева**

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

*Приведены результаты фенологических наблюдений над 23 видами боярышника, интродуцированными в Ботаническом саду-институте Поволжского государственного технологического университета. Дана характеристика метеорологических условий лет наблюдений в пункте интродукции. Изученные виды разделены на ранние, средние, поздние по 13 фенофазам и продолжительности периодов цветения, роста побегов и вегетации. Проанализированы суммы эффективных температур на даты наступления фенофаз, а также доли влияния на них факторов метеословий года и видовой специфичности.*

**Ключевые слова:** боярышник; фенология; метеорологические условия.

**Введение.** Изучение закономерностей роста и развития интродуцированных видов в новых экологических условиях имеет большое значение для оценки перспективности экзотов. Растения при перенесении их в культуры *ex situ* приспосабливаются к новым условиям среды, изменяя при этом ряд жизненных функций в большей или меньшей степени [1]. Знание особенностей ритма сезонного развития даёт основные представления об отношении интродуцентов к новым условиям жизни и позволяет понять, насколько полным будет соответствие фаз их роста и развития местным климатическим, погодным и эдафическим условиям [2].

Род боярышник является одним из самых крупных по видовому и формовому разнообразию среди древесных растений. Его виды представляют интерес как декоративные, плодовые и лекарственные расте-

ния и в разное время становились объектами исследований в различных пунктах интродукции России и стран СНГ. Сезонный ритм развития видов боярышника на территории нашей страны был изучен в условиях Центрального региона (г. Москва) [3, 4], Северо-Запада (г. Санкт-Петербург) [5], Среднерусской возвышенности (г. Белгород) [6], Кубани (г. Краснодар) [7], Башкирского Предуралья (г. Уфа) [8], Урала (г. Екатеринбург) [9], Приобья (г. Новосибирск) [10], Дальнего Востока (г. Владивосток) [11]. В ближнем зарубежье исследования проводились в Белоруссии (г. Минск) [1], Украине (г. Белая Церковь) [12], Узбекистане (г. Ташкент) [2].

**Целью** исследований было выявление закономерностей сезонного развития растений интродуцированных видов боярышника (*Crataegus L.*) в культуре *ex situ* в Республике Марий Эл.

Решаемые задачи – анализ метеорологических условий вегетационных периодов лет наблюдений, выявление закономерностей прохождения растениями фаз сезонного развития в зависимости от динамики накопления эффективных температур, сравнительный анализ сроков прохождения фенологических фаз представителями родового комплекса.

#### **Объекты и методики исследований.**

Объектами исследования были растения 23 интродуцированных видов боярышника коллекции Дендрария Ботанического сада-института Поволжского государственного технологического университета (БСИ ПГТУ) (г. Йошкар-Ола, Республика Марий Эл). Растения 12 видов получены из Нижнего Новгорода, 4 – из Москвы, 2 – из Минска, по 1 – из Хабаровска, Каунаса, Саласпилса, 2 – неизвестного происхождения. Самым молодым растениям на 2010 год было 22 года, самым старым – 57 лет, возраст остальных – от 30 до 48 лет. Все наблюдаемые растения вступили в генеративную фазу развития.

Фенологические наблюдения проводились в 2005–2010 гг. согласно методике Главного ботанического сада для ботанических садов [13]. Календарные даты были переведены в непрерывный числовой ряд с 1 марта [5]. Все виды распределены по критерию  $x_{cp} \pm \sigma$  на ранние, средние и поздние по изучаемым фенофазам. Последовательность прохождения фенофаз изученных видов составлена с использованием методики расчёта фенологических расстояний [14]. Характеристика метеорологических условий приведена по данным метеопоста БСИ. Даты устойчивого перехода среднесуточных температур через  $+5^{\circ}\text{C}$  и  $+10^{\circ}\text{C}$  определены по Л.С. Кельчевской [15]. Под продолжительностью вегетационного периода принято количество дней между датами устойчивого перехода среднесуточных температур через  $+5^{\circ}\text{C}$ , продолжительностью периода активной вегетации – через  $+10^{\circ}\text{C}$ . Сумму эффективных температур

определяли путём суммирования средних суточных температур воздуха, уменьшенных на значение биологического минимума тепла, которое нами принято  $+5^{\circ}\text{C}$  (как для плодовых культур [16]). Сумму активных температур определяли путем суммирования средних суточных температур воздуха между датами устойчивого перехода через  $+10^{\circ}\text{C}$ . Оценка условий увлажнения за период активной вегетации дана по значению гидротермического коэффициента (ГТК) Г.Т. Селянинова [16]. Статистическая обработка данных выполнена с использованием пакета анализа данных прикладной программы Microsoft Excel на 95-процентном уровне значимости.

Территория РМЭ входит в умеренный климатический пояс, район с умеренно холодной зимой, область недостаточного увлажнения. Среднегодовая температура воздуха составляет  $+3,6^{\circ}\text{C}$ . Средняя годовая сумма осадков – 580 мм, в том числе 206 мм приходятся на зимний период. Продолжительность вегетационного периода составляет 175 дней, периода активной вегетации – 138 дней. Средние даты перехода среднесуточных температур воздуха через  $+5^{\circ}\text{C}$  приходятся весной на 16 апреля, осенью – 7 октября, через  $+10^{\circ}\text{C}$  – 7 мая и 21 сентября. Обеспеченность теплом характеризуется следующими показателями: сумма эффективных температур  $+5^{\circ}\text{C}$  – 1583 градусо-дня, сумма эффективных температур  $+10^{\circ}\text{C}$  – 834 градусо-дня, сумма активных температур  $+10^{\circ}\text{C}$  – 2046 $^{\circ}\text{C}$  [17].

**Результаты исследований.** Характеристика метеорологических условий 2005–2010 гг. приведена в табл. 1 и на рис. 1. Можно видеть, что годы анализируемого периода были неравнозначны по погодным условиям. Самое раннее наступление вегетационного периода и самое позднее его окончание наблюдали в 2008 году, когда его продолжительность составила 223 дня. Самый короткий вегетационный период был отмечен в 2010 году за счёт самой ранней даты осеннего

Таблица 1

## Характеристика метеорологических условий района расположения БСИ ПГТУ 2005-2010 гг.

Показатели	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
Дата устойчивого перехода через +5°C весной (числитель) и осенью (знаменатель)	<u>06.IV</u> 18.X	<u>18.IV</u> 07.X	<u>16.IV</u> 25.X	<u>25.III</u> 03.XI	<u>26.IV</u> 21.X	<u>15.IV</u> 30.IX
Продолжительность вегетационного периода, дни	195	172	192	223	178	168
Сумма эффективных температур +5°C, градусо-дни	1823	1653	1848	1777	1781	2122
Сумма активных температур +5°C, градусо-дни	2778	2463	2738	2838	2621	2947
Дата устойчивого перехода через +10°C весной (числитель) и осенью (знаменатель)	<u>05.V</u> 05.X	<u>08.V</u> 13.IX	<u>09.V</u> 30.IX	<u>11.V</u> 10.IX	<u>27.IV</u> 19.IX	<u>01.V</u> 30.IX
Продолжительность периода активной вегетации, дни	153	128	144	122	145	152
Сумма эффективных температур +10°C, градусо-дни	953	867	1028	847	959	1328
Сумма активных температур +10°C за период активной вегетации, градусо-дни	2475	2138	2452	2041	2391	2815
Сумма осадков за период активной вегетации, мм	230	363	328	367	228	177
ГТК Селянинова Г.Т.	0,93	1,70	1,34	1,80	0,96	0,63

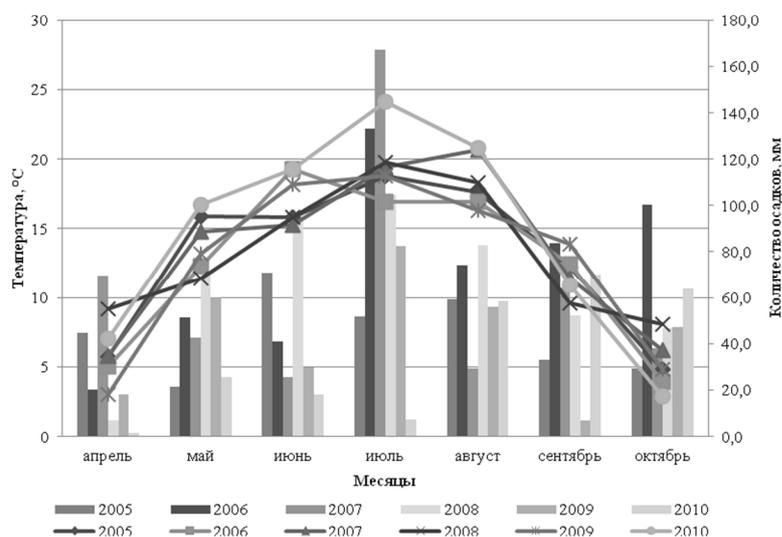


Рис. 1. Среднемесячные температуры и количество осадков в 2005–2010 гг.

перехода среднесуточной температуры через +5°C. Этот же год характеризовался самыми высокими значениями сумм эффективных и активных температур, низким значением выпавших осадков за период активной вегетации. Условия увлажнения за период активной вегета-

ции 2006 и 2008 годов были избыточно влажными, 2007, 2011 и 2012 – влажными, 2005 – засушливыми, 2010 – очень засушливыми.

Результаты фенологических наблюдений за вегетативными побегами растений приведены в табл. 2.

Таблица 2

Средние многолетние фенодаты и стандартная ошибка (дни) вегетативных органов, продолжительность роста побегов и периода вегетации видов рода боярышник – в числителе, в знаменателе – сумма эффективных температур (градусо-дни)

Наименование вида	Начало разверзания почек (1Пч2)	Период роста побегов	Окончание роста побегов (2Пб2)	Полное облиствление (2Л3)	Полное одревеснение побегов (2О2)	Массовый листопад (2Л5)	Продолжительность вегетации
1	2	3	4	5	6	7	8
Евро-азиатские виды							
<i>C. almaatensis</i> Pojark.	$\frac{26.IV \pm 4,1}{44 \pm 7,7}$	29±4,1	$\frac{02.VI \pm 3,7}{350 \pm 18,4}$	$\frac{05.VI \pm 3,0}{393 \pm 10,2}$	$\frac{28.VIII \pm 4,9}{1519 \pm 53,4}$	$\frac{02.X \pm 3,6}{1781 \pm 72,3}$	159±7,1
<i>C. chlorocarpa</i> Lenne et K.Koch	$\frac{26.IV \pm 3,8}{47 \pm 8,6}$	30±3,6	$\frac{03.VI \pm 3,1}{371 \pm 7,7}$	$\frac{07.VI \pm 2,2}{408 \pm 7,2}$	$\frac{28.VIII \pm 4,8}{1529 \pm 55,7}$	$\frac{03.X \pm 4,0}{1782 \pm 72,0}$	160±7,1
<i>C. chlorosarca</i> Maxim.	$\frac{23.IV \pm 3,1}{32 \pm 5,6}$	30±4,1	$\frac{28.V \pm 3,0}{305 \pm 17,9}$	$\frac{04.VI \pm 3,5}{379 \pm 25,9}$	$\frac{05.VIII \pm 2,1}{1206 \pm 37,7}$	$\frac{26.IX \pm 2,7}{1757 \pm 75,8}$	156±3,9
<i>C. maximowiczii</i> C.K. Schneid	$\frac{23.IV \pm 3,3}{33 \pm 5,7}$	29±3,5	$\frac{27.V \pm 2,8}{307 \pm 12,8}$	$\frac{30.V \pm 1,7}{337 \pm 22,3}$	$\frac{09.VIII \pm 2,6}{1269 \pm 35,0}$	$\frac{21.IX \pm 1,8}{1736 \pm 72,1}$	151±4,4
<i>C. monogyna</i> Jacq.	$\frac{29.IV \pm 3,7}{61 \pm 7,4}$	27±3,3	$\frac{02.VI \pm 3,0}{366 \pm 10,3}$	$\frac{07.VI \pm 3,7}{416 \pm 20,2}$	$\frac{29.VIII \pm 3,4}{1553 \pm 55,4}$	$\frac{04.X \pm 3,4}{1785 \pm 70,4}$	158±6,1
<i>C. nigra</i> Waldst. et Kit.	$\frac{23.IV \pm 3,2}{31 \pm 5,2}$	28±4,6	$\frac{25.V \pm 2,7}{266 \pm 21,4}$	$\frac{01.VI \pm 2,5}{341 \pm 20,0}$	$\frac{04.VIII \pm 2,7}{1189 \pm 46,6}$	$\frac{26.IX \pm 2,7}{1756 \pm 70,5}$	156±4,3
<i>C. pinnatifida</i> Bunge	$\frac{28.IV \pm 4,2}{46 \pm 5,4}$	24±2,4	$\frac{26.V \pm 2,5}{290 \pm 10,5}$	$\frac{02.VI \pm 3,1}{355 \pm 19,6}$	$\frac{02.VIII \pm 5,4}{1160 \pm 64,2}$	$\frac{16.IX \pm 2,3}{1700 \pm 67,4}$	141±4,7
<i>C. sanguinea</i> Pall.	$\frac{22.IV \pm 3,0}{28 \pm 5,6}$	25±3,1	$\frac{22.V \pm 1,8}{245 \pm 16,0}$	$\frac{29.V \pm 2,0}{323 \pm 20,7}$	$\frac{21.VII \pm 4,5}{1009 \pm 76,4}$	$\frac{18.IX \pm 1,8}{1719 \pm 72,3}$	149±3,6
<i>C. turkestanica</i> Pojark.	$\frac{27.IV \pm 4,0}{50 \pm 11,5}$	33±3,6	$\frac{06.VI \pm 2,1}{397 \pm 11,0}$	$\frac{11.VI \pm 4,7}{467 \pm 36,0}$	$\frac{06.IX \pm 6,4}{1617 \pm 41,9}$	$\frac{10.X \pm 4,4}{1795 \pm 68,3}$	166±7,0
<i>C. volgensis</i> Pojark.	$\frac{30.IV \pm 4,1}{55 \pm 6,6}$	30±3,5	$\frac{04.VI \pm 2,6}{377 \pm 9,5}$	$\frac{07.VI \pm 3,2}{408 \pm 14,2}$	$\frac{30.VIII \pm 3,7}{1566 \pm 51,1}$	$\frac{07.X \pm 3,5}{1794 \pm 70,1}$	160±5,9
Североамериканские виды							
<i>C. arnoldiana</i> Sarg.	$\frac{26.IV \pm 4,3}{41 \pm 8,7}$	26±4,1	$\frac{27.V \pm 2,6}{293 \pm 8,1}$	$\frac{04.VI \pm 3,2}{368 \pm 19,5}$	$\frac{25.VIII \pm 8,5}{1475 \pm 97,3}$	$\frac{04.X \pm 3,0}{1786 \pm 70,1}$	161±6,5
<i>C. calpodendron</i> (Ehrh.) Medik.	$\frac{09.V \pm 1,0}{119 \pm 15,9}$	26±2,0	$\frac{12.VI \pm 2,8}{472 \pm 16,1}$	$\frac{20.VI \pm 2,5}{578 \pm 23,5}$	$\frac{12.IX \pm 3,1}{1676 \pm 56,0}$	$\frac{13.X \pm 1,0}{1815 \pm 66,2}$	157±1,0
<i>C. chrysocarpa</i> Ashe	$\frac{23.IV \pm 3,7}{31 \pm 5,5}$	25±4,1	$\frac{24.V \pm 2,3}{262 \pm 15,6}$	$\frac{04.VI \pm 3,4}{375 \pm 11,0}$	$\frac{19.VIII \pm 5,7}{1422 \pm 87,7}$	$\frac{09.X \pm 3,6}{1801 \pm 68,6}$	169±6,2
<i>C. douglasii</i> Lindl.	$\frac{25.IV \pm 3,6}{39 \pm 6,2}$	19±3,0	$\frac{18.V \pm 1,8}{206 \pm 13,2}$	$\frac{30.V \pm 2,6}{339 \pm 22,8}$	$\frac{25.VII \pm 2,9}{1076 \pm 72,2}$	$\frac{06.X \pm 5,3}{1783 \pm 73,4}$	165±7,3
<i>C. flabellata</i> (Bosc) K. Koch	$\frac{26.IV \pm 3,9}{44 \pm 7,11}$	25±4,0	$\frac{29.V \pm 2,5}{314 \pm 13,5}$	$\frac{05.VI \pm 3,5}{387 \pm 8,9}$	$\frac{02.IX \pm 7,2}{1581 \pm 48,4}$	$\frac{12.X \pm 3,5}{1804 \pm 67,6}$	169±6,5
<i>C. grayana</i> Eggl.	$\frac{28.IV \pm 4,4}{48 \pm 8,5}$	24±4,0	$\frac{29.V \pm 2,5}{314 \pm 13,5}$	$\frac{05.VI \pm 3,1}{387 \pm 8,9}$	$\frac{28.VIII \pm 7,2}{1525 \pm 66,3}$	$\frac{09.X \pm 4,0}{1799 \pm 68,7}$	164±7,2
<i>C. horrida</i> Medik.	$\frac{26.IV \pm 4,0}{45 \pm 5,0}$	27±4,5	$\frac{31.V \pm 3,4}{340 \pm 13,9}$	$\frac{05.VI \pm 3,1}{390 \pm 9,9}$	$\frac{04.IX \pm 5,8}{1593 \pm 86,0}$	$\frac{10.X \pm 2,7}{1807 \pm 66,9}$	167±5,5
<i>C. macracantha</i> Lodd.	$\frac{28.IV \pm 3,7}{53 \pm 7,9}$	28±2,6	$\frac{03.VI \pm 2,2}{379 \pm 8,3}$	$\frac{11.VI \pm 3,6}{463 \pm 32,5}$	$\frac{10.IX \pm 5,0}{1659 \pm 64,7}$	$\frac{10.X \pm 2,4}{1810 \pm 66,4}$	165±5,8
<i>C. rivularis</i> Nutt.	$\frac{28.IV \pm 3,7}{54 \pm 8,3}$	19±2,4	$\frac{22.V \pm 1,8}{235 \pm 14,7}$	$\frac{31.V \pm 2,6}{344 \pm 23,9}$	$\frac{16.VIII \pm 4,5}{1373 \pm 81,5}$	$\frac{22.IX \pm 3,0}{1740 \pm 79,9}$	148±4,7
<i>C. pringlei</i> Sarg.	$\frac{29.IV \pm 3,9}{58 \pm 6,6}$	23±4,0	$\frac{29.V \pm 3,0}{321 \pm 10,5}$	$\frac{06.VI \pm 3,1}{401 \pm 19,2}$	$\frac{30.VIII \pm 6,7}{1541 \pm 51,8}$	$\frac{08.X \pm 3,0}{1803 \pm 67,5}$	162±5,5
<i>C. prunifolia</i> (Poir.) Pers.	$\frac{4.V \pm 2,0}{78 \pm 15,1}$	25±3,8	$\frac{02.VI \pm 3,0}{360 \pm 17,3}$	$\frac{07.VI \pm 2,7}{409 \pm 11,9}$	$\frac{10.IX \pm 4,6}{1654 \pm 59,2}$	$\frac{11.X \pm 2,3}{1812 \pm 66,5}$	160±3,9
<i>C. punctata</i> Jacq.	$\frac{30.IV \pm 3,8}{60,4 \pm 7,1}$	21±2,8	$\frac{28.V \pm 3,1}{313 \pm 18,2}$	$\frac{08.VI \pm 4,0}{403 \pm 8,5}$	$\frac{11.VIII \pm 4,2}{1290 \pm 54,6}$	$\frac{02.X \pm 1,6}{1783 \pm 70,3}$	155±4,3
<i>C. submollis</i> Sarg.	$\frac{27.IV \pm 3,9}{51 \pm 7,9}$	24±3,7	$\frac{29.V \pm 2,7}{314 \pm 11,0}$	$\frac{07.VI \pm 3,4}{409 \pm 13,8}$	$\frac{05.IX \pm 5,6}{1609 \pm 42,6}$	$\frac{14.X \pm 2,8}{1813 \pm 66,5}$	169±5,9
среднее	$\frac{27.IV \pm 0,8}{50 \pm 4,0}$	26±0,7	$\frac{29.V \pm 5,5}{322 \pm 12,4}$	$\frac{05.VI \pm 1,0}{395 \pm 11,3}$	$\frac{22.VIII \pm 15,6}{1439 \pm 41,8}$	$\frac{04.X \pm 1,7}{1780 \pm 6,5}$	159±1,5

Начало вегетации растений, за которое принята фенофаза начала разverzания почек (1Пч2), изученных видов боярышника приходилось на конец апреля – начало мая, в среднем – на 27.IV. Самое раннее начало вегетации характерно для *C. sanguinea* (22.IV), самое позднее – для *C. calpodendron* (09.V). Интервал составлял 17 дней. В группу ранораспускающихся видов вошли *C. sanguinea*, *C. nigra*, *C. chlorosarca*, *C. maximowiczii*, *C. chryso-carpa*, разverzание почек у которых началось при средней многолетней сумме эффективных температур 28–33 градусо-дней. К группе поздораспускающихся видов в Республике Марий Эл отнесены *C. prunifolia* и *C. calpodendron*, анализируемая фенофаза которых начиналась при накоплении суммы эффективных температур 78–119 градусо-дней. Остальные изученные виды имели средние сроки разverzания почек. Последовательность видов по началу данной фенофазы, с небольшими исключениями, сохранялась из года в год. Самые ранние календарные сроки начала вегетации были отмечены в 2008 году из-за аномально раннего наступления весны, самые поздние – в 2006 году.

Начало роста побегов (1Пб1) фиксировали одновременно с началом обособления листьев (1Л1) вскоре после разverzания почек, в среднем через 6 дней (4–9 дней у разных видов). Видовой состав групп ранних, средних и поздних по датам начала роста побегов и обособления листьев совпадает с соответствующими группами по датам начала разverzания почек. Значение коэффициента корреляции между средними многолетними датами начала данных фенофаз и началом разverzания почек равно 0,96.

Продолжительность роста побегов составляла в среднем  $26 \pm 0,7$  дней. К группе с коротким периодом роста отнесены *C. rivularis*, *C. douglasii*, *C. punctata*. Длительный период роста побегов был характерен для *C. volgensis*, *C. chlorosarca*, *C. chlorocarpa*, *C. turkestanica*. Остальные виды имели среднюю продолжительность

роста вегетативных побегов. За период роста побегов изученных видов боярышника накапливалось в среднем от 160 до 312 градусо-дней эффективных температур. К группе видов с наименьшими требованиями к теплу, накопленному к концу периода роста побегов, отнесены *C. douglasii*, *C. rivularis*, *C. sanguinea*. Наибольшей теплообеспеченностью характеризовались *C. macracantha*, *C. calpodendron*, *C. volgensis*, *C. chlorocarpa*, *C. turkestanica*. Самая короткая продолжительность роста побегов у большинства видов отмечена в 2010 и 2005 гг., самая длинная – в 2008 году.

Одревеснение побегов (1О1) началось у изученных видов в среднем 14.V, самое раннее – 08.V, самое позднее – 27.V. В группу ранних по данной фенофазе входят *C. sanguinea*, *C. nigra*, *C. maximowiczii*, *C. douglasii*, поздних – *C. macracantha*, *C. prunifolia* и *C. calpodendron*. Фаза полного одревеснения (1О2) начиналась в среднем 14.VIII. К группе видов с ранними сроками одревеснения побегов отнесены *C. sanguinea* (14.VII), *C. douglasii*, *C. pinnatifida*, *C. nigra*, *C. chlorocarpa*, с поздними – *C. macracantha*, *C. prunifolia* и *C. calpodendron* (03.IX). Между сроками начала одревеснения и полного его завершения обнаружена тесная корреляционная связь ( $r = 0,82$ ).

Фаза полного облиствления (2Л3), когда листья достигли типичных для вида размеров и окраски, наступала вскоре после окончания роста побегов и приходилась в среднем на 05.VI. К группе ранних по анализируемой фенофазе отнесены *C. sanguinea*, *C. maximowiczii*, *C. douglasii*, *C. rivularis* (суммы эффективных температур 323–344 градусо-дней), поздних – *C. macracantha*, *C. turkestanica*, *C. calpodendron* (463–578 градусо-дней), средних – остальные изученные виды. Сроки прохождения разными видами фазы полного облиствления тесно связаны со сроками разverzания почек и обособления листьев (начала роста побегов), коэффициенты корреляции равны 0,81 и 0,89 соответственно, то есть виды с ранним началом вегетации

характеризуются и ранним обособлением и вызреванием листьев наоборот.

Начало осеннего расцветивания листьев (1Л4) у растений изученных видов было растянуто с 24.VIII по 26.IX, в среднем – 13.IX. Раннее появление осенней окраски отмечено у *C. sanguinea*, *C. pinnatifida*, *C. rivularis*, *C. maximowiczii*, *C. almaatensis*, *C. chlorocarpa* (при сумме эффективных температур 1493–1581 градусо-дней). Позднее всего начинают окрашиваться листья у *C. prunifolia*, *C. macracantha*, *C. submollis*, *C. flabellata*, *C. calpodendron* (1740–1757 градусо-дней). Обнаружена корреляционная связь средней силы между сроками начала вызревания листьев и начала их осеннего расцветивания,  $r = 0,58$ .

Массовый листопад (окончание вегетации, 2Л5) приходился в среднем на 04.X  $\pm 1,7$  дня. В группу с ранним завершением вегетации отнесены *C. pinnatifida*, *C. sanguinea*, *C. maximowiczii*, *C. rivularis*, *C. nigra* (1700–1756 градусо-дней). Самые поздние сроки окончания вегетации были характерны для *C. flabellata*, *C. submollis*, *C. calpodendron* (1801–1815 градусо-дней). Интервал между самой ранней и самой поздней фенодатами составлял 28 дней. В 2006 году из-за продолжительной тёплой осени у растений *C. sanguinea* и *C. maximowiczii* начали набухать почки, что вызвало их повреждение в зимний период, и на следующий год эти растения оценивались I–II баллами зимостойкости. В остальные годы наблюдений изучаемые виды характеризовались I баллом зимостойкости, кроме *C. turkestanica* (I–II балла зимостойкости в 2010 году) и *C. pinnatifida*, зимостойкость которого оценивалась III баллами в 2005–2006 гг. и I–II баллами в 2007 году.

Средняя многолетняя продолжительность периода вегетации видов боярышника варьировала от 141 до 169 дней. Короткой продолжительностью этого периода характеризовались *C. pinnatifida*, *C. rivularis*, *C. sanguinea*, *C. maximowiczii*. Самая продолжительная вегетация отме-

чена у *C. turkestanica*, *C. horrida*, *C. flabellata*, *C. chrysocarpa*, *C. submollis*. Среднее значение продолжительности вегетации всех изученных видов составляло  $159 \pm 1,5$  дней. В годы наблюдений самые короткие периоды вегетации у большинства видов наблюдались в 2005 году из-за раннего опадения листьев, самые длинные – в 2008 году за счёт аномально раннего начала вегетации.

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа влияния особенностей метеорологических условий 2005–2010 гг. и видовой специфичности на отдельные фенодаты отражены в табл. 3. Графическое изображение табл.3 приведено на рис. 2 и 3.

Можно видеть, что в начале вегетации видов боярышника наибольшее влияние на даты наступления фенофаз оказывает фактор метеорологических условий (фактор года). Так, доля его влияния на фенодату разверзания почек равна 74,2 %, тогда как доля влияния фактора видовой специфичности равна 17,4 %. По мере последовательного прохождения растениями фенологических фаз развития вегетативных органов доля влияния метеоусловий снижается, а доля влияния видовой специфичности возрастает, для фазы расцветивания листьев их значения соответственно равны 7,7 и 71,3 %. Доля влияния фактора года на дату фазы опадения листьев вновь возрастает и составляет 17,8 %, доля влияния фактора видовой специфичности – 60,4 %.

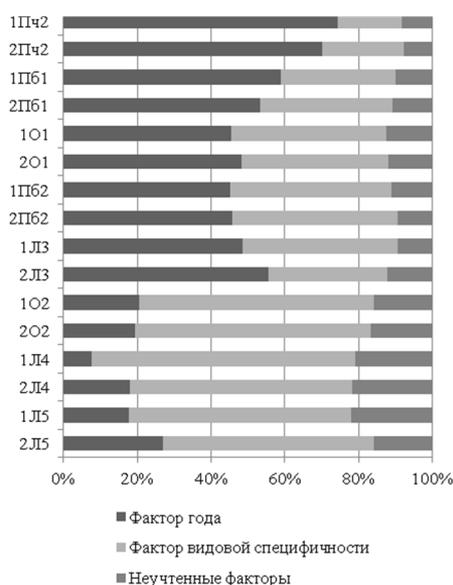
Таким образом, можно предположить, что сигналом для начальных этапов сезонного развития представителей рода боярышник определяющими являются метеоусловия перезимовки и весны, что определяется центром происхождения видовой разнообразия рода. Завершающие этапы сезонного развития специфичны для изученных видов, что может свидетельствовать о дивергенции рода и генотипической приспособленности видов к метеоусловиям их ареалов. Об этом свидетельствуют и данные дисперсионного анализа влияния сроков наступления фенофаз на сумму эффективных температур конкретной фенодаты.

Таблица 3

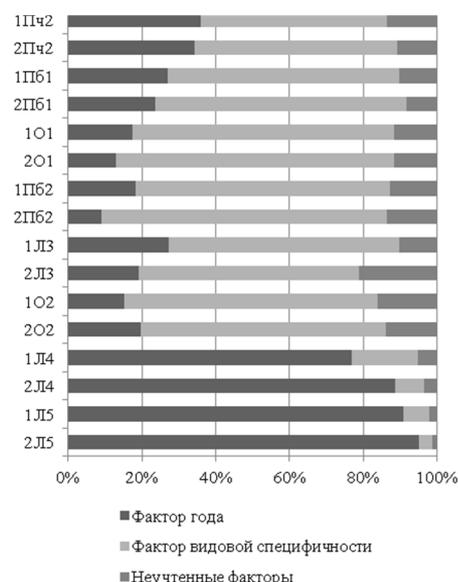
**Дисперсионный анализ влияния фактора года (метеоусловий), видовой специфичности и неучтённых факторов на календарные даты наступления фенофаз развития вегетативных органов и суммы накопленных эффективных температур на эти даты, %**

Название фенофазы и её условное обозначение		Доля влияния факторов на календарную дату наступления фенофазы			Доля влияния факторов на сумму эффективных температур		
		Год	Вид	Неучтённые*	Год	Вид	Неучтённые*
Разверзание почек	1Пч2	74,2	17,4	8,3	36,0	50,4	13,6
	2Пч2	70,1	22,2	7,6	34,2	55,1	10,7
Начало роста побегов, обособление листьев	1Пб1	59,1	31,0	10,0	27,1	62,7	10,3
	2Пб1	53,4	35,7	10,9	23,6	68,0	8,3
Начало одревеснения побегов	1О1	45,4	42,2	12,4	17,5	70,9	11,5
	2О1	48,2	40,0	11,9	12,8	75,7	11,5
Окончание роста побегов	1Пб2	45,3	43,7	11,0	18,2	69,1	12,7
	2Пб2	45,7	44,9	9,5	8,9	77,7	13,5
Завершение роста и вызревания листьев	1ЛЗ	48,6	41,9	9,5	27,2	62,6	10,2
	2ЛЗ	55,5	32,1	12,3	19,0	59,9	21,1
Полное одревеснение побегов	1О2	20,6	63,5	15,9	15,1	68,8	16,2
	2О2	19,4	63,9	16,7	19,6	66,4	14,0
Расцветивание листьев	1Л4	7,7	71,3	21,0	76,9	17,8	5,3
	2Л4	18,0	60,3	21,8	88,5	8,0	3,4
Опадение листьев	1Л5	17,8	60,4	21,9	90,9	6,9	2,2
	2Л5	26,8	57,2	15,9	95,0	3,7	1,3

**Примечание:** \* – в том числе фактор взаимодействия видовой специфичности и года.



*Рис. 2. Доля влияния факторов на календарные даты наступления фенофаз развития вегетативных органов растений рода Боярышник*



*Рис. 3. Доля влияния факторов на сумму накопленных эффективных температур по отдельным фенофазам развития вегетативных органов растений рода Боярышник*

Изменение доли влияния изученных факторов на накопление эффективных температур носит иной характер. Сумма эффективных температур, необходимая для начала вегетации, в большей степени

зависит от видовой специфичности (доля влияния 50,4 %), чем от метеоусловий года (36,0 %). В дальнейшем значение видовых особенностей возрастает, достигая порядка 60–70 % для фаз начала и окончания роста

побегов, их одревеснения, вызревания листьев. При этом влияние фактора года снижается. В конце периода вегетации доля влияния метеорологических условий года резко возрастает, составляя 76,9 и 90,9 % соответственно для фенофаз расцвечивания листьев и их опадения. Влияние фактора видовой специфичности на

окончание вегетации растений видов боярышника минимально. Вероятно, это связано с тем, что в конце вегетационного сезона снижается накопление эффективных температур +5°C, а затем и прекращается.

Результаты наблюдений над генеративными органами растений приведены в табл. 4.

Таблица 4

Средние многолетние фенодаты и стандартная ошибка (дни) генеративных органов, продолжительность цветения видов *Crataegus* в числителе, в знаменателе – сумма эффективных температур (градусо-дни)

Наименование вида	Начало цветения (1Ц4)	Массовое цветение (2Ц4)	Окончание цветения (2Ц5)	Продолжительность цветения	Начало созревания плодов (1Пл3)	Массовое созревание плодов (2Пл3)
1	2	3	4	5	6	7
Евро-азиатские виды						
<i>C. almaatensis</i>	<u>28.V±2,5</u> 303±9,8	<u>29.V±2,7</u> 320±11,1	<u>05.VI±3,1</u> 396±8,7	9±1,2	<u>24.VIII±3,0</u> 1496±61,5	<u>01.IX±3,0</u> 1578±59,5
<i>C. chlorocarpa</i>	<u>27.V±2,4</u> 293±9,7	<u>29.V±2,5</u> 315±9,8	<u>05.VI±3,1</u> 389±8,8	9±1,2	<u>22.VIII±3,3</u> 1470±81,8	<u>30.VIII±2,9</u> 1555±74,9
<i>C. chlorosarca</i>	<u>25.V±3,2</u> 259±16,8	<u>27.V±3,2</u> 274±14,7	<u>02.VI±3,3</u> 336±10,7	5±0,5	<u>21.VIII±3,3</u> 1422±112,6	<u>29.VIII±3,2</u> 1520±102,8
<i>C. maximowiczii</i>	<u>20.V±2,0</u> 218±6,0	<u>21.V±2,1</u> 232±6,0	<u>28.V±2,7</u> 314±7,4	8±0,9	<u>13.VIII±2,7</u> 1359±91,9	<u>20.VIII±3,0</u> 1444±96,9
<i>C. monogyna</i>	<u>29.V±2,5</u> 313±10,5	<u>31.V±2,8</u> 333±12,2	<u>07.VI±2,9</u> 412±14,5	9±1,4	<u>02.IX±2,3</u> 1589±60,2	<u>08.IX±2,5</u> 1657±57,1
<i>C. nigra</i>	<u>21.V±2,2</u> 229±5,3	<u>22.V±2,2</u> 242±5,4	<u>28.V±2,5</u> 311±6,1	6±0,9	<u>15.VIII±4,3</u> 1366±118,3	<u>22.VIII±4,3</u> 1456±108,0
<i>C. pinnatifida</i>	<u>01.VI±5,3</u> 350±17,6	<u>02.VI±5,3</u> 361±15,2	<u>07.VI±5,5</u> 425±19,9	6±0,5	<u>30.VIII±3,7</u> 1579±139,2	<u>07.IX±3,9</u> 1658±125,2
<i>C. sanguinea</i>	<u>20.V±2,0</u> 218±6,3	<u>21.V±2,1</u> 233±7,0	<u>26.V±2,5</u> 290±6,6	6±1,0	<u>05.VIII±1,2</u> 1243±85,1	<u>12.VIII±1,5</u> 1330±93,1
<i>C. turkestanica</i>	<u>29.V±2,1</u> 319±9,0	<u>31.V±2,1</u> 338±6,6	<u>10.VI±2,8</u> 447±16,8	12±1,3	<u>02.IX±3,5</u> 1587±68,3	<u>10.IX±3,4</u> 1653±67,2
<i>C. volgensis</i>	<u>29.V±2,4</u> 321±10,2	<u>31.V±2,6</u> 338±11,3	<u>07.VI±2,7</u> 408±12,1	9±1,1	<u>09.IX±3,1</u> 1650±63,1	<u>14.IX±3,1</u> 1690±55,7
Североамериканские виды						
<i>C. arnoldiana</i>	<u>20.V±2,2</u> 217±4,5	<u>22.V±2,2</u> 235±5,0	<u>28.V±2,7</u> 306±7,2	8±1,1	<u>06.IX±2,8</u> 1630±60,4	<u>12.IX±3,4</u> 1679±57,6
<i>C. calpodendron</i>	<u>17.VI±2,4</u> 536±21,5	<u>18.VI±2,5</u> 558±21,3	<u>30.VI±2,3</u> 699±17,3	13±0,3	<u>28.IX±3,4</u> 1765±56,6	<u>05.X±4,2</u> 1796±60,4
<i>C. chrysocarpa</i>	<u>20.V±2,1</u> 214±9,0	<u>21.V±2,2</u> 231±8,2	<u>27.V±2,3</u> 290±9,1	7±0,9	<u>14.IX±3,1</u> 1685±62,4	<u>20.IX±3,2</u> 1723±56,4
<i>C. douglasii</i>	<u>22.V±2,5</u> 231±10,0	<u>23.V±2,5</u> 246±10,8	<u>27.V±2,6</u> 301±8,2	6±0,9	<u>05.VIII±1,0</u> 1261±95,4	<u>10.VIII±0,9</u> 1349±105,9
<i>C. flabellata</i>	<u>21.V±2,4</u> 230±6,8	<u>23.V±2,5</u> 248±8,1	<u>28.V±2,5</u> 307±7,1	7±1,2	<u>08.IX±4,2</u> 1635±51,4	<u>14.IX±4,0</u> 1686±50,3
<i>C. grayana</i>	<u>22.V±2,4</u> 236±8,0	<u>23.V±2,5</u> 253±9,1	<u>29.V±2,5</u> 319±7,7	7±1,1	<u>06.IX±4,0</u> 1615±56,1	<u>12.IX±3,9</u> 1673±54,0
<i>C. horrida</i>	<u>24.V±2,5</u> 258±9,3	<u>25.V±2,4</u> 276±7,9	<u>01.VI±2,4</u> 349±6,4	8±1,4	<u>18.IX±2,8</u> 1712±59,9	<u>23.IX±3,1</u> 1740±56,4
<i>C. macracantha</i>	<u>30.V±2,6</u> 310±17,8	<u>01.VI±2,5</u> 348±8,7	<u>06.VI±2,7</u> 402±7,3	8±0,4	<u>22.IX±2,5</u> 1735±57,5	<u>28.IX±3,1</u> 1769±57,5

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6	7
<i>C. rivularis</i>	<u>26.V±2,6</u> 283±8,1	<u>27.V±2,7</u> 299±7,3	<u>02.VI±2,8</u> 364±6,8	7±0,7	<u>23.VIII±3,1</u> 1483±66,4	<u>29.VIII±3,2</u> 1545±61,3
<i>C. pringlei</i>	<u>24.V±2,7</u> 261±6,1	<u>25.V±2,7</u> 275±6,5	<u>30.V±2,4</u> 337±6,6	7±1,1	<u>23.IX±2,4</u> 1740±60,5	<u>30.IX±2,7</u> 1781±60,9
<i>C. prunifolia</i>	<u>07.VI±2,7</u> 406±12,8	<u>08.VI±2,6</u> 422±13,0	<u>16.VI±2,5</u> 522±15,4	9±0,4	<u>01.X±3,1</u> 1781±53,8	<u>08.X±3,7</u> 1805±58,4
<i>C. punctata</i>	<u>01.VI±2,9</u> 346±9,4	<u>02.VI±3,0</u> 361±8,3	<u>09.VI±3,3</u> 440±19,7	9±0,4	<u>15.IX±2,6</u> 1690±64,9	<u>21.IX±2,5</u> 1726±61,8
<i>C. submollis</i>	<u>22.V±2,4</u> 234±5,9	<u>23.V±2,6</u> 249,4±5,8	<u>29.V±2,6</u> 316±9,4	7±1,2	<u>21.IX±4,0</u> 1725±58,8	<u>28.IX±4,0</u> 1765±53,1
среднее	<u>26.V±1,4</u> 286±15,7	<u>28.V±1,4</u> 303±15,9	<u>03.VI±1,7</u> 377±19,3	8±0,4	<u>01.IX±3,3</u> 1575±33,3	<u>07.IX±3,3</u> 1630±29,8

Фаза начала бутонизации (1Ц3) в среднем начиналась незадолго до начала одревеснения оснований побегов, в среднем  $12.V \pm 4,4$  дня. Раньше остальных видов наблюдали появление бутонов у *C. sanguinea* (07.V), позднее всех – у *C. prunifolia* (18.V) и *C. calpodendron* (30.V). У остальных видов обособление бутонов происходило в средние сроки. Фаза начала бутонизации и начала одревеснения побегов тесно коррелируют между собой,  $r = 0,88$ . Между сроками начала анализируемой фенофазы и окончанием роста побегов корреляционная связь средней силы,  $r = 0,73$ .

Фаза цветения тесно коррелирует с бутонизацией,  $r = 0,87$ . Цветение (1Ц4) интродуцированных видов боярышника начиналось с 20.V по 17.VI (в среднем 26.V). В группу с ранним началом цветения вошли *C. sanguinea*, *C. chrysocarpa*, *C. maximowiczii*. Поздние сроки начала цветения были характерны для *C. prunifolia* и *C. calpodendron*. Остальные изученные виды имели средние сроки начала анализируемой фенофазы.

Обнаружена положительная корреляционная связь средней силы ( $r = 0,72$ ) между датами начала цветения и его продолжительностью. Виды боярышника в среднем цвели в течение  $8 \pm 0,4$  дней. Быстрее всего отцвели растения *C. chlorosarca* (5 дней), *C. nigra*, *C. douglasii*, *C. sanguinea*, *C. pinnatifida* (по 6 дней). Наибольшую продолжительность цвете-

ния имели *C. turkestanica* (12 дней) и *C. calpodendron* (13 дней).

Вскоре после окончания цветения начинали завязываться плоды (1Пл1). Эти фенофазы очень тесно связаны между собой ( $r = 0,98$ ). В группу рано заканчивающих цветение вошли следующие виды: *C. sanguinea* и *C. chrysocarpa*, в группу рано завязывающих плоды – *C. sanguinea* и *C. douglasii*. В группу поздних по обеим фенофазам входят *C. prunifolia* и *C. calpodendron*.

Созревание плодов (1Пл3) начиналось через 66–110 дней после начала их завязывания, в среднем через  $86 \pm 2,9$  дня. Средняя многолетняя фенодата приходилась на 04.IX, у отдельных видов – с 05.VIII по 28.IX. Раннее созревание плодов было отмечено у *C. douglasii*, *C. sanguinea*, *C. maximowiczii*, *C. nigra*, позднее – у *C. submollis*, *C. macracantha*, *C. pringlei*, *C. calpodendron*, *C. prunifolia*. Массовое созревание плодов (2Пл3) приходилось в среднем на  $10.IX \pm 3,4$  дня, самое раннее – 10.VIII (*C. douglasii*), самое позднее – 08.X (*C. prunifolia*).

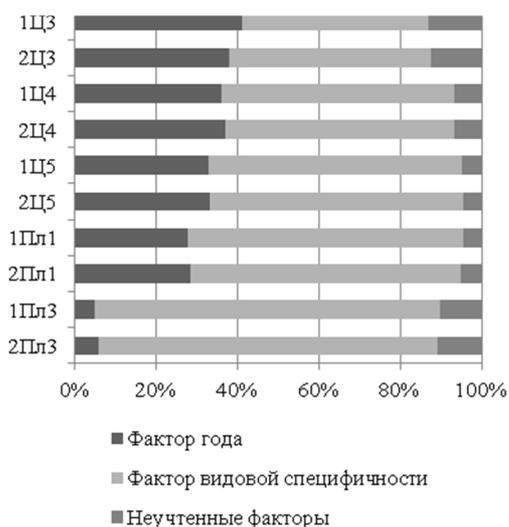
В табл. 5 приведены результаты двухфакторного дисперсионного анализа влияния особенностей метеоусловий года фенонаблюдений и видовой специфичности на календарные даты наступления фенофаз и суммы накопленных эффективных температур. Графическое изображение данных табл. 5 приведено на рис. 4 и 5.

Таблица 5

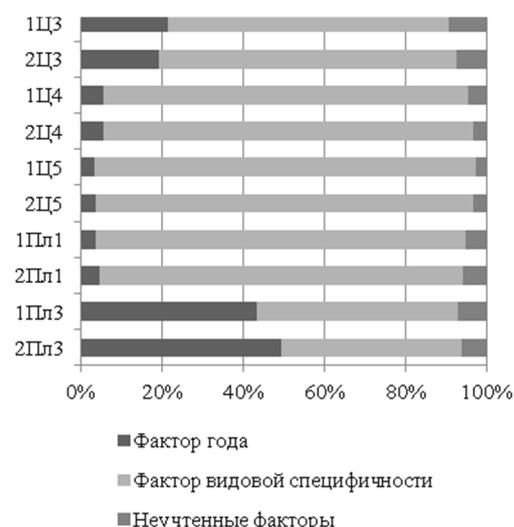
**Дисперсионный анализ влияния фактора года (метеоусловий), видовой специфичности и неучтённых факторов на календарные даты наступления фенофаз развития генеративных органов и суммы накопленных эффективных температур на эти дни, %**

Название фенофазы и её условное обозначение		Доля влияния факторов на календарную дату наступления фенофазы			Доля влияния факторов на сумму эффективных температур		
		Год	Вид	Неучтённые*	Год	Вид	Неучтённые*
Бутонизация	1Ц3	41,2	45,6	13,2	21,2	69,4	9,4
	2Ц3	37,9	49,6	12,5	19,3	73,4	7,4
Начало цветения	1Ц4	35,9	57,3	6,8	5,5	89,7	4,8
	2Ц4	36,9	56,5	6,6	5,6	91,1	3,3
Окончание цветения	1Ц5	32,8	62,5	4,8	3,4	93,7	2,9
	2Ц5	33,3	62,1	4,6	3,5	93,0	3,4
Завязывание плодов	1Пл1	27,8	67,9	4,4	3,7	90,9	5,4
	2Пл1	28,5	66,4	5,0	4,4	89,6	6,0
Созревание плодов	1Пл3	5,0	84,9	10,1	43,4	49,5	7,1
	2Пл3	5,7	83,4	10,9	49,4	44,4	6,2

**Примечание:** \* – в том числе фактор взаимодействия видовой специфичности и года



*Рис. 4. Доля влияния факторов на календарные даты наступления фенофаз развития генеративных органов растений рода Боярышник*



*Рис. 5. Доля влияния факторов на сумму накопленных эффективных температур по отдельным фенофазам развития генеративных органов растений рода Боярышник*

Можно видеть, что доля влияния фактора метеоусловий года на календарные даты наступления изученных фенологических фаз развития генеративных органов снижается по мере их последовательного прохождения с 41,2 (фаза бутонизации) до 5,0 % (фаза созревания плодов). Одновременно доля влияния фактора видовой спе-

цифичности возрастает соответственно с 45,6 до 84,9 %. Фактор видовой специфичности имеет большее значение по сравнению с фактором метеоусловий по всем изученным фенофазам.

Анализ доли влияния факторов на накопление эффективных температур показал, что значения доли влияния факто-

ра видовой специфичности всегда выше значений доли влияния фактора года. Максимальная разница (90,3 %) характерна для фазы начала окончания цветения, минимальная – для фазы массового созревания плодов (5,0 %).

Таким образом, требовательность генеративных органов изученных видов боярышника в большей мере, чем вегетативных, определяется видовой специфичностью.

Последовательность прохождения фенологических фаз растениями изученных видов боярышника проходит в следующей очередности: разверзание почек, начало роста побегов и обособление листьев, бутонизация, начало одревеснения побегов, окончание роста побегов, начало цветения, завершение роста и вызревания листьев, окончание цветения, завязывание плодов, полное одревеснение побегов, созревание плодов, расцветивание листьев, опадение листьев. В то же время, для начала отдельных фаз сезонного развития необходимы разные значения биологического минимума тепла. Последнее сказывается на сроках начала и окончания, продолжительности фенофаз растениями разных видов. Это подтверждают и данные расчётов фенологических расстояний. Последовательный ряд видов боярышника по срокам сезонного развития от ранних до поздних выглядит следующим образом: *C. sanguinea*, *C. maximowiczii*, *C. nigra*,

*C. chlorosarca*, *C. douglasii*, *C. pinnatifida*, *C. rivularis*, *C. almaatensis*, *C. chlorocarpa*, *C. arnoldiana*, *C. monogyna*, *C. punctata*, *C. chrysocarpa*, *C. grayana*, *C. volgensis*, *C. flabellata*, *C. turkestanica*, *C. pringlei*, *C. horrida*, *C. submollis*, *C. macracantha*, *C. prunifolia*, *C. calpodendron*.

**Выводы.** Все 23 изученных интродуцированных вида боярышника проходят полный цикл сезонного развития в условиях Республики Марий Эл. Составлены последовательность видов по очередности прохождения видами фаз сезонного развития, а также последовательность этих фенофаз. Между отдельными фенофазами обнаружены тесные корреляционные связи. В начале вегетации наибольшее влияние на развитие вегетативных органов оказывает фактор метеорологических условий года. В конце вегетации наибольшее значение имеет фактор видовой специфичности. Этот фактор оказывает наибольшее влияние и на развитие генеративных органов изученных растений, причём его влияние увеличивается по мере прохождения растениями фенофаз. Значение фактора метеорологических условий года, напротив, снижается к концу вегетационного периода. Накопление сумм эффективных температур вегетативными органами растений зависит в большей степени от фактора видовой специфичности, лишь в конце вегетационного периода резко возрастает влияние метеоусловий.

### Список литературы

1. Бобореко, Е.З. Боярышник / Е.З. Бобореко. – Минск: Наука и техника, 1974. – 224 с.
2. Русанов, Ф.Н. Интродуцированные боярышники Ботанического сада АН УзССР / Ф.Н. Русанов // Дендрология Узбекистана. Т. 1 – Ташкент: Наука, 1965. – С. 8-254.
3. Лапин, П.И. Определение перспективности растений для интродукции по данным фенологии / П.И. Лапин, С.В. Сиднева // Бюллетень ГБС. – Вып. 69. – М.: Наука, 1968. – С. 14-21.
4. Соловьева, Н.М. Боярышник / Н.М. Соловьева, Н.В. Котелова. – М.: Агропроиздат, 1986. – 70 с.
5. Зайцев, Г.Н. Фенология древесных растений / Г.Н. Зайцев. – М.: Наука, 1981. – 120 с.
6. Бакуштов, С.А. Феноритмика видов боярышника (*Crataegus* L.) в условиях Среднерусской возвышенности / С.А. Бакуштов, В.Н. Сорокопудов // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2010. – № 11. – С. 52-57.
7. Сергеева, А.С. Феноритмика и продуктивность североамериканских боярышников в условиях Кубани / А.С. Сергеева // Материалы Всероссийского совещания «Использование формового разнообразия археологических, экологических,

ценологических и культурных особенностей интродуцентов в ботанических коллекциях и озеленении». – Сочи: Ботанический сад «Белые ночи», 1993. – С. 123-125.

8. Вафин, Р.В. Боярышники: Интродукция и биологические особенности / Р.В. Вафин, В.П. Путенихин. – М.: Наука, 2003. – 224 с.

9. Семкина, Л.А. Интродукция рода *Crataegus* L. на Урале / Л.А. Семкина // Интродукция и акклиматизация декоративных растений. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1982. – С. 36-50.

10. Фирсова, М.В. Сезонное развитие аборигенных и некоторых интродуцированных видов рода *Crataegus* L. в условиях Лесостепного Приобья / М.В. Фирсова // Вестник Новосибирского государственного университета. Сер.: Биология, клиническая медицина. – 2010. – Т. 8, вып. 3. – С. 198-202.

11. Денисов, Н.И. Древесные растения Ботанического сада-института ДВО РАН: Итоги интродукции / Н.И. Денисов, И.П. Петухова, Л.М. Пшенникова и др. – Владивосток: БСИ ДВО РАН, 2011. – С. 235-241.

12. Рубис, В.Л. Особенности цветения и плодоношения североамериканских видов боярышника в условиях правобережной лесостепи Украины / В.Л. Рубис, С.В. Роговский // Ботанические сады:

состояние и перспективы сохранения, изучения, использования биологического разнообразия растительного мира: тезисы докладов Международной научной конференции, г. Минск, 30-31 мая 2002 г. / Центральный Ботанический сад НАН Беларуси. – Минск: БГПУ, 2002. – С. 232-233.

13. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР / Совет ботанических садов СССР. – М.: ГБС АН СССР, 1975. – 28 с.

14. Звиргзд, А. Координатный метод обработки фенологических данных / А. Звиргзд, М. Кулитис-Авена // Интродукция растений в ботанических садах Прибалтики. – Рига: Зинатне, 1974. – С. 7-15.

15. Кельчевская, Л.С. Методы обработки наблюдений в агроклиматологии. Методическое пособие / Л.С. Кельчевская. – Л.: Гидрометеоздат, 1971. – 216 с.

16. Лосев, А.П. Практикум по агрометеорологическому обеспечению растениеводства / А.П. Лосев. – СПб.: Гидрометеоздат, 1994. – 244 с.

17. Лазарева, С.М. Использование методик обработки данных фенологических наблюдений (на примере представителей семейства *Pinaceae* Lindl.) / С.М. Лазарева // Известия Иркутского государственного университета. Сер.: Биология. Экология. – 2010. – Т. 4, № 2. – С. 56-65.

Статья поступила в редакцию 14.08.13.

**Ссылка на статью:** Мухаметова С. В., Лазарева С. М. Сезонный ритм развития видов боярышника, интродуцированных в Республику Марий Эл // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2014. – № 2 (22). – С. 63-76.

#### Информация об авторах

*МУХАМЕТОВА Светлана Валерьевна* – аспирант кафедры лесной селекции, недревесных ресурсов и биотехнологий, старший преподаватель кафедры садово-паркового строительства, ботаники и дендрологии, инженер Ботанического сада-института, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – интродукция и акклиматизация древесных растений. Автор 20 публикаций.

*ЛАЗАРЕВА Светлана Михайловна* – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заместитель директора Ботанического сада-института, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – интродукция и акклиматизация растений. Автор 90 публикаций.

## SEASONAL RHYTHM OF INTRODUCED HAWTHORN SPECIES DEVELOPMENT IN MARI EL REPUBLIC

*S.V. Mukhametova, S.M. Lazareva*

Volga State University of Technology,  
3, Pl. Lenina, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation  
E-mail: MuhametovaSV@volgatech.net

**Key words:** hawthorn; phenology; meteorological conditions.

### ABSTRACT

The study of growth and development regularities of introduced species in new ecological conditions is of great importance for exotics availability evaluation. Knowledge of a specific seasonal rhythm gives the main ideas about exotic species relation to new living conditions and allows to understand how complete is the matching of the phases of their growth and development to the local climate, weather and soil conditions. The purpose of the research was to reveal the regularities of seasonal development of introduced hawthorn (*Crataegus* L.) in ex situ culture in Mari El Republic. The task in hand was to analyze weather conditions of vegetative periods during observation period, to reveal peculiarities of changing of plants seasonal development phases depending on effective temperatures accumulation dynamics, to make a comparative analysis of the dates of phenological phases changes by the genus complex representatives. The objects of the research were the plants of 23 introduced hawthorn species of the Arboretum collection at the Botanic Garden-Institute of Volga State University of Technology (Yoshkar-Ola, Mari El Republic). Phenological observations were carried out in 2005 - 2010 years in accordance with the technique of the Main Botanic Garden of the Russian Academy of Sciences for botanic gardens. The characteristic of weather conditions was provided according to BGI meteorological post. All data were processed by mathematical statistics methods. Species were divided by criterion  $xcp \pm \sigma$  into the early, average and late ones by the studied phenophases. All 23 studied introduced hawthorn species pass a full cycle of seasonal development in the Mari El Republic conditions. The sequence of phenological phases passing is as follows: buds breaking, beginning of shoots growth and leaves isolation, flower budding, beginning of shoots wooding, completion of shoots growth, beginning of flowering, completion of leaves growth and maturing, completion of flowering, fruits formation, completion of shoots wooding, fruits maturing, leaves coloration, leaves fall. A consecutive line of hawthorn species depending on the dates of seasonal development (from early to late) was made with the use of calculation of phenological distances and looks as follows: *C. sanguinea*, *C. maximowiczii*, *C. nigra*, *C. chlorosarca*, *C. douglasii*, *C. pinnatifida*, *C. rivularis*, *C. almaatensis*, *C. chlorocarpa*, *C. arnoldiana*, *C. monogyna*, *C. punctata*, *C. chrysocarpa*, *C. grayana*, *C. volgensis*, *C. flabellata*, *C. turkestanica*, *C. pringlei*, *C. horrida*, *C. submollis*, *C. macracantha*, *C. prunifolia*, *C. calpodendron*. Close correlations were found between separate phenophases. The factor of year weather conditions has the greatest impact on development of vegetative bodies at the beginning of vegetation. A species specificity factor has the greatest value at the end of vegetation. This factor has also the greatest impact on development of generative bodies (its influence increases in the course of phenophases passing by plants). Importance of year weather conditions factor, on the contrary, decreases by the end of a vegetative period.

### REFERENCES

1. Boboreko E.Z. *Boyaryshnik* [Hawthorn]. Minsk: Nauka i tekhnika, 1974. 224 p.
2. Rusanov F.N. *Introdutsirovannye boyaryshniki botanicheskogo sada AN UzSSR* [Introduced Hawthorns of UzSSR AS Botanic Garden]. *Dendrologiya Uzbekistana* [Dendrology of Uzbekistan]. Vol. 1. Tashkent: Nauka, 1965. Pp. 8-254.
3. Lapin P.I., Sidneva S.V. *Opreделение perspektivnosti rasteniy dlya introduktsii po dannym fenologii* [Determination of Plants Availability for Introduction on the Basis of Phenology Data]. *Bulleten GBS* [Paper of Main Botanic Garden]. No 69. Moscow: Nauka, 1968. Pp. 14-21.
4. Soloveva N.M., Kotelova N.V. *Boyaryshnik* [Hawthorn]. Moscow: Agropromizdat, 1986. 70 p.
5. Zaytsev G.N. *Fenologiya drevesnykh rasteniy* [Phenology of Woody Plants]. Moscow: Nauka, 1981. 120 p.
6. Bakshutov S.A., Sorokopudov V.N. *Fenoritmika vidov boyaryshnika (Crataegus L.) v usloviyakh Srednerusskoy vozvyshennosti* [Hawthorn (*Crataegus* L.) Species Phenorhythmics in Conditions of Central Russian Upland]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Vestnik of Krasnoyarsk State Agrarian University]. 2010. No 11. Pp. 52-57.

7. Sergeeva A.S. Fenoritmika i produktivnost severoamerikanskikh boyaryshnikov v usloviyakh Kubani [Phenorhythmics and Productivity of North American Hawthorns in the Kuban Region Conditions]. *Materialy Vserossiyskogo soveshchaniya «Ispolzovanie formovogo raznoobraziya arkhologicheskikh, ekologicheskikh, tsenoticheskikh i kulturnykh osobennostey introdutsentov v botanicheskikh kollektsiyakh i ozelenenii»* [Materials of All-Russian Conference «Usage of Form Diversity of Archaeological, Ecological and Coenotic and Cultural Features of Exotic Species in Botanical Collections and Landscaping»]. Sochi: Botanical garden «Belye nochi», 1993. Pp. 123-125.
8. Vafin R.V., Putenikhin V.P. *Boyaryshniki: introduktsiya i biologicheskie osobennosti* [Hawthorns: Introduction and Biological Features]. Moscow: Nauka, 2003. 224 p.
9. Semkina L.A. Introduktsiya roda *Crataegus* L. na Urale [Introduction of *Crataegus* L. Genus in the Ural]. *Introduktsiya i akklimatizatsiya dekorativnykh rasteniy* [Introduction and Acclimatization of Ornamental Plants]. Sverdlovsk: USC of USSR AS, 1982. Pp. 36-50.
10. Firsova M.V. Sezonnoe razvitie aborigennykh i nekotorykh introdutsirovannykh vidov roda *Crataegus* L. v usloviyakh Lesostepnogo Priobya [Seasonal Development of Native and Some Introduced Species of the Genus *Crataegus* L. in the Forest-Steppe of the Ob River Basin]. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Biologiya, klinicheskaya medicina* [Vestnik of Novosibirsk State University. Series: Biology, Clinical Medicine]. 2010. Vol. 8. No 3. Pp. 198-202.
11. Denisov N.I., Petukhova I.P., Pshennikova L.M., Prilutskiy A.N., Koksheeva I.M., Mironova L.N., Berezovskaya O.L. *Drevesnye rasteniya Botanicheskogo sada-instituta DVO RAN: Itogi introduktsii* [Woody Plants of the Botanical Garden-Institute of FEB RAS: Results of Introduction]. Vladivostok: BGI FEB RAS, 2011. Pp. 235-241.
12. Rubis V.L., Rogovskiy S.V. Osobennosti tsveteniya i plodonosheniya severoamerikanskikh vidov boyaryshnika v usloviyakh pravoberezhnoy lesostepi Ukrainy [Flowering and Fruiting Peculiarities of the North American Hawthorn Species in the Right-Bank Forest-Steppe of the Ukraine]. *Botanicheskie sady: sostoyanie i perspektivy sokhraneniya, izucheniya, ispolzovaniya biologicheskogo raznoobraziya rastitelnogo mira: tezisy dokladov Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii, g. Minsk, 30-31 maya 2002 g.* [Botanic Gardens: Present-Day Situation and Prospects for Preservation, Study, Usage of Biological Diversity of Flora: abstracts of International Scientific Conference, Minsk, 30-31 May 2002]. Minsk: BSPU, 2002. Pp. 232-233.
13. *Metodika fenologicheskikh nablyudeniy v botanicheskikh sadakh SSSR* [Technique of Phenological Observations in USSR Botanic Gardens]. Moscow: Main Botanic Garden of USSR AS, 1975. 28 p.
14. Zvirgzd A., Kulitis-Avena M. Koordinatnyy metod obrabotki fenologicheskikh dannykh [Coordinate Method of Phenological Data Processing]. *Introduktsiya rasteniy v botanicheskikh sadakh Pribaltiki* [Plants Introduction in Baltic Botanic Gardens.]. Riga: Zinatne, 1974. Pp. 7-15.
15. Kelchevskaya L.S. *Metody obrabotki nablyudeniy v agroklimatologii* [Methods of Observations Processing in Agroclimatology]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1971. 216 p.
16. Losev A.P. *Praktikum po agrometeorologicheskomu obespecheniyu rastenievodstva* [Workshop for Agrometeorological Providing of Plant Growing]. Saint-Petersburg: Gidrometeoizdat, 1994. 244 p.
17. Lazareva S.M. Ispolzovanie metodik obrabotki dannykh fenologicheskikh nablyudeniy (na primere predstaviteley semeystva *Pinaceae* Lindl.) [Use of Techniques of Data Processing of Phenological Observations (on the example of *Pinaceae* Lindl.)]. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Biologiya. Ekologiya»* [News of Irkutsk State University. Series «Biology. Ecology»]. 2010. Vol. 4. No 2. Pp. 56-65.

The article was received 14.08.13.

**Citation for an article:** Mukhametova S.V., Lazareva S.M. Seasonal rhythm of introduced hawthorn species development in Mari El Republic. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management.* 2014. No 2(22). Pp. 63-76.

#### Information about the authors

*MUKHAMETOVA Svetlana Valeryevna* – Postgraduate student at the Chair of Wood Selection, Non-Woody Resources and Biotechnology, Senior lecturer at the Chair of Landscape Design, Botany and Dendrology, Engineer of Botanic Garden-Institute, Volga State University of Technology. Research interests – introduction and acclimatization of woody plants. The author of 20 publications.

*LAZAREVA Svetlana Mikhailovna* – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, deputy director of Botanic garden-institute, Volga State University of Technology. Research interests – introduction and acclimatization of plants. The author of 90 publications.

УДК 581.1

## РАЗРАБОТКА ЭКСПРЕСС-СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ТРИТЕРПЕНОВЫХ ГЛИКОЗИДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕСТА ПО ПРОРАСТАНИЮ ПЫЛЬЦЕВЫХ ЗЁРЕН ТАБАКА

*Е. С. Суханова*<sup>1</sup>, *Д. В. Кочкин*<sup>1</sup>, *М. В. Титова*<sup>2</sup>, *Р. В. Сергеев*<sup>3</sup>, *А. М. Носов*<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,  
Российская Федерация, 119991, Москва, Ленинские горы, 1  
E-mail: mushilda@mail.ru

<sup>2</sup>Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН,  
Российская Федерация, 127276, Москва, ул. Ботаническая, 35  
E-mail: titomirez@mail.ru

<sup>3</sup>Поволжский государственный технологический университет,  
Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3  
E-mail: sergeyevrv@volgatech.net

*Тест на прорастание пыльцевых зёрен широко применяется в косметической и медицинской промышленности для анализа токсичности веществ на клеточном уровне. Однако до сих пор не было найдено информации о его использовании для изучения биологической активности изолированных вторичных метаболитов. Была проведена работа по анализу возможности использования этой тест-системы для определения стимулирующей активности индивидуальных полисциазидов и гинзенозидов. Для исследования использовали пыльцу *Nicotiana tabacum* L. Растворы тритерпеновых гликозидов добавляли перед началом инкубации пыльцевых зёрен. Процент прорастания пыльцевых зёрен определяли после 40 и 50 мин. инкубации.*

**Ключевые слова:** *тест на прорастание пыльцевых зёрен; гинзенозиды; полисциазиды; Rapax; Polyscias; тритерпеновые гликозиды; биологическая активность.*

**Введение.** При изучении свойств растительной биомассы и вторичных метаболитов важно исследовать их биологическую активность. При этом исследование свойств экстрактов растительной биомассы ведётся в основном на биохимическом уровне отдельных клеток, либо в системе целого организма (в том числе медицинские исследования), но эти эксперименты зачастую трудоёмки и времязатратны, поэтому они малопригодны в качестве систем быстрого скрининга для промышленного мониторинга свойств биомассы. А большинство «скрининговых» исследований влияния экстрактов растительной биомассы на культуру клеток животных ограничивается изучением их угнетающего (антимикробного, противоракового и

др.) действия, не охватывая других аспектов биологической активности.

Для оценки токсического эффекта различных веществ в лабораториях часто используют тест на прорастание пыльцевых зёрен. Эта тест-система довольно чувствительна и указывает уровень токсичности веществ на клеточном уровне. Последние 30 лет пыльцевые зёрна различных растений используют для выявления цитотоксического эффекта веществ, загрязняющих окружающую среду [1]. Также этот метод широко используется в косметической и медицинской промышленности [2,3]. Пыльцевые трубки представляют собой систему, совершенно отличную от корня, листа или целого растения. Преимущества метода – в его просто-

те исполнения и быстрой скорости роста пыльцевых трубок. Были показаны его чувствительность и корреляция с другими методами определения токсичности, такими как тест Дрейза [2]. Пыльцевая трубка не содержит хлоропласты и не способна к фотосинтезу, исключая действие токсинов, направленных на фотосинтетический аппарат, что может быть полезно, например, при изучении вреда пестицидов на животные клетки [1].

Однако в литературе не было найдено информации по использованию тест-системы пыльцевых зёрен для изучения биологической активности растительных экстрактов и изолированных вторичных метаболитов.

**Цель работы** – оценить возможность использования этой тест-системы для определения стимулирующей активности индивидуальных полисциазидов и гинзенозидов.

**Условия эксперимента.** Для проверки пригодности этого метода для анализа биологической активности вторичных метаболитов использовали гинзенозиды Rf, Rh1, Rh2, Rg1, Rb1 (Sigma, США), гинзенозид малонил-Rb1 и полисциазиды PolA, PolB, PolE, LadA, выделенные из биомассы культуры клеток женьшеня и листьев интактного растения *Polyscias filicifolia* [4,5]. Гликозиды Rh1, Rh2 и LadA предварительно растворяли в диметилсульфоксиде. Все остальные соединения растворяли в воде.

Для определения активности тритерпеновых гликозидов использовали пыльцу *Nicotiana tabacum* L. сорта Petit Havana SR1, выращенного из семян в климатической камере (25°C, 16 ч. световой день) в вермикулите вспученном. Растения через день поливали питательным раствором [6].

Пыльники извлекали из цветков накануне их раскрытия и помещали в термостат (25°C) на двое суток. Пыльцу из раскрывшихся пыльников собирали в пробирки и хранили при -20°C. Перед ис-

пользованием её размораживали, отмывали от липофильных компонентов трифины гексаном и выдерживали во влажной камере в течение 2 ч. Стандартная среда для инкубации пыльцы *in vitro* включала 0,3 М сахарозу, 1,6 мМ H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, 3 мМ Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, 0,8 мМ MgSO<sub>4</sub> и 1 мМ KNO<sub>3</sub> в 50 мМ MES-Tris - буфере, pH 5,9 [7].

Растворы тритерпеновых гликозидов добавляли перед началом инкубации пыльцевых зёрен. Процент прорастания пыльцевых зёрен определяли после 40 и 50 мин. инкубации (25°C). По окончании культивирования пробы фиксировали, добавляя равный объём охлаждённого 2 % раствора параформальдегида в 100 мМ Na-фосфатном буфере, pH 7,4.

Проросшими считали пыльцевые зёрна с трубками длиной не менее радиуса пыльцевого зерна. В каждой пробе просчитывали по 500 пыльцевых зёрен. Все опыты проводили не менее чем в пяти биологических повторностях. На рисунках приведены средние значения и их стандартные отклонения.

**Результаты и обсуждение.** Для исследованных тритерпеновых гликозидов тест на прорастание пыльцевых зёрен оказался высокочувствительным, показав как стимулирующую, так и ингибирующую активность веществ.

На рис. 1–3 представлены результаты влияния на прорастание пыльцевых зёрен различных концентраций полисциазидов А, Е и лидигинозида А, соответственно.

В результате проведённых экспериментов установлено, что гликозиды культур клеток полисциаса проявили ингибирующее действие на прорастание пыльцевых зёрен, причём их активность была различной. Наибольшей активностью обладал самый низкомолекулярный гликозид – лидигинозид А (рис. 3) – при наименьшей из выбранных концентраций (50 мкМ) происходило 100 % подавление прорастания.

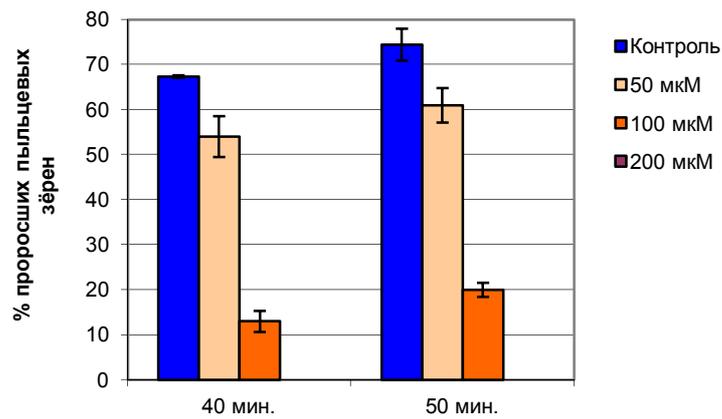


Рис. 1. Влияние полициязида А на прорастание пыльцевых зёрен (в концентрации 200 мкМ полициязид А вызывал полное ингибирование прорастания пыльцевых зёрен)

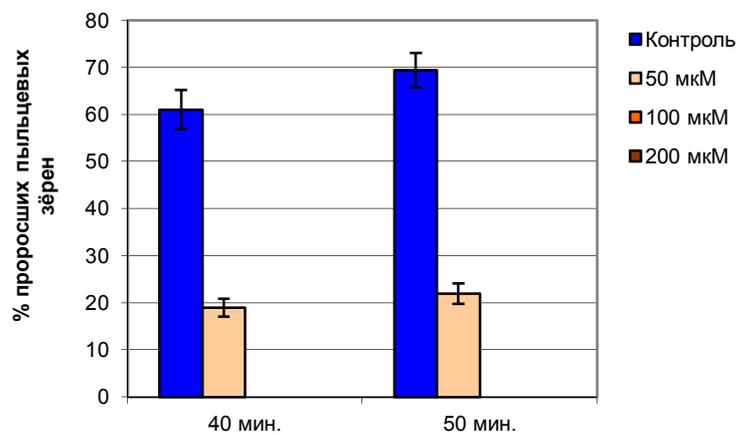


Рис. 2. Влияние полициязида Е на прорастание пыльцевых зёрен (в концентрациях 100 и 200 мкМ полициязид Е вызывал полное ингибирование прорастания пыльцевых зёрен)

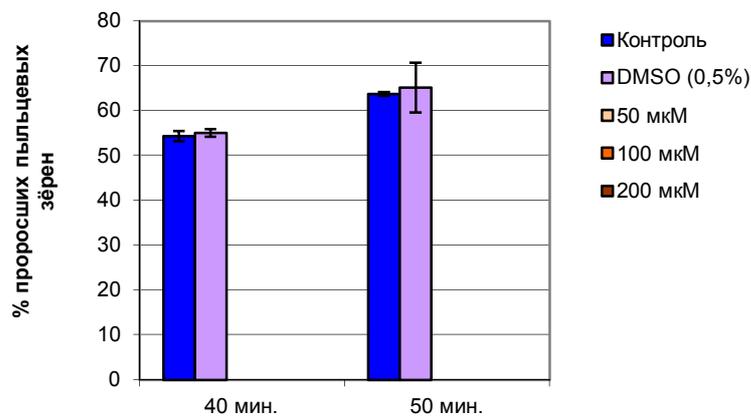


Рис. 3. Влияние ладигинозида А на прорастание пыльцевых зёрен (во всех исследуемых концентрациях полициязид А вызывал полное ингибирование прорастания пыльцевых зёрен)

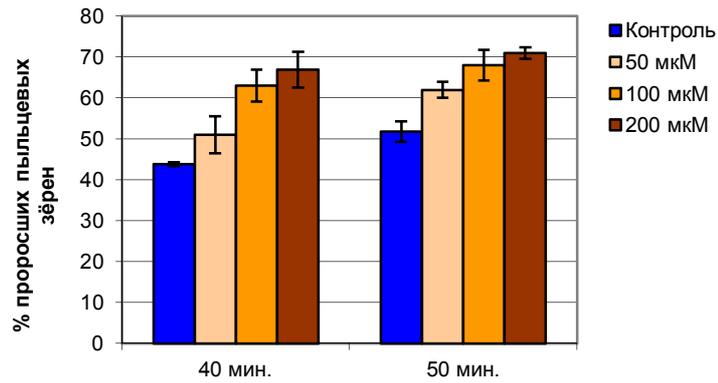


Рис. 4. Влияние гинзенозида Rb1 на прорастание пыльцевых зёрен

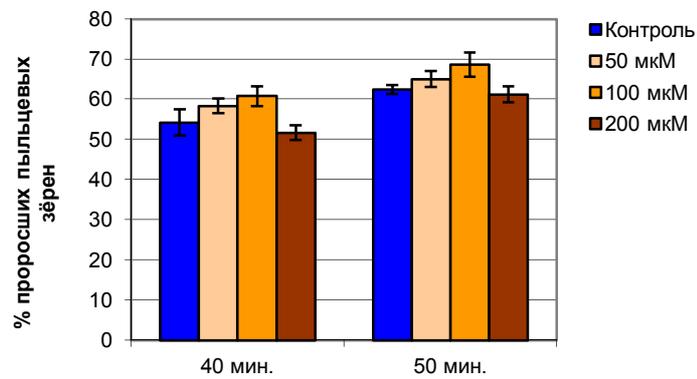


Рис. 5. Влияние малонил-Rb1 на прорастание пыльцевых зёрен

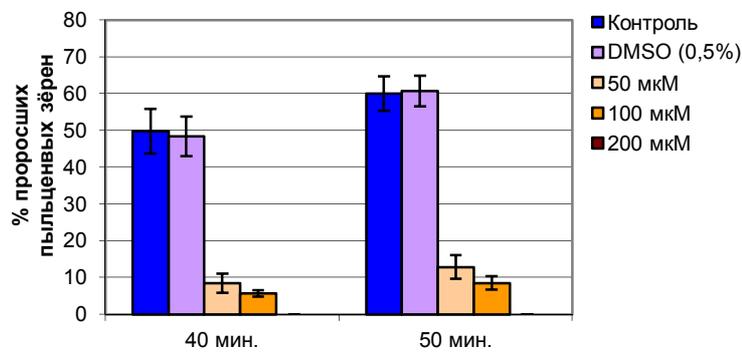


Рис. 6. Влияние гинзенозида Rh2 на прорастание пыльцевых зёрен

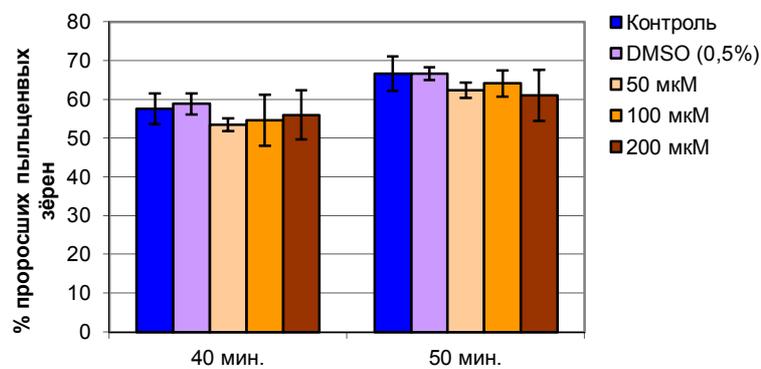


Рис. 7. Влияние гинзенозида Rh1 на прорастание пыльцевых зёрен

В то же время для гинзенозидов было показано как ингибирующее, так и стимулирующее действие. На рис. 4–7 представлены результаты для гинзенозидов Rb1, Mal-Rb1, Rh2 и Rh1.

Для гинзенозида Rb1 было показано стимулирующее действие на прорастание пыльцевых зёрен (рис. 4), которое не проявилось у его малонильного производного (рис. 5). Для гинзенозида Rh2 из группы протопанактодиолов было показано сильное ингибирующее действие (рис. 6), в то время как аналогичный ему гинзенозид Rh1 из группы протопанаксотриолов не оказал существенного влияния

на прорастание пыльцевых зёрен (рис. 7).

**Вывод.** Представленная тест-система выявила различия в активности гинзенозидов, вызванные как наличием дополнительной ОН-группы (у Rh1 по сравнению с Rh2), так и присоединением остатка малоновой кислоты (у mal-Rb1 по сравнению с Rb1).

Разработан метод экспресс-оценки стимулирующей биологической активности индивидуальных тритерпеновых гликозидов. Данный метод является высокочувствительным, выявляющим зависимость биологической активности индивидуальных гинзенозидов от особенностей их химической структуры.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках реализации ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы» (государственный контракт № 16.552.11.7089 от 12 июля 2012 г.) с использованием оборудования ЦКП «ЭБЭЭ» ФГБОУ ВПО «ПГТУ» и Межгосударственной целевой программы ЕвразЭС «Инновационные биотехнологии» (государственный контракт № 16.M04.12.0003).

#### Список литературы

1. Kristen, U. The pollen tube growth test / U. Kristen, R. Kappler // *Methods in Molecular Biology*, O'Hare S., Atterwill C.K. (eds.). – Humana Press Inc., Totowa, NJ, 1995. – Pp. 189-198.
2. Kristen, U. The pollen tube growth test: a new alternative to the Draize eye irritation assay / U. Kristen, U. Hoppe, W. Pape // *Journal-Society of Cosmetic Chemists*. – 1993. – No 44. – Pp. 153-153.
3. Kristen, U. Toxicity screening of mouthwashes in the pollen tube growth test: safety assessment of recommended dilutions / U. Kristen, R.E. Friedrich // *Brazilian Dental Journal*. – 2006. – No 17(1). – Pp. 58-62.
4. Кочкин, Д.В. Обнаружение малонилгинзенозида rb1 в суспензионной культуре клеток женьшеня *Panax japonicus* var. *repens* / Д. В. Кочкин, В. В. Качала, А. М. Носов // Доклады Российской академии наук. – 2011. – Т. 441, № 6. – С. 837–840.
5. Кочкин, Д. В. Тритерпеновые гликозиды культур клеток *Polyscias* spp. / Д.В. Кочкин, Е. С., Суханова, Р. В., Сергеев, А. М. Носов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2014. – № 1 (21). – С.69-76.
6. Nitsch, J.P. Deux especes photoperiodiques de jours courts: *Plumbago indica* L. et *P. zeylanica* L. // *Bull Soc Bot Fr.* – 1965. – No 9. – Pp. 517-522.
7. Benito Moreno R.M. In situ seed production with *in vitro* matured, isolated pollen. / R.M. Benito Moreno, F. Macke, A. Alwen, E. Heberle-Bors // *Planta*. – 1988. – No 176. – Pp. 145-148.

Статья поступила в редакцию 21.11.13.

**Ссылка на статью:** Суханова Е. С., Кочкин Д. В., Титова М. В., Сергеев Р. В., Носов А. М. Разработка экспресс-системы определения биологической активности тритерпеновых гликозидов с использованием теста по прорастанию пыльцевых зёрен табака // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2014. – № 2 (22). – С. 77-83.

#### Информация об авторах

**СУХАНОВА Елена Сергеевна** – кандидат биологических наук, научный сотрудник кафедры физиологии растений биологического факультета, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова. Область научных интересов – культура клеток, вторичный метаболизм высших растений. Автор 20 публикаций.

**КОЧКИН Дмитрий Владимирович** – кандидат биологических наук, научный сотрудник кафедры физиологии растений биологического факультета, Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова. Область научных интересов – физиология растений. Автор 15 публикаций.

*ТИТОВА Мария Владимировна* – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории физиологии культивируемых клеток, Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН. Область научных интересов – физиология растений, биотехнология. Автор 25 публикаций.

*СЕРГЕЕВ Роман Владимирович* – кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры лесной селекции, недревесных ресурсов и биотехнологий, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – биотехнология. Автор 20 публикаций.

*НОСОВ Александр Михайлович* – доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии растений, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, зав. отделом биологии клетки и биотехнологии, Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН. Область научных интересов – биотехнология. Автор более 100 публикаций.

---

### DEVELOPMENT OF EXPRESS-SYSTEM OF BIOACTIVITY DETERMINATION OF TRITERPENOID GLYCOSIDES WITH THE HELP OF THE TEST ON GERMINATION OF POLLEN-GRAINS OF AN INDIAN WEED

*E. S. Sukhanova<sup>1</sup>, D. V. Kochkin<sup>1</sup>, M. V. Titova<sup>2</sup>, R. V. Sergeev<sup>3</sup>, A. M. Nosov<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Moscow State University named after M. V. Lomonosov,  
1, Leninskie gory, Moscow, 119991, Russian Federation  
E-mail: mushilda@mail.ru

<sup>2</sup>Institute of Plant Physiology named after K.A. Timiryazev, RAS,  
35, Ul.Botanicheskaya, Moscow, 127276, Russian Federation  
E-mail: titomirez@mail.ru

<sup>3</sup>Volga State University of Technology,  
3, Pl.Lenina, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation  
E-mail: sergeyevrv@volgatech.net

**Key words:** *test on germination of pollen-grains; ginsenosides; polysciasides; Panax; Polyscias; triterpenoid glycosides; bioactivity.*

#### ABSTRACT

*The test on germination of pollen-grains is widely used in beauty and medical industry to analyze toxic potential substances at the cellular level. However, no information about its use for study of biological activity of isolated secondary metabolites has been found yet. A study of possibility of use of this test-system for definition of stimulating activity of individual polysciasides and ginsenosides was carried out. Pollen of *Nicotiana tabacum* L was chosen for the research. Solutions of triterpenoid glycosides were added before incubation of pollen-grains. Percentage of germination of pollen-grains was determined in 40 and 50 minutes after incubation. A stimulating action aimed at pollen-grains germination is necessary for Rb1 ginsenoside, it was not revealed in its derivant. A strong inhibiting action is necessary for Rh2 ginsenoside of the protopanaktodiol's group, while Rh1 ginsenoside from the protopanaksotriol's group (it is similar to Rh2 ginsenoside) did not have a serious impact on germination of pollen-grains. The offered test-system showed differences in activity of ginsenosides, caused by presence of additional OH-group (Rh1 in comparison with Rh2) and addition of remains of malonic acid (mal-Rb1 in comparison with Rb1). A method of express-assessment of stimulating biological activity of individual triterpenoid glycosides was elaborated. This method is supersensitive, it reveals dependence of biological activity of individual ginsenosides on peculiarities of their chemical structure.*

**The work was carried out with financial support of Ministry of Education and Science of the Russian Federation within Federal Targeted Programme «Research and Elaboration (Priority Areas) of Russian Science and Technology Sector Development for 2007-2013 years» (government contract № 16.552.11.7089 dated July, 12 2012) with the use of equipment of CUC «EBEE» Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Volga Tech» and Intergovernment targeted programme EvrAzES «Innovative Biotechnologies» (government contract № 16.M04.12.0003).**

## REFERENCES

1. Kristen U., Kappler R. The pollen tube growth test. *Methods in Molecular Biology*, O'Hare S., Atterwill C.K. (eds.). Humana Press Inc., Totowa, NJ, 1995. Pp. 189-198.
2. Kristen U., Hoppe U., Pape W. The pollen tube growth test: a new alternative to the Draize eye irritation assay. *Journal-Society of Cosmetic Chemists*. 1993. No 44. Pp. 153-153.
3. Kristen U., Friedrich R.E. Toxicity screening of mouthwashes in the pollen tube growth test: safety assessment of recommended dilutions. *Brazilian Dental Journal*. 2006. No 17(1). Pp. 58-62.
4. Kochkin D.V., Kachala V.V., Nosov A.M. Obnaruzhenie malonil-ginzenozida rbl v suspenzionnoy kulture kletok zhenshenya [Detection of Malonyl - Ginsenosides rbl in Suspension Culture of Ginseng Cells (*Panax japonicus* var. *repens*)]. *Doklady Rossiyskoy Akademii nauk* [Reports of Russian Academy of Sciences]. 2011. Vol. 441, №6. Pp. 837-840.
5. Kochkin D.V., Sukhanova E.S., Sergeev R.V., Nosov A.M. Triterpenovye glikozidy kultur kletok [Triterpenoid Glycosides of Cell Culture (*Polyscias* spp.)]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser. Les. Ecologiya. Prirodopolzovanie* [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2014. № 1(21). Pp. 69-76.
6. Nitsch J.P. Deux especes photoperiodiques de jours courts: *Plumbago indica* L. et *P. zeylanica* L. *Bull Soc Bot Fr*. 1965. No 9. Pp. 517-522.
7. Benito Moreno R.M., Macke F., Alwen A., Heberle-Bors E. In situ seed production with in vitro matured, isolated pollen. *Planta*. 1988. No 176. Pp. 145-148.

The article was received 21.11.13.

**Citation for an article:** Sukhanova E.S., Kochkin D.V., Titova M.V., Sergeev R.V., Nosov A.M. Development of express-system of bioactivity determination of triterpenoid glycosides with the help of the test on germination of pollen-grains of an indian weed. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management*. 2014. No 2(22). Pp. 77-83.

## Information about the authors

*SUKHANOVA Elena Sergeevna* – Candidate of Biological Sciences, Research officer at the Chair of Plant Physiology, Biological Faculty, Moscow State University named after M. V. Lomonosov. Research interests – cell culture, secondary metabolism of higher plants. The author of 20 publications.

*KOCHKIN Dmitry Vladimirovich* – Candidate of Biological Sciences, Researcher at the Chair of Plant Physiology, Biological Faculty, Moscow State University named after M. V. Lomonosov. Research interests – plant physiology. The author of 15 publications.

*TITOVA Maria Vladimirovna* – Candidate of Biological Sciences, Researcher at the Laboratory of Physiology of Cultured Cells, Institute of Plant Physiology named after K.A. Timiryazev, RAS. Research interests – plant physiology, biotechnology. The author of 25 publications.

*SERGEEV Roman Vladimirovich* – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer at the Chair of Wood Selection, Non-Woody Resources and Biotechnology, Volga State University of Technology. Research interests – biotechnology. The author of 20 publications.

*NOSOV Alexander Mikhaylovich* – Doctor of Biological Sciences, Professor at the Chair of Plant Physiology, Moscow State University named after M. V. Lomonosov, Head at the Department of Cytobiology and Biotechnology, Institute of Plant Physiology named after K.A. Timiryazev, RAS. Research interests – biotechnology. The author of more than 100 publications.

**ДАТЫ. СОБЫТИЯ. КОММЕНТАРИИ**

УДК 630.9

**ЮБИЛЕЙ УЧЁНОГО-ЛЕСОВОДА  
(ВИКТОРУ ИЛЬИЧУ ПЧЕЛИНУ – 85 ЛЕТ)****И. А. Алексеев, Ю. Г. Мальков, Н. Е. Серебрякова**Поволжский государственный технологический университет,  
Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3

E-mail: AlekseevIA@volgatech.net

*Значительный вклад В. И. Пчелин внёс в изучение внутривидового разнообразия и биоэкологических особенностей лесобразующих видов Среднего Поволжья, большой объём исследований был посвящён проблемам формирования высокопродуктивных лесных насаждений. Им разработаны технологии создания плантационных культур древесных видов, даны рекомендации по оптимизации состава древостоев, выращиванию высококачественной древесины целевого назначения. Значительная часть работ В.И. Пчелина является актуальной и в настоящее время. Автор учебника «Дендрология» для вузов.*

**Ключевые слова:** учёный; лесовод; биоразнообразие; качество древесины; устойчивость и продуктивность лесов; плантационные культуры; древесина целевого назначения; дендрология.



*29 июня 2014 года исполнилось 85 лет выдающемуся учёному-лесоводу, мудрому и доброжелательному руководителю, внимательному и опытному педагогу, человеку с большой буквы – доктору сельскохозяйственных наук, профессору ПГТУ – Пчелину Виктору Ильичу.*

Виктор Ильич родился в селе Починки Починковского района Горьковской области в семье рабочего типографии и

домохозяйки. После окончания средней школы и сдачи вступительных экзаменов в 1948 году был зачислен в состав студентов лесохозяйственного факультета Поволжского лесотехнического института (ПЛТИ). В студенческие годы Виктор Ильич – парень с густой шевелюрой, чётким бархатным голосом и аккуратной выправкой – отличался искренним желанием учиться и открывать для себя мир науки. Он всегда располагал к себе дружелюбием, соучастностью, скромностью, душевностью. Декан факультета Александр Романович Чистяков сразу разглядел талантливое студента и оценил его изобретательские способности. Научным руководителем и вдохновителем исследовательской деятельности стал для Виктора Ильича профессор Михаил Данилович Данилов. Уже в студенческие годы им опубликована научная статья, сконструирован лесной измерительно-вычислительный прибор [1]. Заслуги

неутомимого исследователя оценили по достоинству – он был награждён грамотой ЦК комсомола и поощрительной командировкой на экскурсию в г. Москву как член студенческого научного общества. Итогом такой активной студенческой жизни явился диплом с отличием об окончании лесохозяйственного факультета и зачисление в аспирантуру ПЛТИ в 1953 году.

В 1961 году на учёном совете Ленинградской лесотехнической академии (ЛТА) Виктор Ильич Пчелин успешно защитил кандидатскую диссертацию по теме «Лесоводственные особенности и физико-механические свойства древесины красношишечной и зеленошишечной форм ели в условиях Марийской АССР», в 1963 году ему присвоено учёное звание доцента.

Учёный и исследователь до глубины души, он продолжал заниматься наукой, изучать еловые насаждения Марийской АССР. Сердцем болел Виктор Ильич за ель, организовывал поездки учёных по её насаждениям. С подачи своего руководителя М. Д. Данилова он стал заниматься незаслуженно низко оцениваемой многими лесоводами осиной. Своими исследованиями в этой области он дополнил сведения академика А. С. Яблокова. Опыты Виктора Ильича по выращиванию осины без сердцевинной гнили от осинового трутовика оказались успешными, что подтвердилось многолетними наблюдениями за опытными деревьями.

В 1990 году в Ленинградской ЛТА по материалам 35-летних кропотливых исследований Виктор Ильич защитил докторскую диссертацию по теме «Биологические основы выращивания высококачественной древесины целевого назначения (на примере ельников и осинников Среднего Поволжья)», а в 1992 году ему присвоено учёное звание профессора.

В своей 50-летней педагогической деятельности В. И. Пчелин прошёл путь от ассистента до профессора кафедры лесоводства и дендрологии.

С 1979 по 1983 год В. И. Пчелин работает заведующим кафедрой лесоводства. В этот период зарождается идея готовить инженеров-озеленителей. Этим активно занимаются В. И. Пчелин и А. Р. Чистяков. Много сил Виктор Ильич отдал для формирования новой для факультета специальности – «Садово-парковое и ландшафтное строительство», открывшейся на кафедре ботаники и физиологии растений. Кафедра под руководством проф. В. И. Пчелина с 1997 года получила новое название – садово-паркового строительства, ботаники и дендрологии.

Помимо высоких научных результатов Виктор Ильич достиг и педагогических высот. Мало кто так, как он, мог заразить студентов, аспирантов, молодых сотрудников своей идеей, натолкнуть на верный путь решения проблемы, вместе с тем, не давая готового результата, развивая тем самым навыки творческого поиска. Педагог от бога, интересный, чуткий собеседник, умеющий найти нужное слово для каждого. На протяжении многих лет В. И. Пчелин являлся ведущим преподавателем по дисциплинам «Дендрология», «Дендрофлора и леса мира» и всегда его отличала большая точность и доходчивость в изложении материала, тщательнейшая проработка данных и огромное внимание ко всем деталям. Такое отношение к работе он тактично прививал и своим ученикам. Виктор Ильич никогда не переставал совершенствоваться, искать новые подходы к построению учебного процесса, улучшению качества лекций. Учебные занятия он всегда насыщал данными собственных исследований, достижениями отечественной и зарубежной науки, тесно связывая с современными запросами со стороны производства, в целом народного хозяйства России.

Всем, кто хоть однажды побеседует с Виктором Ильичём, обязательно запомнятся его живые увлекательные рассказы о природе, основанные на знаниях и лич-

ном опыте, пропущенные через душу и эмоционально окрашенные. В них присутствуют и стихи, и цитаты различных писателей и учёных. Он охотно делится своими впечатлениями от поездок по регионам России в период изучения флоры различных лесорастительных зон, о видовом разнообразии и отдельных видах деревьев и кустарников, о том, как и в каких условиях собирал коллекции шишек, семян, древесины с разных уголков страны. Виктор Ильич обладает совершенно особенной манерой изложения событий и фактов – красочной и с долей шутки.

За 50-летний непрерывный период работы в ПГТУ с участием В. И. Пчелина подготовлено большое количество специалистов лесного комплекса России. Также Виктор Ильич вёл работу с аспирантами и докторантами: являлся профессором-консультантом, членом двух диссертационных советов. Многие его ученики работают на предприятиях, в управлениях и министерствах лесного хозяйства, ряд из них стали видными деятелями и крупными учёными вузов и Российской академии наук.

Большую долю в деятельности В. И. Пчелина занимала руководящая административная работа. Более 12 лет Виктор Ильич был деканом заочного, а затем лесохозяйственного факультетов, а с мая по ноябрь 1968 года одновременно и проректором по научной работе. Как заведующий кафедрой и декан факультета В. И. Пчелин способствовал развитию материальной базы кафедр и факультета, высшего лесного образования и лесной науки, укреплению связи с производством в Среднем Поволжье. С этой целью он выезжал в лесхозы, управления и министерства лесного хозяйства республик и областей Средневолжского региона, а также в Минлесхоз РСФСР, Гослесхоз, Министерство науки РСФСР, объединение «Леспроект», НИИ лесного хозяйства и другие организации. Выступал на многих производственных совещаниях, прак-

тических семинарах и конференциях. При этом он был очень доброжелательным, чутким руководителем, выдержанным, никогда не повышающим голоса, притягивающим к себе сопричастностью к имеющимся проблемам. С ним всегда легко работалось, потому что он ценил и учитывал мнение коллектива, радел за общее дело.

Главное направление научной деятельности В. И. Пчелина связано с изучением биоразнообразия лесных экосистем с целью научного обоснования повышения устойчивости, продуктивности и природоохранной роли лесов Среднего Поволжья [2–4]. Сеть пробных площадей, заложенных им в разные годы, охватывает почти весь Волго-Камский район. Изыскательские работы проводились как составная часть проблемных научных исследований Государственного комитета по науке и технике и Министерства лесного хозяйства РСФСР, затем Рослесхоза, Правительства Республики Марий Эл [5, 6].

На основе многолетних исследований В. И. Пчелиным даны научно обоснованные рекомендации в отношении выбора лесных пород, формирования оптимальной видовой и формовой структуры естественных и искусственных насаждений в ельниках и осинниках, определены наиболее рациональные режимы выращивания древостоев в связи с показателями качества древесины [7–12].

На больших площадях в Волго-Вятском районе еловые массивы сменились мелколиственными лесами. В связи с этим по заданию Минлесхоза России под общим научным руководством В. И. Пчелина выполнена крупная научная межкафедральная работа «Лесоводственно-селекционные основы восстановления и повышения продуктивности ельников Волго-Вятского района» и даны конкретные практические рекомендации [13].

В связи с острым дефицитом обеспечения древесиной лесного комплекса в Европейско-Уральской зоне В. И. Пчелин

участвовал в проблемных исследованиях по разработке региональных биоэкологических основ ускоренного выращивания промышленных насаждений целевого назначения [14]. Совместно с Санкт-Петербургским НИИЛХ под руководством В. И. Пчелина заложен Пектубаевский стационарный опытный объект плантационных культур ели – уникальный для Европейской части России, и в течение 20 лет Виктор Ильич с соавторами вёл за ним наблюдение [15].

Виктор Ильич возглавлял группу по изучению длительного производственного и научного опыта выращивания плантационных культур разных видов и гибридов тополя в условиях Среднего Поволжья [16, 17], участвовал в программе фундаментальных исследований «Проблемы лесоведения» на 1989–2005 годы.

Много сил отдал Виктор Ильич для поднятия учебной и научной значимости дендрологического, а затем и Ботанического сада-института. Почти 50 лет участвовал В.И. Пчелин в создании живых коллекций Ботанического сада ПГТУ. В 1976–1983 гг. он был его научным руководителем. За этот период коллективом кафедры и Ботанического сада под руководством Виктора Ильича разработаны: генеральная схема функционального зонирования его территории, проекты коллекционного отдела, популетума, фрутицетума, сиригария и других отделов. Кроме того, совершенствовалась методика наблюдений и научных отчётов, интенсивно пополнялись коллекции Ботанического сада, многие растения нашли применение в озеленении города Йошкар-Олы и других населённых пунктов.

Увлечённость проблемами озеленения нашла отражение и в научных работах. Виктор Ильич являлся руководителем темы «Научно-методические основы восстановления парка и зимнего сада замка Шереметевых в п. Юрино» и сумел заинтересовать данной проблемой как преподавателей, так и студентов, показав при-

мер скрупулёзной всесторонней работы по изучению исторического объекта ландшафтной архитектуры [18–20].

Как видный учёный и неравнодушный человек, Виктор Ильич работал в составе разнообразных советов: координационного Совета по современным проблемам лесоведения при Международной академии лесоведения и МГУЛ, Экспертного экологического совета Министерства экологии Республики Марий Эл. Будучи членом президиума и председателем научно-технического Совета Марийского республиканского общества охраны природы и председателем секции лесного хозяйства НТО, В.И. Пчелин привлекал научную общественность республики к изучению состояния озера Яльчик, рациональному использованию болот, охране животного мира, оценке экологии и воздушного бассейна г. Йошкар-Олы, рациональному ведению лесного хозяйства и другим вопросам [21, 22].

На основе длительного педагогического опыта и многолетних научных исследований Виктором Ильичём написаны две монографии, пять учебных пособий в соавторстве; получено авторское свидетельство; опубликовано около 150 работ в области лесоведения, лесоводства, лесоведения. В числе ведущих преподавателей страны принимал участие в разработке трёх программ дисциплины «Дендрология» для вузов по специальностям «Лесное и садово-парковое хозяйство», «Лесное и лесопарковое хозяйство» и по направлению «Лесное хозяйство и ландшафтное строительство».

Кроме того, особое место в числе его работ занимает учебник по дисциплине «Дендрология» для студентов, обучающихся по направлению «Лесное хозяйство и ландшафтное строительство», изданный в 2007 году и имеющий гриф УМО в области лесного дела [23]. Высочайшее знание своего дела, богатейший научный и педагогический опыт, любовь к природе позволили создать один из лучших и вос-

требуемых учебников для вузов по данной дисциплине.

Активная деятельность Пчелина Виктора Ильича в стенах родного вуза и на благо общества высоко оценена различными наградами. За успехи в научно-педагогической работе он награждён медалью «За доблестный труд. В ознаменование 100-летия со дня рождения Владимира Ильича Ленина», медалями «50 лет Победы в Великой Отечественной войне (1941–1945 гг.)»; и «60 лет Победы в Великой Отечественной войне (1941–1945 гг.)», Почётной грамотой Президиума Верховного Совета Марийской АССР (1979 г.), медалью «Ветеран труда», Почётной грамотой Правительства МАССР за борьбу с лесными пожарами (1972 г.), почётными грамотами от общественных организаций за научную работу и педагогический труд, значком «За сбережение и приумножение лесных богатств РСФСР», знаком «За охрану природы России» (1975 г.), Почётной грамотой Министерства культуры, печати и по делам национально-

стей Республики Марий Эл «За многолетнюю работу в активе Марийского республиканского отделения Всероссийского общества охраны памятников истории и культуры и в связи с 40-летием общества».

Профессор Виктор Ильич Пчелин представляет собой образец лучших человеческих качеств: порядочности, скромности, доброты. С удовольствием перечисляем регалии дорогого и любимого учителя и коллеги: доктор сельскохозяйственных наук, Почётный профессор ПГТУ, Заслуженный ветеран труда ПГТУ, Почётный работник высшего профессионального образования Российской Федерации, Ветеран труда, Заслуженный лесовод России, Заслуженный деятель науки Республики Марий Эл.

От всей души, с большой признательностью и благодарностью желаем Виктору Ильичу в 85-летний юбилей здоровья, долгих лет жизни, благополучия, не терять так присущих ему оптимизма, юношеского задора, энергии, жизнерадостности и увлечённости новыми делами!

### Список литературы

1. Пчелин, В.И. Лесной измерительно-вычислительный прибор (ЛИ-ВП) / В.И. Пчелин // Сборник трудов ПЛТИ им. М. Горького. – Йошкар-Ола, 1956. – № 51. – С. 165-172.
2. Пчелин, В.И. Ельники и осинники Среднего Поволжья (природные особенности, биоразнообразие и рост древостоев) / В.И. Пчелин. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2000. – 222 с. – Деп в ВИНТИ.
3. Пчелин, В.И. Формовое разнообразие березы в учебно-опытном лесхозе МарПИ / В.И. Пчелин, М.П. Долгих // Материалы научной конференции по итогам научно-исследовательских работ за 1973 г. / МарПИ. Секция: лесное хозяйство. – Йошкар-Ола, 1974. – С. 61-63.
4. Пчелин, В.И. К вопросу лесоводственной оценки ели в аутохтонных популяциях Среднего Поволжья / В. И. Пчелин // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение. – Л.: Лесотехническая академия, 1989. – С. 82- 85.
5. Пчелин, В.И. Оптимизация состава, строения и возрастной структуры лесов / В.И. Пчелин, М. М. Котов, Е. И. Патрикеев // Комплексная целевая программа «Марийский лес». – Йошкар-Ола: Марийский политехнический институт, 1985. – С. 298-306.
6. Пчелин, В. И. Почвенно-экологические условия произрастания высокопроизводительных культур сосны и ели в лесостепи Среднего Поволжья / В.И. Пчелин, А. Х. Газизуллин // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение. Повышение продуктивности лесов в Европейской части СССР. – Л.: Лесотехническая академия, 1986. – С. 26-30.
7. Пчелин, В.И. Влияние типов лесорастительных условий на качество древесины сосны обыкновенной в Среднем Поволжье / В.И. Пчелин // Известия вузов. Лесной журнал. – 2003. – № 1. – С. 12-13.
8. Пчелин, В.И. Характеристика строения и физико-механических свойств древесины культур хвойных пород в связи с условиями местопроизрастания / В.И. Пчелин, А. Х. Газизуллин, М. А. Венценосцева // Современные проблемы лесоведения: тезисы докладов Всесоюзной научнотехнической конференции, 22-24 сент. 1981 г. – Воронеж: Воронежская лесотехническая академия, 1981. – С. 164-167.
9. Пчелин, В.И. Хозяйство в осинниках Среднего Поволжья / В.И. Пчелин // Лесное хозяйство. – 1987. – № 3. – С. 72-75.

10. Пчелин, В.И. Строение, плотность и прочность древесины ели в связи с типами леса / В.И. Пчелин // Доклады ТСХА. – 1997. – №5. – 112-114.
11. Пчелин, В.И. К вопросу о строении, плотности древесины сосны обыкновенной в казанских географических культурах/В.И. Пчелин // Известия вузов. Лесной журнал. – 1981. – № 5. – С. 21-23.
12. Пчелин, В.И. Распространение и характеристика внутренней заболони древесины дуба черешчатого в Среднем Поволжье/В.И. Пчелин, И. А. Алексеев, А. Х. Газизуллин, А. С. Яковлев // Экологический вестник Чувашии. – 1996. – Вып. 13. – С. 101-103.
13. Пчелин, В.И. Опыт селекционной оценки и создания лесосеменных плантаций ели в Волго-Вятском районе/В.И. Пчелин. Э. П. Лебедева // Внедрение достижений науки и передового опыта в опытно-показательных предприятиях Минлесхоза РСФСР. – М., 1982. – С. 8-11. – (Экспресс-информация / ЦБНТИлесхоз СССР; вып. 9).
14. Пчелин, В.И. Выращивание высококачественной древесины целевого назначения /В.И. Пчелин. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001. – 265 с. – Деп. ВИНТИ.
15. Пчелин, В.И. К характеристике Пектубаевского стационарного опытного участка культур ели /В.И. Пчелин, Е. И. Патрикеев, Ю. Р. Сазонова//Материалы научной конференции профессорско-преподавательского состава, докторантов, аспирантов, сотрудников МарГТУ, посвящ. Дню университета и 65-летию вуза. –Йошкар-Ола: МарГТУ, 1997. – Вып. 5, Ч.4. – С. 84-86.
16. Пчелин, В.И. Плотность древесины тополей / В.И. Пчелин, Э. П. Лебедева // Современные проблемы древесиноведения: тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции, 22-24 сент. 1981 г. – Воронеж: Воронежская лесотехническая академия, 1981. – С. 145-148.
17. Пчелин, В.И. Характеристика роста тополя бальзамического в лесостепных условиях Нижегородской области /В.И. Пчелин, Ю. П. Сабанцева // Рациональное использование лесных ресурсов: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения Дмитриева Ю. Я. –Йошкар-Ола: МарГТУ, 1999. – С. 19-20.
18. Пчелин, В.И. Былое, настоящее и будущее парка Шереметевых / В.И. Пчелин, И. А. Алексеев // Марий Эл: вчера, сегодня, завтра. – 1994. – № 5-6. – С. 25-27.
19. Пчелин, В.И. К истории формирования коллекции оранжерейных растений в усадьбе Шереметевых в п. Юрино / В.И. Пчелин, Л. П. Ефремова, В. А. Крейер // Экология и генетика популяций. – Йошкар-Ола: Периодика, 1998. – С. 227-229.
20. Пчелин, В.И. К вопросу формирования насаждений парка Шереметевых в п. Юрино /В.И. Пчелин, Л. Н. Крылова, К. К. Калинин, Н. А. Соколова // Современные проблемы учета и рационального использования лесных ресурсов: материалы регион. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рожд. д-ра с.-х. наук, проф. Максима Лавровича Дворецкого. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 1998. – С. 73-74.
21. Пчелин, В.И. Экология зеленых насаждений г. Йошкар-Олы/В.И. Пчелин, О. С. Соловьева, Л. Н. Крылова, Ю. Г. Мальков // Современное состояние окружающей среды в Республике Марий Эл и здоровье населения: материалы 2-ой научно-практической конференции. – Йошкар-Ола: Национальная библиотека им. С. Г. Чавайна, 2004. – С. 66-67.
22. Пчелин, В.И. Санитарное состояние сосны веймутовой в культурах Среднего Поволжья / В.И. Пчелин, И. А. Алексеев, Н. Е. Серебрякова // Пути рационального воспроизводства, использования и охраны лесных экосистем в зоне хвойно-широколиственных лесов: сборник научных чтений, посвященных 70-летию заслуженного лесовода России, д-ра с.-х. наук проф. Аглиуллина Факиля Валиулловича. – Чебоксары, 2005. – С. 444-445.
23. Пчелин, В.И. Дендрология: учебник / В.И. Пчелин. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. – 372 с.

Статья поступила в редакцию 15.05.14.

**Ссылка на статью:** Алексеев И. А., Мальков Ю. Г., Серебрякова Н. Е. Юбилей учёного-лесовода (Виктору Ильичу Пчелину – 85 лет) // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2014. – № 2 (22). – С. 84-92.

#### Информация об авторах

*АЛЕКСЕЕВ Иван Алексеевич* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры экологии, почвоведения и природопользования, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – защита растений и лесопатологический мониторинг. Автор более 360 публикаций, в т.ч. 12 монографий, 8 учебных пособий, 26 патентов и авторских свидетельств на изобретения.

*МАЛЬКОВ Юрий Гаврилович* – кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии, почвоведения и природопользования, декан факультета лесного хозяйства и экологии, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – повышение санитарно-гигиенической эффективности городских зелёных насаждений, благоустройство лесных ландшафтов рекреационных зон рубками. Автор 42 публикаций.

*СЕРЕБРЯКОВА Наталья Евгеньевна* – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры садово-паркового строительства, ботаники и дендрологии, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – интродукция древесных растений. Автор более 30 научных и учебно-методических работ.

#### AN ANNIVERSARY OF A SCIENTIST IN FORESTRY (VICTOR ILYICH PCHELIN IS 85 YEARS OLD)

*I. A. Alekseev, Yu. G. Malkov, N. E. Serebryakova*  
Volga State University of Technology,  
3, Pl.Lenina, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation  
E-mail: AlekseevIA@volgatech.net

**Key words:** *scientist; forester; biodiversity; wood quality; sustainability and efficiency of forests; plantations; purpose timber, dendrology.*

#### ABSTRACT

*Victor Ilyich Pchelin, professor, Doctor of Agricultural Sciences, outstanding scientist and forester, wise and benevolent head, attentive and skilled teacher and really a good person was 85 years old on the 29th of June 2014. Victor Ilyich was born in Pochinky village of Gorky area. He greatly contributed to the studying of intraspecies variety and bioecological features of forest forming species in Central Volga Area. Many researches of V.I. Pchelin were devoted to the problems of formation of high productive forest plantings. Development of technologies, aimed at establishment of plantations of wood species, development of recommendations concerning optimization of structure of forest stands, cultivation of high-quality wood of purpose were made. The best part of V. I. Pchelin papers is still relevant for today. He is the author of "Dendrology" textbook (the book is intended for Higher Education Institutions), two monographs, five manuals, about 150 scientific papers and a copyright certificate.*

#### REFERENCES

1. Pchelin V.I. Lesnoy izmeritelno-vychislitelnyy pribor (LI-VP) [Forest Measuring and Computing Device (LI-VP)]. *Sbornik trudov PLTI im. M. Gorkogo* [Collected papers of Volga Forest Technical University named after M.Gorkiy]. 1956. № 51. Pp. 165-172.
2. Pchelin V.I. *Elniki i osinniki Srednego Povolzhya (prirodnye osobennosti, bioraznoobrazie i rost drevostoev)* [Fir and Aspen Forests in Middle Volga (natural peculiarities, biodiversity and stands growth)]. Yoshkar-Ola: MarGTU, 2000. 222 p. Dep. v VINITI.
3. Pchelin V.I., Dolgikh M.P. Formovoe raznoobrazie berezy v uchebno-opytном leskhoze MarPI [Birch Diversity in Scientific-Experimental Forestry of Mari Polytechnical Institute]. *Materialy nauchnoy konferentsii po itogam nauchno-issledovatel'skikh rabot za 1973 g./MarPI. Sektsiya: lesnoe khozyaystvo* [Materials of Research Conference, Summarizing the Results of Research Activity for 1973/MarPI. Workshop:Forestry]. Yoshkar-Ola, 1974. Pp. 61-63.
4. Pchelin V.I. K voprosu lesovodstvennoy otsenki eli v avtokhtonnykh populyatsiyakh Srednego Povolzhya [To the Problems of Silvicultural Assessment in Autochthonous Population of Middle Volga]. *Lesovodstvo, lesnye kultury i pochvovedenie* [Forestry, Plantations and Pedology]. Leningrad: Lesotekhnicheskaya akademiya, 1989. Pp. 82- 85.
5. Pchelin V.I., Kotov M.M., Patrikeev E. I. Optimizatsiya sostava, stroeniya i vozrastnoy struktury lesov [Optimization of Composition, Structure and Age Composition of Forests]. *Kompleksnaya tselevaya programma «Mariyskiy les»* [Complex Target-Oriented Program «Mari Forest»]. Yoshkar-Ola, 1985. Pp. 298-306. .
6. Pchelin V.I., Gazizullin A.Kh. Pochvenno-ekologicheskie usloviya proizrastaniya vysokoproizvoditelnykh kultur sosny i eli v lesostepi Srednego Povolzhya [Soil and Environmental Conditions of

High Productivity Fir and Pine Plantations Cultivation in Forest-Steppe of Middle Volga]. *Lesovodstvo, lesnye kultury i pochvovedenie. Povyshenie produktivnosti lesov v Evropeyskoj chasti SSSR* [Forestry, Plantations and Pedology. Improvement of Forest Productivity in European Part of USSR]. Leningrad: Lesotekhnicheskaya akademiya, 1986. Pp. 26-30.

7. Pchelin V.I. Vliyanie tipov lesorastitelnykh usloviy na kachestvo drevesiny sosny obyknovnoy v Srednem Povolzhe [Influence of Site Types on Pine Timber Quality in Middle Volga]. *Izvestiya vuzov. Lesnoy zhurnal* [Universities News. Forest Journal]. 2003. № 1. Pp. 12-13.

8. Pchelin V.I., Gazizullin A.Kh., Ventse- nostseva M.A. Kharakteristika stroeniya i fiziko- mekhanicheskikh svoystv drevesiny kultur khvoynykh porod v svyazi s usloviyami mestoproizrastaniya [Parameters of Structure and Physical and Mechanical Peculiarities of Artificial Forest Depending on Type Sites]. *Sovremennye problemy drevsinovedeniya: tezisy dokladov Vsesoyuznoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, 22-24 sentyabrya 1981 g.* [Modern Problems of Wood Technology: proceedings of All-Union Research and technical conference, September 22-24, 1981]. Voronezh, 1981. Pp. 164-167.

9. Pchelin V.I. Khozyaystvo v osinnikakh Sred- nego Povolzhya [Forestry in Middle Volga (Aspen Groves)]. *Lesnoe khozyaystvovo* [Forestry]. 1987. № 3. Pp. 72-75.

10. Pchelin V.I. Stroenie, plotnost i prochnost drevesiny eli v svyazi s tipami lesa [Structure, Density and Strength of Fir Wood Depending on Forest Type]. *Doklady TSKHA* [Reports of TSKHA]. 1997. № 5. Pp. 112-114.

11. Pchelin V.I. K voprosu o stroenii, plotnosti drevesiny sosny obyknovnoy v kazanskikh geo- graficheskikh kulturakh [To the Problem of Structure and Density of Scots Pine in Kazan Plantations]. *Izvestiya vuzov. Lesnoy zhurnal* [Universities News. Forest Journal]. 1981. № 5. Pp. 21-23.

12. Pchelin V.I., Alekseev I. A., Gaz- izullin A. Kh., Yakovlev A. S. Rasprostranenie i khar-akteristika vnutrenney zaboloni drevesiny duba chereshchatogo v Srednem Povolzhe [Distribution and Peculiarities of Plethora in English Oak Timber in Middle Volga]. *Ekologicheskij vestnik Chuvashii* [Chuvash Vestnik on Ecology]. 1996. Iss. 13. Pp. 101-103.

13. Pchelin V.I., Lebedeva E.P. Opyt selektsion- noy otsenki i sozdaniya lesosemennykh plantatsiy eli v Volgo-Vyatskom rayone [Experience of Selection Assessment and Establishment of Seed Plantations in Volga-Vyatka Region]. *Vnedrenie dostizheniy nauki i peredovogo opyta v opytno-pokazatelnykh predpriya- tiyakh Minleskhoza RSFSR* [Implementation of Scien- tific Achievement and Advanced Experience in Exper- iment Enterprises of RSFSR Ministry of Forestry]. Moscow, 1982. Pp. 8-11. (Ekspress-informatsiya /

TSBNTIleskhoz SSSR; vyp. 9 [Express-Information/ TSBNTIleskhoz USSR; issue 9].)

14. Pchelin V.I. *Vyrashchivanie vysoko- kachestvennoy drevesiny tselevogo naznacheniya* [Cultivation of High Quality Targeted Wood]. Yosh- kar-Ola: MarSTU, 2001. 265 p. Dep. v VINITI.

15. Pchelin V.I., Patrikeev E. I., Sazonova Yu.R. K kharakteristike Pektubaevskogo statsionarnogo opy- tnogo uchastka kultur eli [Characteristics of Fir Plan- tations in Pektubaevskiy Experimental Area]. *Materi- aly nauchnoy konferentsii professorsko- prepodavatelskogo sostava, doktorantov, aspirantov, sotrudnikov MarSTU, posvyashchennaya Dnyu uni- versiteta i 65-letiyu vuza* [Proceedings of Research Conference of Academic Teaching Staff, Doctorate Candidates, Postgraduate Students and Employees of MarSTU, Devoted to University Day and 65 University Anniversary]. Yoshkar-Ola, 1997. Iss. 5, Part 4. Pp. 84-86.

16. Pchelin V.I., Lebedeva E.P. Plotnost drevesiny topoley [Poplar Wood Density]. *Sovremen- nye problemy drevsinovedeniya: tezisy dokladov Vse- soyuznoy nauchno - tekhnicheskoy konferentsii, 22-24 sentyabrya 1981 g.* [Modern Problems of Wood Sci- ence: proceedings of all-union research and technical conference, September 22-24, 1981]. Voronezh, 1981. Pp. 145-148.

17. Pchelin V.I., Sabantseva Yu.P. Kharakteristi- ka rosta topolya balzamicheskogo v lesostepnykh usloviyakh Nizhegorodskoy oblasti [Peculiarities of Growth of Balsam Poplar in Forest-Steppe Conditions of Nizhny Novgorod Oblast]. *Ratsionalnoe ispol- zovanie lesnykh resursov: materialy mezhdunarodnoy nauchno - prakticheskoy konferentsii, posvyashchen- noy 80-letiyu so dnya rozhdeniya Dmitrieva Yu. Ya.* [Rational Management of Forest Resources: proceed- ings of international research and practical conference, devoted to 80 anniversary of Yu.Ya.Dmitriev]. Yosh- kar-Ola: MarSTU, 1999. Pp. 19-20.

18. Pchelin V.I., Alekseev I.A. Byloe, nastoyash- chee i budushchee parka Sheremetevykh [Past, Present and Future of Sheremetev Park]. *Mariy El: vchera, segodnya, zavtra* [Mari El: Yesterday, Today, Tomor- row]. 1994. № 5-6. Pp. 25-27.

19. Pchelin V.I., Efremova L.P., Kreyer V. A. K istorii formirovaniya kollektzii oranzhereynykh ras- teniy v usadbe Sheremetevykh v poselke Yurino [His- tory of Greenhouse Plants Collection in Sheremetev's Country in Yurino]. *Ekologiya i genetika populyatsiy* [Ecology and Genetics of Population]. Yoshkar-Ola: Periodika, 1998. Pp. 227-229.

20. Pchelin V.I., Krylova L. N., Kalinin K.K., Sokolova N. A. K voprosu formirovaniya nasazhdeniy parka Sheremetevykh v poselke Yurino [To the Prob- lem of Plant Collection Formation in Sheremetev Park in Yurino]. *Sovremennye problemy ucheta i ratsional- nogo ispolzovaniya lesnykh resursov: materialy re- gionalnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii,*

*posvyashchennoy 100-letiyu so dnya rozhdeniya doktora selskokhozyaystvennykh nauk, professora Maksima Lavrovicha Dvoretzskogo* [Modern Problems of Registration and Rational Management of Forest Resources: proceedings of regional research and practical conference, devoted to 100 anniversary of Doctor of Agricultural Sciences and Professor Maksim Leonidovich Dvoretzkiy]. Yoshkar-Ola: MarSTU, 1998. Pp. 73-74.

21. Pchelin V.I., Soloveva O. S., Krylova L.N., Malkov Yu.G. *Ekologiya zelenykh nasazhdeniy g. Yoshkar-Oly* [Ecology of Green Plantings in Yoshkar-Ola]. *Sovremennoe sostoyanie okruzhayushchey sredy v Respublike Mariy El i zdorove naseleniya: materialy 2-oy nauchno - prakticheskoy konferentsii* [Present-Day Condition of Environment in Mari El Republic and Health of Population: proceedings of 2d research and practical conference]. Yoshkar-Ola: Natsionalnaya biblioteka imeni S. G. Chavayna, 2004. Pp. 66-67.

22. Pchelin V.I., Alekseev I.A., Serebryakova N.E. *Sanitarnoe sostoyanie sosny veymutovoy v kulturakh Srednego Povolzhya* [Health Situation of Weymouth Pine in Middle Volga Plantations]. *Puti ratsionalnogo vosproizvodstva, ispolzovaniya i okhrany lesnykh ekosistem v zone khvoynno-shirokolistvennykh lesov: sbornik nauchnykh chteniy, posvyashchennykh 70-letiyu zaslužennogo lesovoda Rossii, doktora selskokhozyaystvennykh nauk, professora Agliullina Fakilya Valiulloviicha* [Ways of Rational Reproduction, Usage and Protection of Forest Ecosystems in the Zone of Mixed Coniferous-Broad Leaved Forest: collected papers of research works, devoted to 70 anniversary of a distinguished forester of Russia, Doctor of Agricultural Sciences and Professor Agliullin Fakil Valiulloviich]. Cheboksary, 2005. Pp. 444-445.

23. Pchelin V.I. *Dendrologiya: uchebnik* [Dendrology: textbook.]. Yoshkar-Ola: MarSTU, 2007. 372 p.

The article was received 15.05.14.

**Citation for an article:** Alekseev I. A., Malkov Yu. G., Serebryakova N. E. An anniversary of a scientist in forestry (Victor Ilyich Pchelin is 85 years old). *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management.* 2014. No 2(22). Pp. 84-92

#### Information about the authors

*ALEKSEEV Ivan Alekseyevich* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Chair of Ecology, Pedology and Nature Management, Volga State University of Technology. Research interests – plant protection and monitoring of forest pathology. The author of more than 360 publications, including 12 monographs, 8 study guides, 26 patents and inventor's certificates.

*MALKOV Yuri Gavrilovich* – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor at the Chair of Ecology, Pedology and Nature Management, Dean at the Faculty of Forestry and Ecology, Volga State University of Technology. Research interests – improvement of sanitary and hygienic efficiency of urban plantations, improvement of forest landscape in recreational areas by means of fellings. The author of 42 publications. E-mail: MalkovYG@volgatech.net

*SEREBRYAKOVA Natalia Evgenyevna* – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Chair Landscape Design, Botany and Dendrology, Volga State University of Technology. Research interests – introduction of wood plants. The author of more than 30 scientific publications and textbooks. E-mail: serebryakovane@volgatech.net

## ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

Редакция журнала «Вестник ПГТУ. Сер. «Лес. Экология. Природопользование» принимает к публикации статьи, соответствующие профилю издания по рубрикам:

«**Лесное хозяйство**» – 06.03.01 Лесные культуры, селекция, семеноводство; 06.03.02 Лесоведение и лесоводство, лесоустройство и лесная таксация; 06.03.03 Агроресомелиорация 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 завершенных 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.

Авторское резюме должно излагать существенные факты работы, и не должно преувеличивать или содержать материал, который отсутствует в основной части публикации.

Структура резюме должна повторять структуру статьи и включать введение, цели и задачи, методы, результаты, заключение (выводы).

Результаты работы описывают предельно точно и информативно. Приводятся основные теоретические и экспериментальные результаты, фактические данные, обнаруженные взаимосвязи и закономерности. При этом отдается предпочтение новым результатам и данным долгосрочного значения, важным открытиям, выводам, которые опровергают существующие теории, а также данным, которые, по мнению автора, имеют практическое значение.

Выводы могут сопровождаться рекомендациями, оценками, предложениями, гипотезами, описанными в статье.

Сведения, содержащиеся в заглавии статьи, не должны повторяться в тексте авторского резюме.

Следует избегать лишних вводных фраз (например, «автор статьи рассматривает...»). Исторические справки, если они не составляют основное содержание документа, описание ранее опубликованных работ и общеизвестные положения в авторском резюме не приводятся.

В тексте авторского резюме следует употреблять синтаксические конструкции, свойственные языку научных и технических документов, избегать сложных грамматических конструкций.

В тексте авторского резюме следует применять значимые слова из текста статьи.

Текст авторского резюме должен быть лаконичен и четок, свободен от второстепенной информации, лишних вводных слов, общих и незначащих формулировок.

Текст должен быть связным, разрозненные излагаемые положения должны логично вытекать одно из другого.

Сокращения и условные обозначения, кроме общеупотребительных, применяют в исключительных случаях или дают их расшифровку и определения при первом употреблении в авторском резюме.

В авторском резюме не делаются ссылки на номер публикации в списке литературы к статье.

Можно использовать техническую (специальную) терминологию вашей дисциплины, четко излагая свое мнение, имея также в виду, что вы пишете для международной аудитории.

Текст должен быть связным с использованием слов «следовательно», «более того», «например», «в результате» и т.д. («consequently», «moreover», «for example», «the benefits of this study», «as a result» etc.), либо разрозненные излагаемые положения должны логично вытекать одно из другого.

Необходимо использовать активный, а не пассивный залог, т.е. "The study tested", но не "It was tested in this study" (частая ошибка российских аннотаций).

**Формулы** и отдельные символы набираются с использованием редакторов формул Microsoft Equation или Math Type (не вставлять формулы из пакетов MathCad и MathLab, а также не следует использовать стандартную вставку математических формул или построение собственных формул с помощью библиотеки математических символов).

**Иллюстрации.** Схемы, графики, диаграммы и т.п. принимаются только в векторных форматах (Word, Excel, Visio, CorelDraw, Adobe Illustrator и др.). Графический материал принимается только в черном-белом изображении, должен быть четким и не требовать перерисовки. Графики должны выделяться линиями разного стиля (**не делать их цветными**) или отмечаться цифрами. Фотографии и скриншоты должны выполняться в растровых форматах (tiff, bmp, png и др.) достаточного расширения (300 dpi) и четкости.

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;
- рекомендация кафедры;
- экспертное заключение о возможности опубликования;
- рекомендация научного руководителя (для аспирантов и соискателей).

**Материалы, не соответствующие вышеуказанным требованиям, не рассматриваются.**

**Адрес для переписки:** 424000 Йошкар-Ола, пл. Ленина 3, ПГТУ,

редакция журнала «Вестник ПГТУ», **e-mail:** vestnik@volgatech.net

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

*Подробнее – на сайте ПГТУ:* <http://www.volgatech.net>

Подписка на журнал осуществляется по «Объединенному каталогу. Пресса России. Газеты и Журналы» (подписной индекс **42920**, тематический указатель: Научно-технические издания. Известия РАН. Известия вузов).