

# ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

2019 Том 9 № 1 (33)

- *Принцип экосистемной защиты лесных и полевых насаждений от паразитических организмов*
- *Естественная смена ели сосной на участках лесных культур*
- *Сортоиспытание и отбор гибридов тополя для полевых насаждений*
- *Повышение эффективности фанерного производства*
- *Повышение эффективности пиления древесины бензиномоторным инструментом*



# **ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ**

Научный журнал  
2019 г. Том 9 № 1 (33)

Учредитель – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова» (ВГЛТУ)

**Председатель редакционной коллегии**  
д.т.н., проф. М.В. Драпалюк

**Главный редактор**  
д.т.н., проф. И.М. Бартенев

**Состав редакционной коллегии**  
д.б.н., проф. А.А. Сирин (Россия)  
д.т.н., проф. Д.Н. Афоничев (Россия)  
д.т.н., проф. Л.И. Бельчинская (Россия)  
д.ф.-м.н., проф. Н.Н. Матвеев (Россия)  
д.б.н., проф. С.М. Матвеев (Россия)  
д.б.н., доц. А.А. Гусев (Россия)  
д.э.н., проф. С.С. Морковина (Россия)  
д-р философии И. Ремеш (Чехия)  
д.т.н., проф. А.М. Цыпук (Россия)  
д.с.-х.н., проф. А.И. Чернодубов (Россия)  
д.т.н., проф. О.Н. Бурмистрова (Россия)  
д.т.н., проф. И.В. Григорьев (Россия)  
д.с.-х.н., проф. К.Н. Кулик (Россия)  
д.с.-х.н., проф. А.С. Манаенков (Россия)  
д.с.-х.н., проф. А.А. Мартынюк (Россия)  
д.б.н., проф. Рубцов В.В. (Россия)  
д.т.н., проф. В.С. Сюнёв (Россия)  
д.б.н., проф. Н.Н. Харченко (Россия)  
д.т.н., проф. П.А. Бехта (Украина)  
проф. Чжоу Динго (Китай)  
д.х.н., проф. А. Маркомини (Италия)  
к.т.н., проф. В. Подразски (Чехия)  
д-р наук, проф. Ф. Ресснер (Германия)  
д.т.н., проф. Я. Седлячик (Словакия)  
д-р химии Е.А. Чиркова (Латвия)

**Ответственный секретарь**  
к.э.н., доц. С.В. Харин  
**Редактор**  
Е.А. Богданова  
**Компьютерная верстка**  
к.э.н., доц. С.В. Харин

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации  
ПИ № ФС77-66384 от 14.07.2016 г.

Материалы настоящего журнала могут быть воспроизведены только с письменного разрешения редакционной коллегии

РИО ФГБОУ ВО «ВГЛТУ»  
394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8,  
телефон (473) 253-72-90,  
факс (473) 253-76-51,  
e-mail: lesteh@vglta.vrn.ru

© ФГБОУ ВО «ВГЛТУ», 2019

# **LESOTEKHNICHESKII ZHURNAL**

Scientific Journal

**2019 Vol. 9 № 1 (33)**

Founder – Federal State Budget Educational Institution of High Education  
«Voronezh State University of Forestry and Technologies  
named after G.F. Morozov» (VSUFT)

**Editorial Board Head**

Dr., prof. M.V. Drapalyuk

**Chief Editor**

Dr., prof. I.M. Bartenev

**Members of editorial board**

Dr., prof. A.A. Sirin (Russia)  
Dr., prof. D.N. Afonichev (Russia)  
Dr., prof. L.I. Belchinskaya (Russia)  
Dr., prof. N.N. Matveev (Russia)  
Dr., prof. S.M. Matveev (Russia)  
Dr., Assoc. Prof. A.A. Gusev (Russia)  
Dr., prof. S.S. Morkovina (Russia)  
Dr. Philosophy J. Remes (Czech Republic)  
Dr., prof. A.M. Tsypuk (Russia)  
Dr., prof. A.I. Chernodubov (Russia)  
Dr., prof. O.N. Burmistrova (Russia)  
Dr., prof. I.V. Grigoriev (Russia)  
Dr., prof. K.N. Kulik (Russia)  
Dr., prof. A.S. Manaenkov (Russia)  
Dr., prof. A.A. Martynyuk (Russia)  
Dr., prof. Rubtsov V.V. (Russia)  
Dr., prof. V.S. Syunev (Russia)  
Dr., prof. N.N. Kharchenko (Russia)  
Dr., prof. P.A. Bekhta (Ukraine)  
prof. Zhou Dingguo (China)  
Dr., prof. A. Marcomini (Italy)  
CSc., prof. V. Podrazsky (Czech Republic)  
Dr., prof. F. Roessner (Germany)  
Ph.D., prof. J. Sedliacik (Slovakia)  
Dr. Chemistry J.A. Chirkova (Latvia)

The journal is registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Communications

Registration certificate

PI № FS77-66384 of 14.07.2016

Materials of this journal may be reproduced only with written permission of the editorial board

PS FSBEI HE «VSUFT»

394087, Voronezh, Timiryazeva str, 8,  
telephone (473) 253-72-90,  
fax (473) 253-76-51,  
e-mail: lesteh@vglta.vrn.ru

**Executive secretary**

PhD in Economics S.V. Kharin

**Editor**

E.A. Bogdanova

**Typesetting**

PhD in Economics S.V. Kharin

© FSBEI HE «VSUFT», 2019

**СОДЕРЖАНИЕ  
ЮБИЛЕЙ УЧЕНОГО**

К 80-ЛЕТНЕМУ ЮБИЛЕЮ А.П. ЦАРЕВА..	6
<b>ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ И ЛЕС</b>	
<b>Крутовский К.В., Путинцева Ю.А., Орешкова Н.В., Бондар Е.И., Шаров В.В., Кузьмин Д.А.</b> Постгеномные технологии в практическом лесном хозяйстве: разработка полногеномных маркеров для идентификации происхождения древесины и других задач.....	9

**ЭКОЛОГИЯ**

<b>Арефьев Ю.Ф., Нгуен Тхи Лан Хьонг</b> Принцип экосистемной защиты лесных и полевых насаждений от паразитических организмов.....	17
<b>Брындина Л.В., Бакланова О.В.</b> Влияние биологически очищенного осадка сточных вод на рост и развитие декоративных растений.....	23
<b>Ильинцев А.С., Амосова И.Б., Третьяков С.В.</b> Эколого-биологический анализ влияния различных видов рубок на структуру травяно-кустарничкового яруса черничных типов леса.....	31
<b>Левин С.В., Семёнов М.А., Пашенко В.И., Левин И.С.</b> Экологические особенности произрастания сосны палласа (Крымской) при совместном выращивании с сосной обыкновенной.....	44

**ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ**

<b>Грязькин А.В., Беляева Н.В., Шахов А.Г., Нгуен Ван Зинь</b> Естественная смена ели сосной на участках лесных культур.....	54
<b>Деденко Т.П.</b> Водный режим техноземов в отвалах Курской магнитной аномалии.....	61
<b>Иванчина Л.А., Кожевников А.П., Кряжевских Н.А., Залесов С.В.</b> Влияние полноты ельников Прикамья на их санитарное состояние.....	68
<b>Ивченко О.А., Панкин К.Е.</b> Тушение лесных горючих материалов гидрогелями на основе гидроксида алюминия.....	76
<b>Славский В.А.</b> Оценка зимостойкости видов орехов рода <i>Juglans</i> в Воронежской области..	85

**CONTENTS  
SCIENTIST JUBILEE**

TO THE 80 <sup>TH</sup> JUBILEE OF A.P. TSAREV.....	6
<b>NATURAL SCIENCES AND FORESTRY</b>	
<b>Krutovsky K.V., Putintseva Y.A., Oreshkova N.V., Bondar E.I., Sharov V.V., Kuzmin D.A.</b> Postgenomic technologies in practical forestry: development of genome-wide markers for timber origin identification and other applications...	9

**ECOLOGY**

<b>Arefiev Y.F., Nguyen Thi Lan Huong</b> The principle of ecosystem protection of forest and field plantings from parasitic organisms.....	17
<b>Bryndina L.V., Baklanova O.V.</b> Influence of biologically purified drainage of wastewater on the growth and development of decorative plants.....	23
<b>Ilintsev A.S., Amosova I.B., Tretyakov S.V.</b> Environmental and biological analysis of the influence of different types types on the structure of herbal and bush types of blue types of forest.....	31
<b>Levin S.V., Semyonov M.A., Pashchenko V.I., Levin I.S.</b> Ecological peculiarities of growing pine of crimean pine ( <i>pallasiana</i> ) with scots pine.....	44

**NATURE MANAGEMENT**

<b>Griazkin A.V., Beliaeva N.V., Shakhov A.G., Nguyen Van Zin</b> Natural replacement of spruce by pine on the areas of forest plantations.....	54
<b>Dedenko T.P.</b> Water mode of technozem in dumps of the Kursk magnetic anomalia.....	61
<b>Ivanchina L.A., Kozhevnikov A.P., Kryazhevskikh N.A., Zalesov S.V.</b> Influence of spruce forests density on their sanitary condition.....	68
<b>Ivchenko O.A., Pankin K.E.</b> Extinguishing forest flammable materials with hydrogels based on aluminum hydroxide.....	76
<b>Slavsky V.A.</b> Estimation of winter resistance of <i>Juglans</i> genus nuts in the Voronezh region.....	85



<b>Царев А.П., Царева Р.П., Царев В.А., Ленченкова О.Ю., Милигула Е.Н.</b> Сортоиспытание и отбор гибридов тополя для полезащитных насаждений.....	93	<b>Tsarev A.P., Tsareva R.P., Tsarev V.A., Lenchenkova O.Y., Miligula E.N.</b> Variety testing and selection of poplar hybrids for field-protective plantings.....	93
<b>Царев В.А.</b> Многолетнее сортоиспытание межсекционных гибридов тополя в условиях Центрально-Черноземной лесостепи .....	102	<b>Tsarev V.A.</b> Long-term variety testing of inter-sectional poplar hybrids in the conditions of Central Black Earth forest-steppe.....	102
<b>ЛЕСОИНЖЕНЕРНОЕ ДЕЛО</b>		<b>FORESTRY ENGINEERING</b>	
<b>Рудов С.Е., Шапиро В.Я., Григорьев И.В., Куницкая О.А., Григорьев М.Ф., Пучнин А.Н.</b> Особенности учета состояния массива мерзлых грунтов при циклическом взаимодействии с трелевочной системой.....	116	<b>Rudov S.E., Shapiro V.Ya., Grigoriev I.V., Kunitskaya O.A., Grigoriev M.F., Puchnin A.N.</b> Features of taking into account the condition of frozen soils solid mass in cyclic interaction with the skidding system.....	116
<b>Троянов И.Н., Абрамов В.В., Бухтояров Л.Д., Черных А.С., Афоничев Д.Н.</b> Повышение эффективности пиления древесины бензиномоторным инструментом.....	128	<b>Troyanov I.N., Abramov V.V., Bukhtoyarov L.D., Chernykh A.S., Afonichev D.N.</b> Improving the efficiency of saw cutting using gasoline engine tools.....	128
<b>ДЕРЕВОПЕРЕРАБОТКА. ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ</b>		<b>WOOD-PROCESSING. ENGINEERING CHEMISTRY</b>	
<b>Разиньков Е.М., Ищенко Т.Л.</b> Повышение эффективности фанерного производства.....	140	<b>Razinkov E.M., Ishchenko T.L.</b> Enhancing the efficiency of plywood production.....	140
<b>ТЕХНОЛОГИИ. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ</b>		<b>TECHNOLOGIES. MACHINERY AND EQUIPMENT</b>	
<b>Драпалюк М.В., Попиков П.И., Ступников Д.С., Шаров А.В., Шерстюков Н.А.</b> Повышение эффективности рабочего процесса лесопожарной грунтометательной машины с гидроприводом ротора.....	147	<b>Drapalyik M.V., Popikov P.I., Stupnikov D.S., Sharov A.V., Sherstyukov N.A.</b> Improving the efficiency of the working process of forest fire soil throwing machine with hydraulic rotor.....	147
<b>Казаков В.И., Проказин Н.Е., Казаков И.В., Лобанова Е.Н.</b> Эффективность контактного нанесения гербицидов для борьбы с сорной растительностью в лесных питомниках.....	153	<b>Kazakov V.I., Prokazin N. E., Kazakov I.V., Lobanova E.V.</b> Efficiency of herbicides contact application to fight against weeds in forest nursery.....	153
<b>Малюков С.В., Панявина Е.А., Аксенов А.А.</b> Анализ конструкций мульчеров и роторов.....	159	<b>Malyukov S.V., Panyavina E.A., Aksenov A.A.</b> Constructions analysis of mulchers and rotary tillers.....	159
<b>Лысыч М.Н.</b> Пространственное динамометрирование процесса преодоления препятствий рабочими органами почвообрабатывающих орудий на виртуальном стенде.....	167	<b>Lysych M.N.</b> Spatial dynamometration of the process of obstacles overcoming by working bodies of tillage tools on a virtual stand.....	167
<b>МЕНЕДЖМЕНТ. ЭКОНОМИКА. ОРГАНИЗАЦИЯ</b>		<b>MANAGEMENT. ECONOMICS. ORGANIZATION</b>	
<b>Морковина С.С., Панявина Е.А., Авдеева И.А.</b> Исследование системы нормирования в лесном хозяйстве России.....	176	<b>Morkovina S.S., Panyavina E.A., Avdeeva I.A.</b> Study of the system of rationing in forestry of Russia.....	176

<b>Преликова Е.А., Юшин В.В., Вертакова Ю.В.</b> Эколого-экономические приоритеты раздельного сбора отходов.....	187	<b>Prelikova E.A., Yushin V.V., Vertakova Yu.V.</b> Environmental and economic priorities of separate waste collection.....	187
<b>Пирцхалава Н.Р.</b> Экспорт лесной продукции.....	196	<b>Pirtskhalava N.R.</b> Export of forest products.....	196
<b>Прешкин Г.А., Мехренцев А.В., Масленникова С.Ф., Пищулов В.М.</b> Становление лесного менеджмента в условиях развития рыночной цифровой экономики.....	207	<b>Preshkin G.A., Mekhrentsev A.V., Maslennikova S.F., Pishchulov V.M.</b> Formation of forest management in conditions of digital market economy development.....	207

### К 80-летию юбилею А.П. Царева



5 марта 2019 года исполнилось 80 лет профессору, доктору сельскохозяйственных наук Анатолию Петровичу Цареву.

Деятельность А.П. Царева более полувека связана с лесной отраслью страны. В 1957 г. он с отличием окончил Велико-Анадольский лесной техникум (Донецкая область), в 1962 – с красным дипломом Воронежский лесотехнический институт по специальности инженер лесного хозяйства, а в 1984 году – вечернее отделение Воронежского государственного университета по специальности математик. В 1962-1964 гг. работал лесничим Больше-Атмасского лесничества Черлакского лесхоза в Омской области, где участвовал в создании Государственной лесной полевозащитной полосы Омск-Павлодар вдоль правого берега Иртыша. В конце 1964 года поступил в аспирантуру при кафедре лесоводства Воронежского лесотехнического института.

После окончания аспирантуры с 1968 года по 1995 год А.П. Царев работал в научных подразделениях Всесоюзного НИИ лесоводства и механи-

зации лесного хозяйства (ВНИИЛМ) и Центрального НИИ лесной генетики и селекции (ЦНИИЛГиС), занимая последовательно должности старшего научного сотрудника, руководителя лабораторий, заместителя директора по научной работе. На протяжении 13 лет с 1967 по 1980 гг. являлся нештатным референтом Реферативного журнала «Лесоведение и лесоводство», где переводил и реферировал научные статьи по лесной тематике с английского, немецкого, французского, испанского, румынского, польского, болгарского, сербского, белорусского, украинского и других языков.

С 1990 по 1997 год по совместительству работал профессором кафедры лесоводства Воронежской государственной лесотехнической академии, где преподавал лесоведение и лесоводство, с 1995 по 2016 г. А.П. Царев работал профессором Петрозаводского государственного университета, где преподавал дендрологию, генетику, селекцию растений, а также основы интродукции и дендрометрию. В настоящее время он работает во Всероссийском научно-исследовательском институте лесной генетики, селекции и биотехнологии (г. Воронеж) в должности главного научного сотрудника.

Кандидатская диссертация по специальности «Лесоводство» защищена в 1968 г., докторская по специальности «Лесные культуры, селекция, семеноводство и озеленение городов» – в 1986 г. Основные направления научной деятельности А.П. Царева связаны с лесной селекцией, сортоиспытанием, интродукцией, плантационным лесоразведением. Они были тесно связаны с потребностями лесного хозяйства страны, а сам он всегда отличался активностью в творческой и производственной работе.

А.П. Царевым лично или при его участии создано более 40 опытных объектов (маточные и коллекционные плантации, коллекции гибридов, сортоиспытательные и полевозащитные насаждения) в лесных производственных предприятиях разных зон европейской части России.

Им уделялось значительное внимание внедрению полученных результатов исследований в производство. Помимо публикации практических

рекомендаций, положений и указаний им лично и возглавляемыми им научно-исследовательскими структурами в производство передавался испытанный лучший гибридный и сортовой материал лесных древесных пород (тополя, ивы, ореха грецкого и др.). Так, только в лесхозы лесостепной (Воронежская, Липецкая, Тамбовская, Курская области), степной (Воронежская, Волгоградская и Донецкая области) и полупустынной (Астраханская область) зон передано более 5 млн стеблевых черенков и укорененных саженцев и отобраных сортов и гибридов тополей. Из этого материала создавались маточные плантации, а также массивные, полезащитные и озеленительные насаждения на площади в несколько тысяч гектаров.

В результате исследований А.П. Царевым выведено и испытано в полевых условиях более тысячи новых гибридов тополей, более 40 из которых оказались перспективными для различных условий местопроизрастания. Три его гибрида (*Болд*, *Ведуга* и *Степная Лада*) были зарегистрированы Государственной комиссией по сортоиспытанию МСХ РФ в качестве сортов с выдачей государственных патентов и авторских свидетельств.

По материалам исследований за период с 1967 по 2018 гг. включительно А.П. Царевым опубликовано более 300 научных работ. Из них около 40 опубликовано в различных странах мира на иностранных языках (Украина, Болгария, Канада, Китай, Испания, Финляндия, Великобритания, Италия, Германия, Чили, Белоруссия, Нидерланды, Аргентина, Польша, Сербия и др.). Ряд статей опубликован в таких высокорейтинговых журналах, как *European Journal of Forest Research* и *Silvae Genetica*. Более 30 работ издано в рецензируемых центральных отечественных изданиях («Известия вузов – Лесной журнал», «Лесоведение», «Генетика», «Лесное хозяйство», «Лесохозяйственная информация», «Информационный вестник ВОГиС», «Лесной вестник», «Труды Кубанского государственного университета» и др.). Из подготовленных Анатолием Петровичем работ 10 индексированы в информационных базах Scopus и Web of Science. Индекс Хирша равен 10.

Среди наиболее значимых публикаций можно отметить монографии «Сортоведение тополя»

(1985) и «Программы лесной селекции в России и за рубежом» (2013), справочное пособие «Лесная селекция» (1996 – в соавторстве), учебники «Генетика лесных древесных пород» (4 издания: 2000-2005 гг. – соавтор и ответственный редактор) и «Селекция и репродукция лесных древесных пород» (4 выпуска: 2001-2003 – соавтор и ответственный редактор). Оба учебника вышли с грифом Министерства образования РФ. Четвертый выпуск учебника «Селекция и репродукция лесных древесных пород» в 2003 году был назван лучшим учебником года как «не имеющий аналогов среди отечественных изданий» и награжден дипломом Ассоциации книгоиздателей России.

В 2010 году в издательстве Московского государственного университета леса вышел новый учебник А.П. Царева с соавторами (с грифом УМО по лесному делу) «Генетика лесных древесных растений», который получил одобрение вузовских работников. Учебник вышел вторым изданием в 2013 году. В 2014 году в этом же издательстве выпущен новый его учебник с соавторами «Селекция лесных и декоративных древесных пород». По учебникам А.П. Царева ведется подготовка лесных специалистов в высших учебных заведениях на всей территории России.

Кроме того, А.П. Царевым лично или в соавторстве подготовлено и опубликовано 30 учебно-методических пособий и рекомендаций для лесохозяйственного производства (1992-2017). Среди них можно отметить «Методику сортоиспытания лесных пород» (1977), «Идентификационный ключ (определитель) наиболее распространенных тополей в умеренной зоне» (1978), «Методику государственного сортоиспытания лесных пород (общая часть)» (1981 – в соавторстве), «Методику государственного сортоиспытания тополей» (1981 – в соавторстве) и др. Разработана «Модель идеального сорта тополя» (1982), подготовлены «Рекомендации по перспективным ассортиментам тополей и созданию насаждений различного целевого назначения» (1979-1988).

Результаты научных исследований, полученных А.П. Царевым, неоднократно докладывались им на крупных международных форумах, которые проходили в России (1974-2018), на Украине

(1973), в Канаде (2003), Италии (2003), Великобритании (2004), Чили (2004), Германии (2004, 2006, 2016, 2017), Испании (2005), Нидерландах (2006), Финляндии (2006), Польше (2007), Китае (2008), Индии (2012) и др. Он является 4-кратным участником Интернациональных Сессий Международной тополевой комиссии ФАО (Буэнос-Айрес – Аргентина и Сантьяго – Чили, 2004; Пекин – Китай, 2008; Дехрадун – Индия, 2012; Берлин – Германия, 2016), где представлял нашу страну за счет приглашающей стороны.

Под руководством А.П. Царева подготовлено 5 кандидатов наук, а на базе созданной им сортоиспытательной сети и полученных новых гибридов защищен ряд кандидатских и докторских диссертаций. Он выступал в качестве официального и неофициального оппонента по более чем 30 докторским и 150 кандидатским диссертациям, а также рецензентом многих публикаций: учебников, монографий, рекомендаций, методик, статей и др.

Им выиграны отечественные гранты по подпрограмме «Биологическое разнообразие» ФЦНТП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники гражданского назначения» (1997-1998), исследованию генотипов плюсовых деревьев сосны обыкновенной (2001-2002 гг.) по программе фундаментальных исследований в области технических наук Министерства образования России, а также для подготовки учебников «Генетика лесных древесных пород» и «Селекция и репродукция лесных древесных пород» (1997-2001 гг.) по программе ФЦП «Интеграция».

За рубежом выиграны гранты канадского университета в Абитиби-Темискаминкё по изучению генотипов сосны обыкновенной (Квебек, 2005-2006 гг.), Европейского лесного консорциума для трехмесячной работы в университетах Финляндии

(Йоэнсуу) и Германии (Фрайбург) (сентябрь-декабрь 2006 г.), Министерства продовольствия и сельского хозяйства Германии (2015-2018). Участвовал в международных исследованиях по проектам «Тайга – модельный лес», «Темпус-Тасис», «Интеррег».

А.П. Царев – заслуженный работник лесного комплекса Республики Карелия, Заслуженный лесовод РФ, Почетный работник высшего профессионального образования, Почетный работник лесного хозяйства. Он награжден Памятной медалью Н.И. Вавилова, бронзовой медалью ВДНХ СССР за выведение новых сортов тополей, медалью «Ветеран труда», нагрудным знаком «Участник ликвидации последствий аварии ЧАЭС» (1986 г.) и Юбилейным нагрудным знаком «В память о ликвидации последствий катастрофы на ЧАЭС», Почетными грамотами Государственного комитета СССР по лесу (1981) и Министерства образования и науки Российской Федерации (2009).

В настоящее время А.П. Царев является членом Ученого Совета ВНИИЛГИСбиотех и членом Диссертационного совета по специальности 06.03.01 «Лесные культуры, селекция, семеноводство» при Воронежском государственном лесотехническом университете, экспертом международной тополевой комиссии ФАО ООН, действительным членом Российской академии естественных наук.

Мы и сотрудники нашего университета желаем нашему коллеге и товарищу здоровья и дальнейших трудовых успехов.

*Проректор по науке и инновациям  
ФГБОУ ВО «ВГЛУ», профессор, доктор экономических наук С. С. Морковина*

**ПОСТГЕНОМНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРАКТИЧЕСКОМ ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ:  
РАЗРАБОТКА ПОЛНОГЕНОМНЫХ МАРКЕРОВ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРОИСХОЖДЕНИЯ  
ДРЕВЕСИНЫ И ДРУГИХ ЗАДАЧ**

доктор биологических наук, профессор **К.В. Крутовский**<sup>1,2,3,4</sup>

научный сотрудник **Ю.А. Путинцева**<sup>3</sup>

старший научный сотрудник, кандидат биологических наук **Н.В. Орешкова**<sup>3,5</sup>

аспирант **Е.И. Бондар**<sup>3</sup>

научный сотрудник **В.В. Шаров**<sup>3,6</sup>

кандидат физико-математических наук, доцент **Д.А. Кузьмин**<sup>3,6</sup>

1 – Отделение лесной генетики и селекции, Гёттингенский университет им. Георга-Августа,  
г. Гёттинген, Германия

2 – Лаборатория популяционной генетики, Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова Российской  
академии наук, г. Москва, Российская Федерация

3 – Лаборатория лесной геномики, Научно-образовательный центр геномных исследований Института  
фундаментальной биологии и биотехнологии Сибирского федерального университета, г. Красноярск,  
Российская Федерация

4 – Отделение экосистемных наук и управления, Техасский АМ университет, г. Колледж Стейшн,  
Техас, США

5 – Лаборатория лесной генетики и селекции, Институт леса им. В.Н. Сукачева Сибирского отделения  
Российской академии наук, г. Красноярск, Российская Федерация

6 – Кафедра высокопроизводительных вычислений Института космических и информационных технологий  
и Центр высокопроизводительных вычислений Сибирского федерального университета, г. Красноярск,  
Российская Федерация

Данные о последовательности генома, которые были недавно получены для нескольких основных видов хвойных, вносят значительный вклад в развитие лесной генетики и программ улучшения и защиты деревьев. Они позволяют идентифицировать и аннотировать гены и другие функциональные элементы (короткие РНК, факторы транскрипции, регуляторные элементы и т. д.) и выявить генетические системы, которые контролируют адаптацию и устойчивость к болезням. Их можно использовать для разработки высокоинформативных генетических маркеров, которые можно использовать в популяционно-генетических исследованиях для создания популяционно-генетических баз данных, необходимых для борьбы с незаконной рубкой и торговлей древесиной. Геномные данные очень необходимы для разработки полногеномных генетических маркеров для изучения связи генетической изменчивости (SNP, аллели, гаплотипы и генотипы) с факторами окружающей среды, адаптивными признаками и фенотипами, а также для лучшего понимания генетического контроля селекционных и экономически важных признаков. Они также могут быть использованы для разработки полногеномных генетических маркеров, применяемых в геномной селекции для получения более адаптированных, устойчивых к стрессу и к изменению климата деревьев с желаемыми качественными экологическими и экономическими характеристиками. Наконец, знание полной нуклеотидной последовательности генома позволяет интегрировать протеомику, транскриптомику и метаболомику и обеспечивает референсные геномы для ресеквенирования. В этом кратком обзоре мы хотели бы представить также одно из многих практических применений генетики и геномики в лесном хозяйстве – разработку высокополиморфных и информативных молекулярно-генетических маркеров для нескольких очень важных хвойных видов бореальных лесов Евразии, лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.), сибирской кедровой сосны (*Pinus sibirica* Du Tour) и сосны обыкновенной (*Pinus*



*sylvestris* L.) на основе полногеномных данных, полученных в рамках проекта «Геномные исследования основных бореальных лесообразующих хвойных видов и их наиболее опасных патогенов в Российской Федерации», финансируемого Правительством Российской Федерации (грант № 14.Y26.31.0004).

**Ключевые слова:** генетическое разнообразие, геном, *Larix sibirica*

### POSTGENOMIC TECHNOLOGIES IN PRACTICAL FORESTRY: DEVELOPMENT OF GENOME-WIDE MARKERS FOR TIMBER ORIGIN IDENTIFICATION AND OTHER APPLICATIONS

DSc (Biology), Professor **K.V. Krutovsky**<sup>1,2,3,4</sup>

Researcher **Y.A. Putintseva**<sup>3</sup>

Senior researcher, PhD (Biology) **N.V. Oreshkova**<sup>3,5</sup>

PhD student **E.I. Bondar**<sup>3</sup>

Researcher **V.V. Sharov**<sup>3,6</sup>

PhD, Associate Professor **D.A. Kuzmin**<sup>3,6</sup>

1 – Department of Forest Genetics and Forest Tree Breeding, Georg-August University of Göttingen, Göttingen, Germany

2 – Laboratory of Population Genetics, Vavilov Institute of General Genetics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

3 – Laboratory of Forest Genomics, Genome Research and Education Center, Institute of Fundamental Biology and Biotechnology, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation

4 – Department of Ecosystem Science and Management, Texas A&M University, College Station, TX, USA

5 – Laboratory of Forest Genetics and Selection, V.N. Sukachev Institute of Forest, Federal Research Center «Krasnoyarsk Science Center of the Siberian Branch of Russian Academy of Sciences»,

Krasnoyarsk, Russian Federation

6 – Department of High Performance Computing, Institute of Space and Information Technologies, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation

#### Abstract

The forest genetics, tree improvement and protection can greatly benefit from complete genome sequence data made recently available for several major conifer species. They allow to identify and annotate genes, other functional elements (sRNA, transcription factors, regulatory elements, etc.) and genetic networks that control adaptation and disease resistance. They can be used to develop highly informative genetic markers that can be used in population genetic studies to create database of barcodes for individual populations to fight illegal timber harvest and trade. They are very much needed for development of genome-wide genetic markers for association studies for linking genetic variation (SNPs, alleles, haplotypes, and genotypes) with environmental factors, adaptive traits and phenotypes for better understanding genetic control of agronomically and economically important traits. They can be also used to develop genome-wide genetic markers for genomic-assisted selection to breed for better adapted, stress resistant and climate change resilient trees with desirable quality ecological and economic traits. Finally, whole genome sequences allow to integrate proteomics, transcriptomics and metabolomics and provide reference genomes for resequencing. In this brief summary we would like to present one of many practical applications of genetics and genomics in forestry— development of highly polymorphic and informative molecular genetic markers for several very important boreal forest species in Eurasia, Siberian larch (*Larix sibirica* Ledeb.), Siberian stone pine (*Pinus sibirica* Du Tour) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), based on the whole genome data obtained in the “Genomics of the Key Boreal Forest Conifer Species and Their Major Phytopathogens in the Russian Federation” project funded by the Government of the Russian Federation (grant no. 14.Y26.31.0004).

**Keywords:** genetic diversity, genome, *Larix sibirica*, microsatellite markers, NGS, *Pinus sibirica*, *Pinus sylvestris*, Siberian larch, Siberian stone pine, Scots pine, whole genome sequencing

### Introduction

The whole genome sequence data are the foundation for subsequent studies of evolutionary, biochemical and physiological processes in the sequenced organisms. Deep knowledge of the genome structure including the fine exon-intron gene structure, repeated sequences and intergenic sites help us better understand the mechanisms of gene regulation and expression, as well as the genome evolution. The whole genomic data become more available recently, including conifer species, and are widely used now to develop new DNA markers, such as single nucleotide polymorphisms (SNPs) and microsatellite loci or simple sequence repeats (SSRs) that can be used in population genetic analysis and for solving practical forestry problems, for example, to identify the origin of wood and planting material, for certification and identification of clones.

The development of molecular genetic markers for the main forest-forming tree species are extremely important and needed for solving problems of forestry, reforestation and afforestation. To solve these problems, estimates of the level of genetic variability, data on the population structure and differentiation, and effective methods of genetic identification of the wood and plant material origin are required.

Among the available genetic markers, nuclear microsatellite loci can be used to address these problems and are most fully meet requirements for reliable and convenient genetic markers. They are characterized by high specificity, reproducibility, codominance, multiple alleles, high heterozygosity and, moreover, do not require sophisticated equipment for analysis.

For example, Siberian larch (*Larix sibirica* Ledeb.) is one of the main forest-forming conifer species in Siberia, such species-specific markers have not been developed till recently. Siberian larch grows in the forest zone of the east and northeast of the European part of Russia, the Urals, Western and Eastern Siberia. Its area stretches from tundra (71°N latitude) on the north to the southern latitudes of Altai and Sayan (46° N) on the south. On the territory of the Russian Federation, larch forests occupy 263 million hectares, about 40% of the forest area of the country (769.8 million hectares). Previously, markers based on nuclear microsatellite loci developed for other species of this genus were used to analyze the population-genetic variation

of *L. sibirica* [1-3]. With the help of these markers, genetic diversity and differentiation were studied in several populations of this species [4, 5]. However, a small number of markers was used in these studies due to poor PCR amplification and the presence of a large number of "null alleles" for many non-species-specific markers.

Siberian stone pine, *Pinus sibirica* Du Tour and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) are also among the most economically and environmentally important forest-forming species of conifers in Eurasia. To study these forests a large number of highly polymorphic molecular genetic markers, such as microsatellite loci, are also required that were unavailable for Siberian stone pine till recently.

Prior to the new high-throughput next generation sequencing (NGS) methods, discovery of microsatellite loci and development of microsatellite markers were very time consuming and laborious. The recently developed draft assemblies of the Siberian larch, Siberian stone pine and Scots pine genomes sequenced using the NGS methods in the Laboratory of Forest Genomics of the Siberian Federal University [6-8], it has become possible to develop species-specific microsatellite primers for these species.

### Materials and methods

The draft genome assemblies presented in Table 1 allowed us to identify a large number of microsatellite loci in the Siberian larch and Siberian stone pine genomes and to develop species-specific PCR primers for their amplification and genotyping. The primers were designed using contigs containing short simple sequence tandem repeats.

To develop new highly informative microsatellite genetic markers for Siberian larch and Siberian stone pine using their whole genome assemblies a computer search for microsatellite loci with high repetitive simple motifs was done in the genomic DNA sequences, oligonucleotide primers were developed, synthesized and tested for the selected loci.

Table 1

Whole-genome sequencing data used to develop microsatellite markers in Siberian larch (*Larix sibirica*) and Siberian stone pine (*Pinus sibirica*) and mitochondrial markers in Scots pine (*Pinus sylvestris*)

Genome assembly	Total number of sequence reads, mln	N50, bp	Longest, bp	Total assembly length, Gbp
<i>Larix sibirica</i>				
Contigs	12.4	1074	128642	7.99
Scaffolds	11.33	6443	354326	12.34
<i>Pinus sibirica</i>				
Contigs	10.75	948	105599	7.01
Scaffolds	9.45	6920	110935	13.56
<i>Pinus sylvestris</i>				
Contigs	15.22	488	75010	6.748
Scaffolds	14.79	654	105091	7.807

A preliminary estimate of allelic diversity was made on two test samples of a Siberian larch population collected in the Republic of Khakassia (Russian Federation) and several Siberian stone pine populations [9, 10].

The most promising markers were selected, and multiplex genotyping panels were designed for Siberian larch and tested for fragment analysis using the ABI 3130xl Genetic Analyzer with capillary electrophoresis [10].

The sequencing of the Siberian larch genome was done with 93X coverage using the Illumina HiSeq 2000 platform. To select high quality reads and to remove adapter dimers the raw reads were filtered using MUSKET [11] and Trimmomatic [12]. A draft assembly was generated using the CLC Assembly Cell assembler (<https://www.qiagen-bioinformatics.com>). The obtained assembly contained 12.4 million contigs with a total length of ~8 Gbp. This assembly was searched for contigs containing microsatellite loci using the GMATo program [13]. The preliminary analysis showed that microsatellite loci with tri-, tetra- and pentanucleotide motifs were much less variable in larch than the loci with dinucleotide motifs. Therefore, from all microsatellite loci found, only loci with dinucleotide motifs repeated at least 20 times were selected for the PCR primer design. Primers for the selected microsatellite loci were designed using the WebSat online service [14]. As a result, 59 primer pairs were designed and tested. Needle samples collected from 100 individ-

ual Siberian larch trees in 2014 in two populations (50 trees per population) in the Republic of Khakassia were used in this study [10]. The one population is located in the Shirinsky District of Khakassia near the Shira-Berenjak highway (larch forest with pine on a gentle slope), another – near the Efremkino Village (larch on a steep slope and at its foot).

Similar search for microsatellite loci were done using the Siberian stone pine 32X genome coverage assembly [9]. The designed primers were first tested on DNA samples of four *P. sibirica* trees to select successful primers that generate amplification product and to optimize the PCR conditions. The selected primers were then tested on eight specimens from the same population in order to detect polymorphisms. Variability of the loci that were monomorphic in this sample was tested further in nine individuals from nine geographically distant populations representing different regions of the Siberian stone pine area. The final testing of the polymorphic loci was performed using 10-12 specimens per each of several populations.

To develop mitochondrial DNA markers in Scots pine contigs from its partial genome assembly were mapped to the mitochondrial DNA (mtDNA) contigs of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and loblolly pine (*Pinus taeda* L.) to identify homologous mitochondrial fragments of Scots pine. Then, they were resequenced in a sample of the Scots pine trees of European, Siberian, Mongolian and Caucasian origin in order to develop mtDNA markers. Flanking non-

coding regions of some mitochondrial genes were also investigated and resequenced [15].

### Results and discussion

#### *Larix sibirica* SSRs

Among 59 primer pairs selected in the first test 20 produced no product, 12 had non-specific amplification and 27 stably amplified supposedly a single-locus PCR product that could be well-genotyped on gels. After the first selection, the forward primer in each of the 27 pairs was labelled either by —**he**” (FAM) or —**green**” (HEX) fluorescent dyes for further testing on the ABI PRISM 3730 sequencer. The labelled oligonucleotide primers were synthesized by Sigma (Germany). The trial PCR multiplexes consisting of two or three primer pairs were made taking into account the size of the PCR fragments. Multiplexing was done at the PCR reaction stage by combining two or three different primer pairs in the same PCR reaction and adjusting the total volume by reducing the water portion accordingly. The obtained PCR amplification product was necessarily diluted 50–100 times before electrophoresis. The testing of polymorphic loci at this stage was carried out using 8–16 samples from each of the two populations. After this testing on a capillary sequencer, additional 9 pairs of primers had to be excluded due to poor or non-specific amplification, and supposedly a large number of null alleles.

#### *Pinus sibirica* SSRs

Based on the testing of primers for 70 microsatellite loci with tri-, tetra- or pentanucleotide repeats, 18 most promising, reliable and polymorphic loci were selected that can be used further as molecular genetic markers in population genetic studies of Siberian stone pine [9].

#### *Pinus sylvestris* mitochondrial DNA markers

Five SNPs and a single minisatellite locus were identified [15]. Caucasian samples differed from the rest by three SNPs. Two SNPs have been linked to an early described marker in the first intron of the *nad7* gene, and all together revealed three haplotypes in Eu-

ropean populations. No variable SNPs were found in the Siberian and Mongolian populations. The minisatellite locus contained 41 alleles across European, Siberian, and Mongolian populations, but, this locus demonstrated a weak population differentiation ( $F_{ST} = 0.058$ ), probably due to its high mutation rate.

These new markers were further used in the Scots pine population and phylogeographic studies [16]. Three mitochondrial DNA markers were genotyped in 90 populations of Scots pine located from Eastern Europe to Eastern Siberia. The geographic distribution of seven mitotypes demonstrated the split between western and eastern populations approximately along the 38th meridian. Genetic diversity in the western part was significantly higher than in the eastern one. Five mitotypes were western- and one eastern-specific. One mitotype was common in both regions, but in the eastern part it occurred only in the South Urals and adjacent areas. The geographic structure in the mitotype distribution supports a hypothesis of post-glacial recolonization of the studied territory from the European and Ural refugia.

### Conclusions

The whole genome sequencing data provided rich material for developing highly polymorphic molecular genetic markers that were efficiently used for genotyping of natural and artificial populations of Siberian stone pine, Siberian larch and Scots pine. Newly developed markers will allow us obtaining reliable quantitative estimates of the parameters of their genetic structure, such as within and between population allelic and genetic diversity, genetic subdivision and differentiation at different hierarchical levels, inbreeding, gene flow, etc.

### Acknowledgements

The study was done as part of the project “Genomics of the Key Boreal Forest Conifer Species and Their Major Phytopathogens in the Russian Federation” funded by the Government of the Russian Federation (grant no. 14.Y26.31.0004).

### References

1. Khasa D. P., Newton C. H., Rahman M. H., Jaquish B., Dancik B. P. Isolation, characterization, and inheritance of microsatellite loci in alpine larch and western larch. *Genome*, 2000. Vol. 43. № 3. P. 439-448.
2. Isoda K., Watanabe A. Isolation and characterization of microsatellite loci from *Larix kaempferi*. *Mol. Ecol. Notes*, 2006. Vol. 6. № 3. P. 664-666.

3. Chen C., Liewlaksaneeyanawin C., Funda T., Kenawy A., Newton C. H., El-Kassaby Y. A. Development and characterization of microsatellite loci in western larch (*Larix occidentalis* Nutt.). *Mol. Ecol. Resour.*, 2009. Vol. 9. № 3. P. 843-845.
4. Oreshkova N. V., Belokon M. M. Assessment of the genetic variation of Siberian larch use microsatellite markers. *Vestnik MSGL – Lesnoy Vestnik*, 2012. Vol. 84. № 1. P. 118-122, in Russian (Орешкова Н. В., Белоконов М.М. Оценка генетической изменчивости лиственницы сибирской с использованием микросателлитных маркеров // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2012. Т. 84. № 1. С. 118-122).
5. Oreshkova N. V., Belokon M. M., Jamiyansuren S. Genetic Diversity, Population Structure, and Differentiation of Siberian Larch, Gmelin Larch, and Cajander Larch on SSR-Marker Data. *Russian Journal of Genetics*, 2013. Vol. 49. № 2. P. 178-186. (Орешкова Н. В., Белоконов М. М., Жамъянсурен С. Генетическое разнообразие, популяционная структура и дифференциация лиственниц сибирской, Гмелина и Каяндера по данным SSR-маркеров // Генетика. 2013. Т. 49, № 2. С. 204-213).
6. Krutovsky K. V., Oreshkova N. V., Putintseva Yu. A., Ibe A. A., Deich K. O., Shilkina E. A. Preliminary results of *de novo* whole genome sequencing of the Siberian Larch (*Larix sibirica* Ledeb.) and the Siberian Stone Pine (*Pinus sibirica* Du Tour). *Siberian Journal of Forest Science*, 2014. Vol. 1. № 4. P. 79-83 (in Russian with abstract in English) (Крутовский К.В., Орешкова Н.В., Путинцева Ю.А., Ибе А.А., Дейч К.О., Шилкина Е.А. Предварительные результаты полногеномного *de novo* секвенирования лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) и сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour.) // Сибирский лесной журнал. 2014. Т. 1. № 4. С. 79-83).
7. Oreshkova N. V., Putintseva Yu. A., Kuzmin D. A., Sharov V. V., Biryukov V. V., Makolov S. V., Deich K. O., Ibe A. A., Shilkina E. A., Krutovsky K. V. Genome sequencing and assembly of Siberian larch (*Larix sibirica* Ledeb.) and Siberian pine (*Pinus sibirica* Du Tour) and preliminary transcriptome data. *Proceedings of the 4th International Conference on Conservation of Forest Genetic Resources in Siberia*. Barnaul, Russia, 24-29 August, 2015, pp. 127-128.
8. Sadovsky M. G., Putintseva Yu. A., Birukov V. V., Novikova S., Krutovsky K. V. *De novo* assembly and cluster analysis of Siberian larch transcriptome and genome. *Lecture Notes in Bioinformatics*, 2016. Vol. 9656. P. 455-464.
9. Belokon M. M., Politov D. V., Mudrik E. A., Polyakova T. A., Shatokhina A. V., Belokon Yu. S., Oreshkova N. V., Putintseva Yu. A., Sharov V. V., Kuzmin D. A., Krutovsky K. V. Development of Microsatellite Genetic Markers in Siberian Stone Pine (*Pinus sibirica* Du Tour) Based on the *De Novo* Whole Genome Sequencing. *Russian Journal of Genetics*, 2016. Vol. 52. № 12. P. 1284-1292. (Белоконов М. М., Политов Д. В., Мудрик Е. А., Полякова Т. А., Шатохина А. В., Белоконов Ю. С., Орешкова Н. В., Путинцева Ю. А., Шаров В. В., Кузмин Д. А., Крутовский К. В. Разработка микросателлитных маркеров сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour) по результатам полногеномного *de novo* секвенирования // Генетика. 2016. Т. 52. № 12. С. 1418-1427).
10. Oreshkova N. V., Putintseva Yu. A., Sharov V. V., Kuzmin D. A., Krutovsky K. V. Development of Microsatellite Genetic Markers in Siberian larch (*Larix sibirica* Ledeb.) Based on the *De Novo* Whole Genome Sequencing. *Russian Journal of Genetics*, 2017. Vol. 53. № 11. P. 1194-1199. (Орешкова Н. В., Путинцева Ю. А., Шаров В. В., Кузмин Д. А., Крутовский К. В. Разработка микросателлитных маркеров лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) на основе полногеномного *de novo* секвенирования // Генетика. 2017. Т. 53. № 11. С. 1278-1284.)
11. Liu Y., Schröder J., Schmidt B. Musket: a multistage *k*-mer spectrum-based error corrector for Illumina sequence data. *Bioinformatics*, 2013. Vol. 29. № 3. P. 308-315.
12. Bolger A. M., Lohse M., Usadel B. Trimmomatic: A flexible trimmer for Illumina sequence data. *Bioinformatics*, 2014. Vol. 30. № 15. P. 2114-2120.
13. Wang X., Lu P., Luo Z. GMATo: A novel tool for the identification and analysis of microsatellites in large genomes. *Bioinformation*, 2013. Vol. 9. № 10. P. 541-544.

14. Martins W. S., Lucas D. C. S., Neves K. F. S., Bertoli D. J. WebSat – a web software for microsatellite marker development. *Bioinformatics*, 2009. Vol. 3. № 6. P. 282-283.

15. Semerikov V. L., Putintseva Yu. A., Oreshkova N. V., Semerikova S. A., Krutovsky K. V. Development of new mitochondrial DNA markers in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) for population and phylogeographic studies. *Russian Journal of Genetics*, 2015. Vol. 51. № 12. P. 1199-1203.

16. Semerikov V. L., Semerikova S. A., Putintseva Y. A., Tarakanov V. V., Tikhonova I. V., Vidyakin A. I., Oreshkova N. V., Krutovsky K. V. Colonization history of Scots pine in Eastern Europe and North Asia based on mitochondrial DNA variation. *Tree Genetics and Genomes*, 2018. Vol. 14:8.

### Информация об авторах

*Крутовский Константин Валерьевич* – профессор, профессор отделения лесной генетики и селекции Гёттингенского университета, г. Геттинген, Германия (kkrutov@gwdg.de; <http://www.uni-goettingen.de/en/414626.html>) ; Ведущий научный сотрудник лаборатории популяционной генетики Института общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, г. Москва, Российская Федерация (kkrutovsky@gmail.com); профессор базовой кафедры защиты и современных технологий мониторинга лесов (<http://structure.sfu-kras.ru/node/111#staff>), зав. лабораторией лесной геномики и руководитель Научно-образовательного центра геномных исследований Института фундаментальной биологии и биотехнологии Сибирского федерального университета, г. Красноярск, Российская Федерация (<http://genome.sfu-kras.ru/en/krutovsky>); Адъюнкт профессор отделения экосистемных наук и управления Техасского АМ университета, г. Колледж Стейшн, Техас, США (k-krutovsky@tamu.edu; <http://essm.tamu.edu/people/faculty/adjunct-faculty/krutovsky-konstantin>) (*автор для контактов*).

*Путинцева Юлия Андреевна* – научный сотрудник лаборатории лесной геномики Научно-образовательного центра геномных исследований Института фундаментальной биологии и биотехнологии Сибирского федерального университета, г. Красноярск, Российская Федерация; e-mail: yputintseva@mail.ru.

*Орешкова Наталья Викторовна* – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории лесной геномики Научно-образовательного центра геномных исследований Института фундаментальной биологии и биотехнологии Сибирского федерального университета, г. Красноярск, Российская Федерация; старший научный сотрудник лаборатории лесной генетики и селекции Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, г. Красноярск, Российская Федерация; e-mail: oreshkova@ksc.krasn.ru.

*Бондар Евгения Ивановна* – аспирант лаборатории лесной геномики Научно-образовательного центра геномных исследований Института фундаментальной биологии и биотехнологии Сибирского федерального университета, г. Красноярск, Российская Федерация; e-mail: bone-post@ya.ru.

*Шаров Вадим Витальевич* – научный сотрудник лаборатории лесной геномики Научно-образовательного центра геномных исследований Института фундаментальной биологии и биотехнологии Сибирского федерального университета, г. Красноярск, Российская Федерация; e-mail: sharvadim07@yandex.ru.

*Кузмин Дмитрий Александрович* – кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой высокопроизводительных вычислений Института космических и информационных технологий и Директор центра высокопроизводительных вычислений Сибирского федерального университета, г. Красноярск, Российская Федерация; e-mail: dm.kuzmin@gmail.com.

### Information about authors

*Krutovsky Konstantin Valerjevich* – Professor, Department of Forest Genetics and Forest Tree Breeding, Georg-August University of Göttingen, Göttingen, Germany; Leading Scientist, Laboratory of Population Genetics, N.I. Vavilov Institute of General Genetics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation; Director, Genome Research and Education Center, Institute of Fundamental Biology and Biotechnology, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation; Head, Laboratory of Forest Genomics, Genome Research and Education Center,



Institute of Fundamental Biology and Biotechnology, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation; Professor, Department of Forest Protection and Modern Technologies of Forest Monitoring, Institute of Fundamental Biology and Biotechnology, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation; Adjunct Professor of Genetics and Genomics, Department of Ecosystem Science & Management, Texas A&M University, College Station, TX, USA; PhD in Genetics; e-mail: konstantin.krutovsky@forst.uni-goettingen.de, kkrutovsky@gmail.com.

*Putintseva Yuliya Andreyevna* – Research Scientist, Laboratory of Forest Genomics, Genome Research and Education Center, Institute of Fundamental Biology and Biotechnology, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation; e-mail: yaputintseva@mail.com.

*Oreshkova Natalia Viktorovna* – Senior Research Scientist, Laboratory of Forest Genetics and Breeding, V.N. Sukachev Institute of Forest, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch, Krasnoyarsk, Russian Federation; Leading Research Scientist, Laboratory of Forest Genomics, Genome Research and Education Center, Institute of Fundamental Biology and Biotechnology, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation; Associate Professor, Department of Forest Protection and Modern Technologies of Forest Monitoring, Institute of Fundamental Biology and Biotechnology, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation; PhD in Botany; e-mail: oreshkova@ksc.krasn.ru.

*Bondar Eugenia Ivanovna* – Research Scientist, Laboratory of Forest Genomics, Genome Research and Education Center, Institute of Fundamental Biology and Biotechnology, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation; Postgraduate Student, Department of Forest Protection and Modern Technologies of Forest Monitoring, Institute of Fundamental Biology and Biotechnology, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation; e-mail: bone-post@yandex.ru.

*Sharov Vadim Vitalievich* – Research Scientist, Laboratory of Forest Genomics, Genome Research and Education Center, Institute of Fundamental Biology and Biotechnology, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation; Postgraduate Student, Department of High-Performance Computing, Institute of Space and Information Technologies, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation; e-mail: vsharov@sfu-kras.ru.

*Kuzmin Dmitry Alexandrovich* – Associate Professor, Head, Department of High Performance Computing, Institute of Space and Information Technologies, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation; Leading Research Scientist, Laboratory of Forest Genomics, Genome Research and Education Center, Institute of Fundamental Biology and Biotechnology, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation; PhD in Engineering; e-mail: dkuzmin@sfu-kras.ru.

## ПРИНЦИП ЭКОСИСТЕМНОЙ ЗАЩИТЫ ЛЕСНЫХ И ПОЛЕВЫХ НАСАЖДЕНИЙ ОТ ПАРАЗИТИЧЕСКИХ ОРГАНИЗМОВ

доктор биологических наук, профессор **Ю.Ф. Арефьев**<sup>1</sup>

кандидат биологических наук **НгуенТхи Лан Хьонг**<sup>2</sup>

1 – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»,  
г. Воронеж, Российская Федерация

2 – Институт биотехнологий и пищевых технологий, Индустриальный университет города Хошимина,  
город Хошиминь, Вьетнам

Общность лесных и полевых насаждений заключается в том, что в них нарушена система автоматической регуляции естественных биотических процессов. В результате веками складывавшиеся сообщества растений утратили способность к устойчивому гармоничному развитию. Искусственно созданные насаждения стали объектом массовых атак многих видов, повреждающих растения. Цель представленных исследований – реанимировать способность защищаемых насаждений к самозащите от вредных организмов на основе активизации природных адаптивных внутрисистемных механизмов (конкуренции, естественного отбора, инбридинга). В условиях Среднерусской лесостепи цель исследований достигается посредством формирования высоко гетерогенных мозаичных насаждений. Природные адаптивные механизмы активизируются на базе специфической структуры и композиции защищаемых насаждений. Во Вьетнаме долговременная реабилитация программы необходима для восстановления экологического баланса в почве. В последние годы испытывались биологические методы для защиты сельскохозяйственных культур от фитопатогенных грибов и насекомых. Однако эти меры не решили проблему защиты полевых культур от вредных организмов из-за деградации почвы. Использование органических удобрений показало очень хорошие результаты в реальном производстве. Но биоорганические удобрения недостаточно применимы для защиты растений из-за вызываемых ими почвенных нарушений. Дезинфекция и ирригация почвы эффективны только как временная мера. Система интегрированной защиты растений эффективна только на поверхности почвы, но не снижает вред почвенных патогенов. Мы считаем, что условия баланса почвенного питания являются лучшим решением защиты растений в настоящее время. Модель сбалансированного почвенного питания не только очень эффективна для контроля вредных организмов, но также повышает качество урожайной продукции во Вьетнаме.

**Ключевые слова:** лесные насаждения, полевые насаждения, патогенные процессы, реабилитация, адаптация.

## THE PRINCIPLE OF ECOSYSTEM PROTECTION OF FOREST AND FIELD PLANTINGS FROM PARASITIC ORGANISMS

DSc (Biology), Professor **Yu. F. Arefiev**<sup>1</sup>

PhD (Biology), **Nguyen Thi Lan Huong**<sup>2</sup>

1 – FSBEI HE Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh,  
Russian Federation

2 – Institute of Biotechnology and Food Technology, Industrial University of Ho Chi Minh City, Ho Chi Minh  
City, Vietnam

The commonality of forest and field plantations is that the system of automatic regulation of natural biotic processes is violated in them. As a result, plant communities have lost their ability to sustain harmonious development. Artificial plantings have become the object of mass attacks by many species damaging plants. The purpose of the pre-

sented studies is to reanimate the ability of protected plantations to protect themselves from harmful organisms based on the activation of natural adaptive intersystem mechanisms (competition, natural selection, and inbreeding). In the conditions of Central Russian forest-steppe, the goal of the research is achieved through the formation of highly heterogeneous mosaic plantings. Natural adaptive mechanisms are activated on the basis of specific structure and composition of protected plantations. In Vietnam, a long-term rehabilitation program is needed to restore the ecological balance in the soil. In recent years, biological methods have been tested to protect crops from phytopathogenic fungi and insects. However, these measures did not solve the problem of protecting field crops from pests due to soil degradation. The use of organic fertilizers has shown very good results in actual production. But bioorganic fertilizers are not sufficiently applicable for plant protection due to the soil disturbances they cause. Disinfection and irrigation of the soil are only effective as a temporary measure. The system of integrated plant protection is effective only on the soil surface, but it does not reduce the harm of soil pathogens. We believe that the conditions of the balance of soil nutrition are the best solution for plant protection at the present time. The balanced soil nutrition model is very effective not only to control pests, but it also improves the quality of harvest products in Vietnam.

**Keywords:** forest plantations, field plantations, pathogenic processes, rehabilitation, adaptation.

Принцип защиты растений, основанной на особенностях характеристик самих экологических систем, широко распространён в природе. Автохтонные леса, степи, другие ландшафтные образования сформировались в результате длительной эволюции и способны к устойчивому развитию. Искусственно созданные биологические объекты обычно не способны к саморазвитию и самозащите. К ним относятся, в частности, лесные и полевые рукотворные насаждения [1, 3, 8].

Принципиальная общность лесных и полевых искусственно созданных насаждений заключается в том, что в них нарушена система автоматической регуляции естественных биотических внутрисистемных процессов. В результате веками складывавшиеся сообщества растений утратили способность к авторегуляции, к устойчивому гармоничному развитию [7, 8, 9, 10]. Искусственно созданные насаждения стали объектом массовых, спорадически повторяющихся атак многих видов – паразитов древесных и травянистых растений.

Цель представленных в данной работе исследований – реанимировать природную способность защищаемых насаждений к их самозащите от паразитических организмов и способность к устойчивому развитию в условиях изменяющейся окружающей среды. Фундаментальная основа самозащиты сообществ растений – активизация природных адаптивных внутрисистемных механизмов автоматической

регуляции патологических процессов (внутривидовой и межвидовой конкуренции, естественного дизруптивного отбора, инбридинга в популяциях паразитических для растений организмов).

В условиях Среднерусской лесостепи активизация адаптивных механизмов достигается посредством формирования высоко гетерогенных мозаичных насаждений. Их основа – специфическая мозаичная структура насаждений и композиции древесных пород.

Во Вьетнаме для радикального улучшения защиты растений от паразитических организмов необходима реабилитация долговременной программы для восстановления экологического баланса в почве.

В последние годы испытывались биологические методы для защиты сельскохозяйственных культур от фитопатогенных грибов и насекомых. Однако эти меры не решили проблему защиты полевых культур от вредных организмов из-за деградации почвы.

Использование органических удобрений показало очень хорошие результаты в реальном сельскохозяйственном производстве. Но биоорганические удобрения недостаточно применимы для защиты растений из-за вызываемых ими почвенных нарушений.

Дезинфекция и ирригация почвы эффективны только как временная мера.

Система интегрированной защиты растений эффективна только на поверхности почвы, но не снижает вред почвенных патогенов.

Мы считаем, что условия баланса почвенного питания являются лучшим решением проблемы защиты растений в настоящее время. Модель сбалансированного почвенного питания очень эффективна не только для контроля вредных организмов, но также повышает качество урожайной продукции во Вьетнаме.

Методология исследований основана на сравнительной оценке трёх параметров защищаемых насаждений: жизнеспособность (для лесных и полевых насаждений), уровень сложности (гетерогенности), уровень регенерации (для лесных насаждений).

Жизнеспособность (*viability*) насаждений оценивалась по следующей шкале [2]: *здоровые растения* – 5 баллов (без симптомов инфекционных и неинфекционных болезней); *ослабленные растения* – 4 балла (отсталость в росте или отмирание отдельных растений в пределах 15 %, тусклость зелёных фрагментов); *болезнь 1-й степени у растений* – 3 балла (отсталость в росте или отмирание отдельных растений до 30 %, возможно выздоровление растений); *болезнь 2-й степени у растений* – 2 балла (отсталость в росте или отмирание отдельных растений до 50 %, выздоровление растений маловероятно); *отмирающие растения* – 1 балл (живых растений или их фрагментов менее 50 %); *отмершие растения* – 0 баллов (без признаков жизни).

Уровень сложности, как степень гетерогенности насаждений, оценивался по формуле Клода Шеннона [11]

$$H = - \sum_{i=1}^n P_i * \log_2 P_i,$$

где *i* – составные компоненты гетерогенности, *n* – число компонента, *P<sub>i</sub>* – вероятность компонента.

Уровень спонтанной регенерации определялся по баллам: высокий – 4 балла, средний – 3 балла, низкий – 2 балла, единичный – 1 балл, регенерация отсутствует – 0.

В качестве модельных паразитических видов были базидиальный гриб *корневая губка*

(*Heterobasidion annosum*) и сумчатый гриб мучнистая роса (*Erisipheal phitoides*). Оба вида широко распространены и экономически значимы.

### Результаты и их обсуждение

Кумулятивный эффект адаптивных механизмов (конкуренции, естественного отбора, инбридинга) проявляется в индексе жизнеспособности (*iv* – index of viability) насаждений. В табл. 1 приведена поражаемость сосновых насаждений *корневой губкой* в заповедных насаждениях, где адаптивные механизмы формирования лесной экосистемы достаточно активны, и в пригородных монокультурах сосны, где активность адаптивных механизмов минимальна.

Таблица 1

Сравнительная поражаемость сосны *корневой губкой* в заповедных и пригородных насаждениях

Характер насаждений	Поражаемость сосны, %	Коэффициент вариации, %	Точность определений, %
Заповедные	5,7	10,2	0,9
Пригородные	26,3	23,5	1,1

Как следует из табл. 1, поражаемость сосны *корневой губкой* в заповедных условиях (5,7 %) более чем в 5 раз ниже, чем в пригородных насаждениях (26,3 %), что свидетельствует о значимости совместного воздействия адаптивных механизмов на жизнеспособность насаждений.

Естественно сформированные насаждения более гетерогенны (табл. 2).

Таблица 2

Гетерогенность спонтанно сформированных насаждений в очаге *корневой губки* и монокультур сосны

Насаждения в очаге <i>корневой губки</i>	Комплексы растений				Общая гетерогенность, бит
	Древо-стой	Под-рост	Под-лесок	Травяной покров	
Естественно сформированные насаждения	1,68	1,84	1,91	1,36	6,97
Монокультуры сосны	0,72	0	0	0,92	1,64

Спонтанно сформированные естественные насаждения являются более гетерогенными, сбалансированными и способны лучше противостоять атакам вредных организмов, в частности мучнистой росе (табл. 3).

Как следует из табл. 3, развитие мучнистой росы в монокультурах дуба значительно выше, чем в спонтанно сформированных насаждениях с участием дуба черешчатого.

Таблица 3

Развитие мучнистой росы на листьях дуба черешчатого в спонтанно сформированных насаждениях и в монокультурах

Насаждения	Развитие болезни, %
Монокультуры дуба черешчатого	83,6
Спонтанно сформированные насаждения с 30-45 % участием дуба черешчатого	12,7

Таким образом, эффект адаптивных механизмов чётко проявляется в повышении жизнеспособности насаждений, сформированных спонтанно, в противоположность лесным монокультурам, благоприятным для массового распространения паразитических для древесных растений видов.

Во *Вьетнаме* основой защиты растений является профилактическая стратегия, основанная на поддержании экологического баланса в почве.

В последние годы во *Вьетнаме* предпринимались многочисленные попытки использовать биологические методы (с использованием биологических пестицидов), чтобы уменьшить численность вредителей и фитопатогенных грибов. В целом, эта мера защиты растений была обнадеживающей, но из-за деградации почвы была недостаточно эффективной.

Использование органических удобрений вместе с эффективными микроорганизмами улучшает почвенный питательный баланс и постепенно улучшает среду обитания. При этом увеличивается число видов аммониевых бактерий, минерализованных бактерий, микробиоцидов и эффективных грибов [5]. Кроме того, органические удобрения также увеличивают активность антагонистических актиномицетов, в результате чего предотвращается развитие фитопатогенного

гриба *Phytophthora palmivora* и повышается выживаемость дурьяна [4].

Некоторыми исследователями доказывалась эффективность защиты растений посредством биоорганических удобрений. При этом повышается количество эффективных микроорганизмов и антагонистических микроорганизмов для улучшения почвы, снижения вредителей, повышения производительности работ, качества и количества овощей и фруктов. Однако эти результаты все еще очень скромны, потому что в производстве использовали органическое удобрение, имеющее следующие значительные ограничения.

В настоящее время во *Вьетнаме* пытаются разводить препараты некоторых микроорганизмов, такие как вирусы, грибы, антагонистические нематоды для предотвращения вредных организмов. Например, использование вируса ядерного полиэдроза (NPV), *Bacillus Thuringiensis* (BT), антагонистических нематод, гриба *Metarhizium sp.* в борьбе с вредителями и фитопатогенными грибами. Однако в этих препаратах извлечены только несколько изолированных антагонистов, что недостаточно для эффективного контроля вредителей и патогенов.

Дезинфекция почвы и орошение почвы для предотвращения появления вредителей в почве является лишь временной мерой. Долгосрочное использование этих мер, наряду со злоупотреблением химическими удобрениями, приведет к гибели эффективных микроорганизмов и нарушению почвенного экологического баланса.

В последние годы интегрированные стратегии борьбы с вредителями IPM (Integrated pest management) были эффективными для предотвращения некоторых вредителей. В целом эта мера основана на сохранении естественного экологического баланса, минимизации использования химических препаратов, комплекса различных микробиологических препаратов для защиты популяций естественных антагонистов, создания благоприятного экологического баланса для ограничения плотности популяций вредителей ниже порога экономического ущерба. Однако фактически это относится к защите экологического

баланса только на поверхности почвы, но не в почвенной среде.

Наши исследования (в согласии с работами многих авторов) показали, что в условиях сбалансирования питательных веществ в почве органических соединений, живые эффективные микроорганизмы развиваются успешно, помогают растениям поглощать достаточное питание и повышают устойчивость к болезням. Кроме того, популяции антагонистических микроорганизмов также развиваются активнее и контролируют развитие вредных микроорганизмов. Достигается эффект комплексной борьбы с вредителями (IPM) на основе поддержания экологического баланса в почве.

Несбалансированное питание приводит к дисбалансу между полезными, антагонистическими и патогенными микроорганизмами. Последнее в свою очередь приводит к возникновению заболеваний растений.

Таким образом, комплексному управлению вредными организмами (IPM) следует уделять внимание с позиций формирования почвенного экологического баланса. При этом достигается цель фитосанитарного благополучия. Необходимо защитить экологический баланс между естественными вредными организмами на поверхности почвы, а также необходимо поддерживать экологический баланс в почве между полезными, антагонистическими и патогенными микроорганизмами. После того, как почвенная среда будет благоприятна для развития микроорганизмов, тогда эффективность комплексной профилактической стратегии в отношении вредителей (IPM) будет основой для создания безопасного, устойчивого

сельскохозяйственного производства. Модель IPM не только очень эффективна для борьбы с вредными организмами, но также повышает качество продукции растениеводства во Вьетнаме.

*Прикладной аспект результатов исследования*

Общность большинства современных лесных и полевых насаждений заключается в низком уровне гетерогенности. Эта особенность определяет и общность стратегии защиты лесных и полевых насаждений от паразитических организмов. Согласно данной стратегии, искусственно создаваемые экосистемы защищают сами себя на основе естественных адаптивных механизмов. В отношении полевых насаждений рекомендуется комплексная профилактическая стратегия защиты от паразитических организмов на основе экологического баланса между естественными паразитами на поверхности почвы и в почве, между полезными, антагонистическими и патогенными микроорганизмами, в лесных насаждениях рекомендуется формировать высоко гетерогенные мозаичные экосистемы.

### **Заключение**

Проблема защиты растений от паразитических организмов является глобальной. Во Вьетнаме современный, наиболее рациональный путь её решения заключается в развитии комплексной профилактической стратегии защиты растений, в лесных насаждениях Среднерусской лесостепи ключевой метод контроля вредных организмов также профилактический – формирование высоко гетерогенных мозаичных экосистем. Предложенные стратегии профилактической защиты растений отвечают принципам устойчивого развития биосферы.

### **Библиографический список**

1. Алимбек, Б. М. Механизированные равномерно-групповые рубки как средство улучшения состояния и продуктивности дубрав Казанского Поволжья / Б. М. Алимбек // Состояние и пути улучшения дубрав РСФСР. Воронеж: ВГУ, 1975. – С. 70-84.
2. Арефьев, Ю. Ф. Проблема защиты леса в условиях глобального потепления / Ю. Ф. Арефьев, Т. А. Парамонова // Проблемы лесной фитопатологии и микологии. – Минск, М., Петрозаводск, 2015. – С. 20-23.
3. Артюховский, А. К. К вопросу создания в очагах корневой губки сосновых насаждений, устойчивых к грибной инфекции / А. К. Артюховский, В. Н. Скрыпников, Ю. Ф. Арефьев // Сосновые леса России в системе многоцелевого лесопользования. – Воронеж, 1993. – С. 76-78.



4. Май Ван Чьи, Нгуен Тхи Тхуи Бинь. Влияние органических удобрений на рост, урожайность и болезни, вызываемые грибами *Phytophthora* на дурианах / Май Ван Чьи, Нгуен Тхи Тхуи Бинь // Матер. науч. конференции по защите растений при реструктуризации растений в Южных провинциях, Таунгуен, Вунгтау. 24-25 июня 2003 г. Университет сельского и лесного хозяйства города Хошимина, департамент защиты растений, компания SPC.

5. Нгуен Данг Нгиа. Влияние удобрения на кешью в дельте Меконга Вьетнама / Нгуен Данг Нгиа // Пищевая промышленность, сельское хозяйство. – 2003. – № 08. – С. 997.

6. Харченко, Н. А. Эффект группы в повышении биорезистентности насаждений / Н. А. Харченко, Ю. Ф. Арефьев // Лесной журнал. – 1999. – № 6. – С. 18-21.

7. Харченко, Н. Н. Формирование экосистемного разнообразия при искусственном лесовосстановлении / Н. Н. Харченко, М. А. Семёнов // Матер. междунар. науч.-техн. юбилейной конференции (21-22 мая 2015 года) ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». – Воронеж, 2012. – С. 189-192.

8. Arefjev, Yu. F. Breeding for pest resistance in forest trees / Yu. F. Arefjev // Forest genetics, breeding and physiology of woody plants. Moscow, 1989. – P. 154-155.

9. Kölling, Ch. Waldumbau unter den Vorzeichen des Klimawandels / Ch. Kölling, Ch. Ammer // AFZ Der Wald. – 2006. – № 20. – S. 1086-1089.

10. Ramos, R. G. Gene-environment interactions in the development of complex disease phenotypes [Text] / R. G. Ramos, K. Olden // Int. J. Environ. Res. Public. – 2008. – Vol. 5. – P. 4-11.

11. Shannon, C. E. A mathematical theory of communication [Text] / C. E. Shannon // The Bell System Technical Journal. – 1948 – N.Y., 1993. – P. 8-111.

### References

1. Alimbek B. M. The mechanized uniform and group cabins as means of improvement of a state and efficiency of oak groves of the Kazan Volga region. State and ways of improvement of oak groves of RSFSR. Voronezh: VSU, 1975. P. 70-84.

2. Arefjev Y. F., Paramonova T. A. Problem of protection of the wood in the conditions of global warming // Problems of forest phytopathology and mycology. Minsk, Moscow, Petrozavodsk, 2015. P. 20-23.

3. Artukhovskiy A. K., Skripnikov V. N., Arefjev Y. F. To a question of creation in the centers of a root sponge of the pine plantings steady against a mushroom infection // The pine woods of Russia in the system of multi-purpose forest exploitation. Voronezh, 1993. P. 76-78.

4. Mai Văn Trivà Nguyễn Thị Thúy Bình, 2003. Ảnh hưởng của phân bón hữu cơ đối với sinh trưởng, năng suất và bệnh *Phytophthora* trên cây sầu riêng // Kỹ thuật Hội thảo khoa học BTVT phục vụ chuyển đổi cơ cấu cây trồng ở các tỉnh phía Nam và Tây Nguyên, Vũng Tàu, 24-25/6/2003. Đại học Nông Lâm TP HCM, Cục BTVT, Công ty SPC.

5. Nguyễn Đăng Nghĩa. Hiệu lực của phân bón đối với cây Dẻ ở vùng Đồng bằng Nam Bộ // Nông nghiệp công nghiệp thực phẩm. 2003. Số 08. Tr. 997.

6. Khartshenko N. A., Arefjev Y. F. Effect of group in increase in bioresistance of plantings. Forest magazine. 1999. № 6. P. 18-21.

7. Khartshenko N. N., Semenov M. A. Formation of an ecosystem variety at artificial reforestation // Materials of the international scientific and technical anniversary conference (on May 21-22, 2015), FGBOU IN "VGLTU". Voronezh, 2012. P. 189-192.

8. Arefjev Yu. F. Breeding for pest resistance in forest trees // Forest genetics, breeding and physiology of woody plants. M., 1989. P. 154-155.

9. Kölling Ch. Waldumbau unter den Vorzeichen des Klimawandels // AFZ Der Wald. 2006. № 20. S. 1086-1089.

10. Ramos R. G., Olden K. Gene-environment interactions in the development of complex disease phenotypes // Int. J. Environ. Res. Public. 2008. Vol. 5. P. 4-11.

11. Shannon C. E. A mathematical theory of communication // The Bell System Technical Journal. 1948. N. Y., 1993. P. 8-111.

### Сведения об авторах

*Арефьев Юрий Фёдорович* – профессор кафедры экологии, защиты леса и лесного охотоведения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», доктор биологических наук, профессор, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: arefjev@voronezh.net.

*НгуенТхи Лан Хыонг* – кандидат биологических наук, Институт биотехнологий и пищевых технологий, Индустриальный университет Хошимина, г. Хошимин, Вьетнам; e-mail: nguyenthilanhuong@iuh.edu.vn.

### Information about authors

*Arefiev Yuriy Fedorovich* – Professor, FBEI HE –Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov”, Voronezh, Russian Federation; e-mail: arefjev@voronezh.net.

*Nguen Thi Lan Huong* – PhD (Biology), Institute of Biotechnology and Food Technology, Industrial University of Ho Chi Minh City, Ho Chi Minh City, Vietnam; e-mail: nguyenthilanhuong@iuh.edu.vn.

DOI: 10.12737/article\_5c92016be32837.67261757

УДК 628.3

### ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ ОЧИЩЕННОГО ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ

доктор сельскохозяйственных наук, профессор **Л.В. Брындина**<sup>1</sup>

аспирант **О.В. Бакланова**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация

Разработан способ переработки осадка сточных вод в органическое удобрение. Осадок был получен в результате очистки сточных вод актиномицетом *Str. chromogeness.g 0832*. Этот микроорганизм проявляет высокую специфичность к белковым загрязнениям сточных вод. Установлено, что ведущую роль в очистке стоков играют ферментные системы микроорганизма. На первом этапе очистка сточных вод в большей степени протекает за счет электростатических сил, а уже затем за счет образования мостиков между дисперсными частицами через клетки актиномицета. Степень очистки сточных вод составила от 91,2 до 98,8 %. Полученный после очистки стоков осадок является ценным белковым продуктом. Содержание органического вещества составило 67,4 %. Внесение такого осадка в почву положительно влияло на скорость роста растений. Растения, растущие в грунте с добавлением осадка сточных вод, были выше контрольных образцов: сальвия на 40-70 %, альтернантера на 60-88 %, лобелия на 50-75 %, цинерария на 26-50 %, циния на 40-87 %, бархатцы на 30-70 %. Скорость роста растений на опытных почвах коррелировала с дозой вносимого в грунт осадка сточных вод. Эта зависимость сохранялась на протяжении всего эксперимента. Наилучший эффект соответствовал дозе вносимого осадка сточных вод 30 г/м<sup>2</sup>. У всех опытных растений увеличивалось количество листьев, их площадь, окраска была более темной, насыщенной. Максимальная скорость роста приходится на 20-30-е сутки. Полученный осадок сточных вод после биосорбционной очистки микроорганизмом *Str. chromogeness.g. 0832* может эффективно применяться в качестве биоудобрения в ландшафтном озеленении.

**Ключевые слова:** биологическая очистка сточных вод, актиномицеты, осадок сточных вод, органическое удобрение, ландшафтное озеленение.

## INFLUENCE OF BIOLOGICALLY PURIFIED DRAINAGE OF WASTEWATER ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF DECORATIVE PLANTS

DSc (Agriculture), Professor **L. V. Bryndina**<sup>1</sup>

Post-graduate student **O. V. Baklanova**<sup>1</sup>

1 – FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov»,  
Voronezh, Russian Federation

### Abstract

A method for processing sewage sludge into organic fertilizer has been developed. The sludge was obtained as a result of wastewater treatment with *Str. chromogeness.g 0832* actinomycete. This microorganism exhibits high specificity to wastewater protein contaminants. It has been established that the enzyme systems of the microorganism play a leading role in wastewater treatment. At the first stage, wastewater treatment largely proceeds due to electrostatic forces, and only then due to the formation of bridges between dispersed particles through actinomycete cells. The degree of wastewater treatment ranged from 91.2 to 98.8 %. The sludge obtained after sewage treatment is a valuable protein product. The organic matter content was 67.4%. The introduction of such sediment into the soil had a positive effect on the growth rate of plants. Plants growing in the ground with the addition of sewage sludge were higher than the growing rate in control samples: salvia – by 40-70 %, alternanthera – by 60-88 %, lobelia – by 50-75 %, cineraria – by 26-50 %, zinnia – by 40-87 %, marigolds – by 30-70 %. The plant growth rate on the experimental soils correlated with the dose of sewage sludge applied to the soil. This dependence persisted throughout the experiment. The best effect corresponded to a dose of applied sewage sludge of 30 g/m<sup>2</sup>. All experimental plants increased the number of leaves, their area; the color was darker and deeper. The maximum growth rate falls on the 20-30<sup>th</sup> day. The resulting sewage sludge (after biosorption purification by *Str. chromogeness.g 0832* microorganism) can be effectively used as a bio-fertilizer in landscape gardening.

**Keywords:** biological wastewater treatment, actinomycetes, sewage sludge, organic fertilizer, landscape gardening.

### Введение

Ежегодно в России при биохимической очистке 15 млрд м<sup>3</sup> сточных вод на предприятиях жилищно-коммунального хозяйства образуется около 1 млрд м<sup>3</sup> осадков сточных вод (ОСВ) влажностью 98 %, которые содержат 70-90 % органических и 30-10 % минеральных веществ.

Основным способом утилизации осадков сточных вод в настоящее время является механическое обезвоживание, складирование и накопление обезвоженных осадков на иловых картах или илонакопителях [1, 9, 11, 13]. С увеличением объемов осадков сточных вод, не пригодных к утилизации, требуется все больше площадей для их размещения, а увеличение стоимости земель приводит к неуклонному росту средств на эксплуатацию и обслуживание мест складирования. Хранение осадков сточных вод на иловых площадках сопровождается экологическими рисками загрязнения поверхностных и подземных вод, почв, растительности. То есть существующие традиционные технологии не отвечают современным экологическим и техниче-

ским требованиям, не позволяют использовать энергетический и ресурсный потенциал отходов [16].

Таким образом, переработка осадков сточных вод является одной из актуальных, приоритетных задач, направленной на снижение и предотвращение негативного воздействия на объекты окружающей среды.

Анализ публикаций по использованию осадков сточных вод (ОСВ) подтвердил, что одним из перспективных направлений их переработки является возможность их утилизации в качестве органических удобрений [17].

В настоящее время, несмотря на острый дефицит органических удобрений, обеспеченность которыми составляет не более 12-15 %, сельскохозяйственное использование прошедших обработку осадков сточных вод в России не превышает 7 %, в то время как за рубежом, в европейских странах, оно достигает 40 % и более. Отечественной и зарубежной наукой и практикой доказана целесообразность эффективного и экологически безопасного

использования осадков сточных вод в агроценозах сельскохозяйственных культур в качестве ценных удобрений [16].

Осадки относятся к IV классу опасности (малоопасные отходы). Их опасность для окружающей среды связана с содержанием токсичных компонентов (Cd, Cu, Ni, Pb, Cr, Zn, Hg, As, Mn), уровень которых превышает фоновое содержание в природных объектах [12]. Это препятствует их утилизации в сельском хозяйстве и затрудняет применение таких осадков в качестве рекультивантов нарушенных земель. Следовательно, в зависимости от способа очистки стоков решается вопрос о том, может ли полученный после очистки осадок использоваться в качестве удобрения или нет. В последнее время получили развитие биосорбционные способы очистки стоков. При этом следует обратить внимание на то, что данный способ обеспечивает не только высокий процент очистки, но и такой уровень воздействия на экосистемы, при котором последние сохраняют свой потенциал. Поэтому применение биосорбционной очистки сточных вод позволит стабилизировать природное равновесие в экосистеме. Согласно литературным данным, наибольшее применение в качестве биофлоулянтов нашли бактерии родов *Pseudomonas*, *Bacillus*, а также микроскопические грибы *Penicillium*, *Aspergillus* [14, 15]. Несмотря на то что в состав активного ила входят актиномицеты, их сорбционные свойства, а также возможность использования в качестве самостоятельного флокулирующего агента остаются до настоящего времени практически не исследованными. При этом особая роль в микробном водном сообществе отводится роду *Streptomyces*. Благодаря лабильности ферментативного аппарата, представители рода *Streptomyces* легко приспособляются к изменяющимся условиям среды обитания, а высокая антагонистическая активность позволяет им подавлять или полностью угнетать жизнедеятельность других бактерий [8].

В связи с этим целью исследования было разработать способ переработки осадка, полученного в результате очистки сточных вод актиномицетом *Str. chromogeness.g 0832*.

### Материалы и методы

Объектами исследования являлись осадки сточных вод, полученные после очистки стоков актиномицетом *Str. chromogeness.g 0832* [4]. Характеристика этого осадка подробно представлена в [5, 6].

### Результаты и обсуждение

В своих исследованиях мы использовали актиномицет *Str. chromogeness.g. 0832*. Этот микроорганизм обладает специфичной к компонентам стока ферментной системой. Кроме того клетки *Str. chromogeness. g. 0832* имеют вид тонких длинных ветвящихся нитей (рис. 1), которые позволяют увеличить поверхность контакта с загрязняющими веществами. Следует отметить, что клеточные стенки актиномицетов, как и всех грамположительных бактерий, состоят в основном из гликопептидов, полисахаридов, которые усиливают флокулирующий эффект (первый флокулянт природного происхождения – крахмал), т. е. образование крупных агрегатов, которые быстрее, чем при коагуляции, оседают под действием силы тяжести.

Экспериментально было установлено, что значительная роль в процессе биофлокуляции принадлежит ферментным системам актиномицета.

Проведенные исследования позволили сделать вывод о том, что на первом этапе очистки сточных вод в большей степени протекает за счет электростатических сил, а уже затем за счет образования мостиков между дисперсными частицами через клетки актиномицета. Это подтверждают также данные, представленные на рис. 2. Обработку стока проводили:

- 1) культуральной жидкостью *Str. chromogeness. g. 0832*, содержащей ферменты (протеазу и кератиназу) и живые клетки микроорганизма (КЖ);
- 2) фильтратом, содержащим только ферменты (протеиназу и кератиназу) (Ф);
- 3) биомассой микроорганизма *Str. chromogeness. g. 0832* (Б).

Из рисунка видно, что лучше всего процесс очистки проходил при внесении в сточную воду живой культуры микроорганизма, т. е. ферменты, выделяемые актиномицетом в окружающую среду (сточную воду), играют ведущую роль на первом этапе очистки, а затем в очистку включается и сама биомасса. Степень очистки составила 98,8 %. Био-

масса по эффективности очистки в данном эксперименте занимает второе место. Разрушенные клетки микроорганизма не дают дополнительного количества ферментов для очистки стока, но за счет накопившихся ферментов и самого мицелия эффективность очистки выше, чем при очистке стока фильтратом культуральной жидкости, содержащей только ферменты, успевшие выделиться на этапе биосинтеза *Str. chromogeness. g. 0832*. Очистка сточных вод биомассой достигла 94,4 %. Фильтрат культуральной жидкости обеспечил степень очистки на уровне 91,2 %. Специфичный состав сточных вод с высоким содержанием белковых примесей обеспечил также высокое содержание органической составляющей в ОСВ (67,4 %). Проведенные исследования показали отсутствие фитотоксичности у данного ОСВ [6].

Анализ состава осадков сточных вод [2, 7, 10] показывает, что по органическому веществу они существенно превышают требуемое значение. Соответственно, и содержание общего азота намного больше, чем предусмотрено ГОСТ Р. 17.4.3.07 – 2001 «Охрана природы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений».

Физико-химические показатели полученного продукта представлены в табл. 1. Как видно из данных, представленных в табл. 1, предлагаемый осадок удовлетворяет нормативным требованиям и может быть рекомендован как ценный белковый продукт.

Проведенные исследования по использованию ОСВ, полученного в результате очистки сточных вод *Streptomyceschromogeness. g. 0832*, в качестве удобрения показали реальную возможность его применения в данном качестве. Наиболее приемлемым в этом случае было бы использование его в озеленении и благоустройстве городских территорий.

Результаты экспериментальных данных показали, что внесение в основной грунт ОСВ значительно увеличивало скорость роста растений. Все они превышали контрольные образцы в течение всего периода наблюдения. На завершающей

стадии опыта растения, растущие в грунте с ОСВ, были выше контрольных образцов: сальвия на 40-70 %, альтернантера на 60-88 %, лобелия на 50-75 %, циненария на 26-50 %, циния на 40-87 %, бархатцы на 30-70 % в зависимости от дозы внесения ОСВ. У всех опытных растений увеличивалось количество листьев, их площадь, окраска была более темной, насыщенной.

Следует отметить также, что на грунте с добавлением осадка сточных вод растения достигали 50 % размера контрольных образцов уже на 20-е сутки, в то время как сами контрольные образцы достигали этого размера только на 30-40-е сутки. Максимального размера контрольных образцов опытные растения достигали на 30-40-е сутки, что в 2 раза опережало развитие контрольных.

Результаты экспериментальных данных, представленных в табл. 2-4, показывают, что максимальная скорость роста приходится на 20-30-е сутки. Скорость роста растений на опытных почвах коррелировала с дозой вносимого в грунт осадка сточных вод. Эта зависимость сохранялась на протяжении всего эксперимента. Наилучший эффект соответствовал дозе вносимого осадка сточных вод 30 г/м<sup>2</sup> (табл. 4).

### Выводы

Таким образом, полученный осадок сточных вод после биосорбционной очистки микроорганизмом *Str. chromogeness.g. 0832* может эффективно применяться в качестве биоудобрения в ландшафтном озеленении.

Несбалансированность химического состава ОСВ может быть устранена дополнительным внесением минеральных удобрений, четким подбором дозы вносимых ОСВ. При этом следует учитывать, что качество осадков имеет меньшее значение, если они применяются под технические культуры. Использование ОСВ в качестве биоудобрения позволит обеспечить рынок органических удобрений России современным и эффективным продуктом.

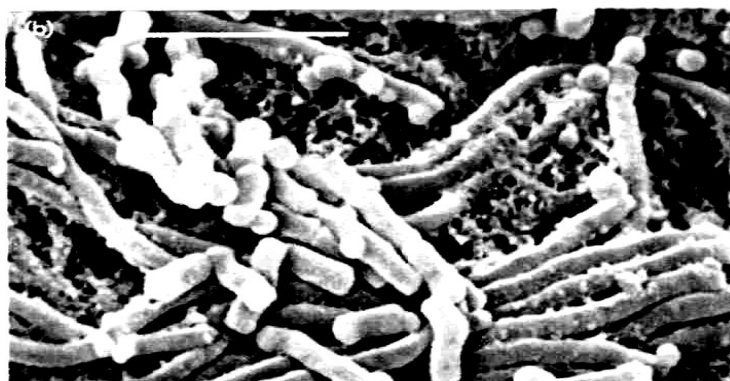


Рис. 1. Микрофотографии воздушного мицелия актиномицета *Streptomyces chromogenes*, g.0832 (увеличение 15x 90)

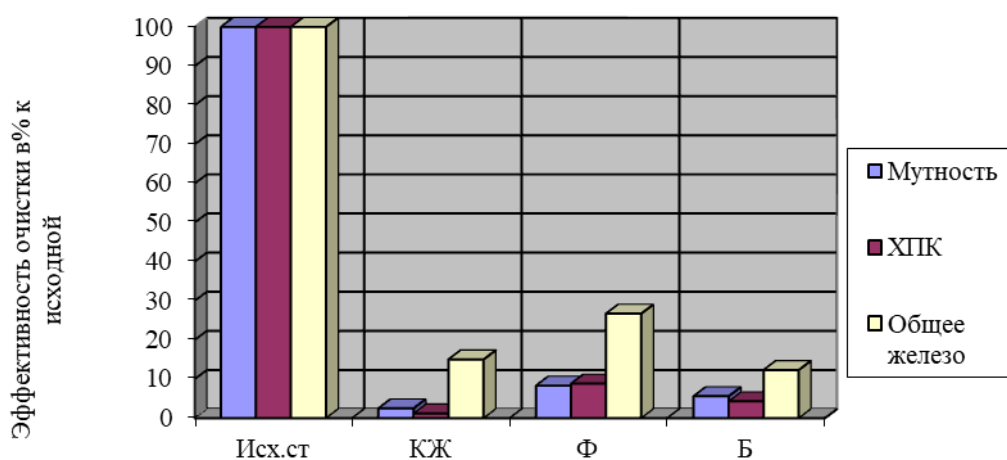


Рис. 2. Влияние условий проведения флокуляции на эффективность очистки отработанных технологических жидкостей

Таблица 1

Физико-химические показатели кормовых добавок и ОСВ

Наименование показателей, массовая доля, %	Мука мясокостная (ГОСТ 17536-82)	Мука костная (ГОСТ 17536-82)	Дрожжи кормовые (ГОСТ 20083-74)	Подсолнечный шрот (ГОСТ 11246-96)	ОСВ
Влага	10	9	7-10	7-10	12-15
Протеин	30-50	20	38-51	39	67,4
Жир	13-20	10	2,2-3,1	1,5	7,6
Зола	26-38	61	3,9-7,1	6,5	10



Таблица 2

Влияние 10 г/м<sup>2</sup> ОСВ на рост декоративных растений, применяемых в озеленении г. Воронежа

Об-раз-цы*	Длина растения, % от контрольного максимального																	
	10 сут.		20 сут.		30 сут.		40 сут.		50 сут.		60 сут.		70 сут.		80 сут.		90 сут.	
	О С В	К	О С В	К	О С В	К	О С В	К	О С В	К	О С В	К	О С В	К	О С В	К	О С В	К
1	32	28	56	48	92	60	108	68	120	80	140	92	156	100	160	100	160	100
2	27	19	62	31	89	58	104	65	115	89	129	96	140	98	144	100	144	100
3	40	35	95	55	115	70	125	70	135	75	145	90	150	100	150	100	150	100
4	24	20	50	40	76	60	102	80	110	86	120	94	126	100	126	100	126	100
5	29	27	44	38	77	47	96	58	109	71	127	82	140	100	140	100	140	100
6	18	14	34	22	56	46	72	68	106	94	120	100	130	100	130	100	130	100

\*1 – альтернантера, 2 – сальвия, 3 – лобелия, 4 – цинерария, 5 – циния, 6 – бархатцы.

Таблица 3

Влияние 20 г/м<sup>2</sup> ОСВ на рост декоративных растений, применяемых в озеленении г. Воронежа

Об-раз-цы*	Длина растения, % от контрольного максимального																	
	10 сут.		20 сут.		30 сут.		40 сут.		50 сут.		60 сут.		70 сут.		80 сут.		90 сут.	
	О С В	К	О С В	К	О С В	К	О С В	К	О С В	К	О С В	К	О С В	К	О С В	К	О С В	К
1	32	28	76	48	108	60	136	68	164	80	180	92	188	100	188	100	188	100
2	29	19	75	31	92	58	110	65	125	89	142	96	152	98	154	100	154	100
3	45	35	110	55	115	70	135	70	150	75	160	90	165	100	165	100	165	100
4	26	20	54	40	90	60	116	80	126	86	134	94	140	100	140	100	140	100
5	31	27	53	38	84	47	113	58	142	71	156	82	156	100	156	100	156	100
6	22	14	48	22	92	46	106	68	128	94	144	100	152	100	152	100	152	100

\*1 – альтернантера, 2 – сальвия, 3 – лобелия, 4 – цинерария, 5 – циния, 6 – бархатцы.

Таблица 4

Влияние 30 г/м<sup>2</sup> ОСВ на рост декоративных растений, применяемых в озеленении г. Воронежа

Об-раз-цы*	Длина растения, % от контрольного максимального																	
	10сут.		20сут.		30сут.		40сут.		50сут.		60сут.		70сут.		80сут.		90сут.	
	О С В	К	О С В	К	О С В	К	О С В	К	О С В	К	О С В	К	О С В	К	О С В	К	О С В	К
1	32	28	76	48	108	60	136	68	164	80	180	92	188	100	188	100	188	100
2	29	19	77	31	104	58	115	65	129	89	146	96	169	98	173	100	173	100
3	45	35	125	55	135	70	145	70	155	75	170	90	175	100	175	100	175	100
4	26	20	68	40	94	60	120	80	130	86	140	94	150	100	150	100	150	100
5	31	27	58	38	100	47	127	58	153	71	178	82	187	100	187	100	187	100
6	22	14	54	22	92	46	134	68	146	94	156	100	170	100	170	100	170	100

\*1 – альтернантера, 2 – сальвия, 3 – лобелия, 4 – цинерария, 5 – циния, 6 – бархатцы.

**Библиографический список**

1. Аграноник, Р. Я. Технология обработки осадков сточных вод с применением центрифуг и ленточных фильтр-прессов / Р. Я. Аграноник. – М. : Стройиздат, 1985. – 144 с.

2. Архипченко, И. А. Полифункциональные микробные удобрения / И. А. Архипченко // Наука в России. – 1999. – № 6. – С. 62-64.
3. Барболина, И. И. Использование триптофана органических удобрений для биосинтеза индолил-3-уксусной кислоты почвенными микроорганизмами / И. И. Барболина, Л. В. Кравченко, И. А. Архипченко // Сельскохозяйственная биология. – 1999. – № 3. – С. 87-90.
4. Брындина, Л. В. Современные возможности утилизации осадков сточных вод / Л. В. Брындина, К. К. Полянский, Д. С. Лазарев // Вестник Тамбовского университета. Сер. Естественные и технические науки. – 2016. – Т. 21. – Вып. 1. – С. 297-301.
5. Брындина, Л. В. Применение осадка сточных вод в качестве биоудобрения [Текст] / Л. В. Брындина, К. К. Полянский, Н. В. Стазаева // Аграрная наука. – 2016. – № 4. – С. 2-3.
6. Брындина, Л. В. Применение ОСВ в сельскохозяйственном производстве / Л. В. Брындина, К. К. Полянский // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2017. – № 4. – С. 31-34.
7. Захаров, Н. Г. Эффективность использования осадков сточных вод в качестве удобрения сельскохозяйственных культур в зернопропашном севообороте: дис.... канд. с/х. наук: 06.01.01., 03.00.16: защищена 27.02.04 / Н. Г. Захаров. – Ульяновск, 2004. – 194 с.
8. Зенова, Г. М. Разнообразие актиномицетов в наземных экосистемах / Г. М. Зенова, Д. Г. Звягинцева. – М., 2002. – 132 с.
9. Медведев, Г. П. Канализация городов ФРГ / Г. П. Медведев. – Л. : Стройиздат, 1982. – 168 с.
10. Пахненко, Е. П. Осадки сточных вод и другие нетрадиционные органические удобрения: учеб. пособие / Е. П. Пахненко. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 311 с.
11. Риц, В. А. Методы обработки и утилизации осадков сточных вод предприятий гидролизной промышленности: обзорная информация. Серия II. Гидролиз растительного сырья. Вып. 3 / В. А. Риц, А. Н. Ильин. – М., 1983. – 40 с.
12. Титова, Т. С. Методология комплексной оценки влияния новых технологий на геоэкологическую обстановку / Т. С. Титова // Вестник ВНИИЖТ. – 2005. – С. 1-6.
13. Туровский, И. С. Технология и оборудование для биотермической обработки осадков сточных вод / И. С. Туровский. – М. : ЦБНТИ Министерство водного хозяйства, 1988. – 600 с.
14. Oleskin, A. V. Social behavior of microbial populations / A. V. Oleskin // J. Basic Microbiol. – 1994. – V. 34. – No 6. – P. 425-439.
15. Olofsson, A. C. Floc stability and adhesion of green-fluorescent-protein-marked bacteria to flocs in activated sludge / A. C. Olofsson, A. Zita, M. Hermansson // Microbiology. – 1998. – V. 144. – P. 519-528.
16. Совещание «О практических аспектах утилизации прошедших обработку осадков сточных вод» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://agrarian.council.gov.ru/activity/activities/other\\_activities/79450/](http://agrarian.council.gov.ru/activity/activities/other_activities/79450/) – Загл. с экрана.
17. Переработка осадков сточных вод и их утилизация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vodakanazer.ru/kanalizaciya/osadok-stochnyx-vod-eto.html>. – Загл. с экрана.

### References

1. Agranonik R. Ja. *Tehnologija obrabotki osadkov stochnyh vod s primenением centrifug i lentochnyh fil'tr-pressov*. М.: Strojizdat, 1985. 144 p. (In Russian).
2. Arhipchenko I. A. *Polifunkcional'nye mikrobnye udobrenija* [Nauka v Rossii]. 1999. no. 6. pp. 62-64 (In Russian).
3. Barbolina I. I., Kravchenko L. V., Arhipchenko I. A. *Ispol'zovanie triptofanaorganicheskikh udobrenij dlja biosinteza indolil-3-uksusnoj kisloty pochvennymi mikroorganizmami* [Sel'skohozjajstvennaja biologija]. 1999. no. 3. pp. 87-90 (In Russian).

4. Bryndina L. V., Poljanskij K. K., Lazarev D. S. *Sovremennye vozmozhnosti utilizacii osadkov stochnyh vod* [Vestnik Tambovskogo universiteta. Ser. Estestvennye i tehnicheckie nauki]. 2016. vol. 21. no. 1. pp. 297-301 (In Russian).
5. Bryndina L. V., Poljanskij K. K., Stazaeva N. V. *Primenenie osadka stochnyh vod v kachestve bioudobrenija* [Agrarnaja nauka]. 2016. no. 4. pp. 2-3 (In Russian).
6. Bryndina L. V., Poljanskij K. K. *Primenenie OSV v sel'skohozjajstvennom proizvodstve* [Teoreticheskie i prikladnye problemy agropromyshlennogo kompleksa]. 2017. no. 4. pp. 31-34 (In Russian).
7. Zaharov N. G. *Jeffektivnost' ispol'zovanija osadkov stochnyh vod v kachestve udobrenija sel'skohozjajstvennyh kul'tur v zernopropashnom sevooborote: dis. ... kand. s/h. nauk: 06.01.01., 03.00.16: zashhishhena 27.02.04* / N. G. Zaharov. Ul'janovsk, 2004. 194 p. (In Russian)
8. Zenova G. M., Zvjaginceva D. G. *Raznoobrazie aktinomicetov v nazemnyh jekosistemah*. Moscow, 2002. 132 p. (In Russian).
9. Medvedev G. P. *Kanalizacija gorodov FRG*. Leningrad: Strojizdat, 1982. 168 p. (In Russian)
10. Pahnenko E. P. *Osadki stochnyh vod i drugie netradicionnye organicheskie udobrenija: ucheb. posobie*. Moscow: BINOM. Laboratorija znaniy, 2009. 311 p. (In Russian)
11. Ric V. A., Il'in A. N. *Metody obrabotki i utilizacii osadkov stochnyh vod predpriyatij gidroliznoj promyshlennosti* [obzornaja informacija. Gidroliz rastitel'nogo syr'ja]. Moscow, 1983. Vol. II. No. 3. 40 p. (In Russian)
12. Titova T. S. *Metodologija kompleksnoj ocenki vlijanija novyh tehnologij na geojekologicheskiju obstanovku* [Vestnik VNIIZhT]. 2005. pp. 1-6 (In Russian)
13. Turovskij I. S. *Tehnologija i oborudovanie dlja biotermicheskoj obrabotki osadkov stochnyh vod*. Moscow: CBNTI Ministerstvo vodnogo hozjajstva, 1988. 600 p.
14. Oleskin A. V. *Social behavior of microbial populations* [J. Basic Microbiol.]. 1994. vol. 34. no. 6. pp. 425-439.
15. Olofsson A. C., Zita A., Hermansson M. *Floc stability and adhesion of green-fluorescent-protein-marked bacteria to flocs in activated sludge* [Microbiology]. 1998. vol. 144. pp. 519-528.
16. *Soveshhanie «O prakticheskikh aspektah utilizacii proshedshih obrabotku osadkov stochnyh vod»*. URL: [http://agrarian.council.gov.ru/activity/activities/other\\_activities/79450/](http://agrarian.council.gov.ru/activity/activities/other_activities/79450/).
17. *Pererabotka osadkov stochnyh vod i ih utilizacija*. URL: <https://vodakanazer.ru/kanalizaciya/osadok-stochnyx-vod-eto.html>.

### Сведения об авторах

*Брындина Лариса Васильевна* – профессор кафедры безопасности жизнедеятельности и правовых отношений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», доктор сельскохозяйственных наук, доцент, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: bryndinv@mail.ru.

*Бакланова Ольга Васильевна* – старший преподаватель кафедры безопасности жизнедеятельности и правовых отношений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», аспирант, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: baklanova.olga.72.

### Information about authors

*Larisa V. Bryndina* – Professor of the Department of life safety and legal relations, FBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Associate Professor, Voronezh, Russian Federation; e-mail: bryndinv@mail.ru.

*Olga V. Baklanova* – senior lecturer, Department of life safety and legal relations, FBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», post-graduate student, Voronezh, Russian Federation; e-mail: baklanova.olga.72.

DOI: 10.12737/article\_5c92016c7c7264.61401393

УДК 630\*18+581.5

## ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ РУБОК НА СТРУКТУРУ ТРАВЯНО-КУСТАРНИЧКОВОГО ЯРУСА ЧЕРНИЧНЫХ ТИПОВ ЛЕСА

кандидат сельскохозяйственных наук **А.С. Ильинцев**<sup>1,2</sup>

кандидат сельскохозяйственных наук **И.Б. Амосова**<sup>2</sup>

доктор сельскохозяйственных наук, профессор **С.В. Третьяков**<sup>2</sup>

1 – ФБУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства», г. Архангельск, Российская Федерация

2 – ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», г. Архангельск, Российская Федерация

Эколого-биологические исследования проведены в смешанных насаждениях, которые были пройдены различными видами рубок: сплошными узколесосечными, длительно-постепенными и проходными. Цель исследования заключалась в анализе структуры травяно-кустарничкового яруса после проведения рубок в смешанных древостоях. Объекты исследования расположены в таежной зоне в северо-таежном районе европейской части РФ. Исходные насаждения были представлены смешанными сосново-елово-березовыми древостоями черничного типа леса, которые произрастали на легкосуглинистых подзолистых почвах. Для оценки травяно-кустарничкового яруса провели геоботанические описания в пределах учетных площадок (размер от 25 до 100 м<sup>2</sup>). В полевые периоды 2015-2017 гг. составили 70 геоботанических описаний. Для изучения дифференциации травяно-кустарничкового яруса применили таксономический, биоморфологический и экологический анализы. Результаты таксономического анализа показали, что в каждом варианте исследования выделено от 3 до 5 ведущих семейств. Наибольшее количество видов относится к семействам: Poaceae, Asteraceae, Scrophulariaceae. По абсолютной численности количество родов и видов выше в естественном сообществе, где не проводились рубки. Эколого-ценотический анализ показал, что на всех участках преобладают две группы: мелкотравная от 29 до 50 % и кустарнички и вечнозеленые травы – от 20 до 27 %. Построенные спектры биоморф свидетельствуют о том, что на волоках и лесопогрузочных площадках преобладают длиннокорневищные и короткорневищные жизненные формы, что указывает на нарушение лесной подстилки и сложившийся уровень задернения. Анализ экологических стратегий видов по Дж. Грайму показал, что стресс-толерантов (S) меньше всего в вариантах со сплошными рубками (15 %) и больше всего в нетронутом насаждении (33 %). Результаты эколого-биологических исследований показали, что сплошные узколесосечные рубки повлияли на преобразование и формирование травяно-кустарничкового яруса, по сравнению с несплошными рубками. Разрастание и видовое разнообразие напочвенного покрова зависит от технологического элемента лесосеки (пасака, волок, лесопогрузочные пункты), его нарушенности и возраста вырубки.

**Ключевые слова:** бореальные леса, травяно-кустарничковый ярус, экологическая структура, сосудистые растения

## THE EFFECT OF DIFFERENT CUTTINGS ON THE ECOLOGICAL-BIOLOGICAL STRUCTURE OF THE GRASS-SHRUB LAYER IN THE BLUEBERRY FOREST

PhD (Agriculture) **A.S. Ilintsev**<sup>1,2</sup>

PhD (Agriculture) **I.B. Amosova**<sup>2</sup>

DSc (Agriculture), Professor **S.V. Tretyakov**<sup>2</sup>

1 – Federal Budget Institution «Northern Research Institute of Forestry», Arkhangelsk, Russian Federation

2 – Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Northern (Arctic) Federal University named M.V. Lomonosov», Arkhangelsk, Russian Federation

### Abstract

We carried out ecological and biological studies in mixed forest stands after different types of cuttings: clear-narrow, long-gradual and thinning. The purpose of the study is to analyze the structure of the grass-shrub layer after cuttings in mixed forest stands. The objects of research are located in the taiga zone in the North taiga region of the European part of Russia. The original forests were represented by mixed pine-spruce-birch stands of blueberry forest type, which grew on light-loamy podzolic soils. We conducted geobotanical descriptions within the accounting sites (size from 25 to 100 m<sup>2</sup>) to assess the grass-shrub layer. We made 70 geobotanical descriptions in the field periods 2015-2017. We applied taxonomic, biomorphological and ecological analyses to study the differentiation of the grass-shrub layer. The results of the taxonomic analysis showed that in each variant of the study from 5 to 3 leading families were identified. The largest number of species belongs to the families: Poaceae, Asteraceae, Scrophulariaceae. The number of genera and species in absolute numbers is higher in the natural community where cuttings did not carried out. Ecological-cenotic analysis showed that in all the studied areas two groups prevail: boreal (small-grass) from 29 to 50% and boreal (shrubs and evergreen grasses) from 20 to 27 %. The constructed biomorphic spectra indicate that there is a high proportion of turf life form on skidding trails and landing sites, which indicates violations of the forest floor and a certain degree of turfing. The analysis of species ecological strategies according to George Grime showed that Stress-tolerant species (S) are least in variants with clear-cuttings (15 %) and most in uncut forest (33 %). The results of complex research showed that the clear-narrow cuttings affected the conversion and the formation of the herb-dwarf shrub layer, compared to selective logging. The distribution and species diversity of the ground cover depends on the technological element of the cutting area (cutting strip, skidding trails and landing sites), its disturbance and age of cutting.

**Keywords:** Boreal forest, grass-shrub layer, ecological structure, vascular plants

### Введение

Древесный полог играет важную роль в формировании живого напочвенный покрова, поэтому любое нарушение структуры древостоя приводит к изменению в составе и строении нижних ярусов растительности. Основным видом нарушений лесорастительной среды выступают рубки леса, которые могут привести к деградации лесов и потере биоразнообразия [6, 13]. В результате длительного лесопользования леса таежной зоны представляют собой мозаику сообществ на различных возрастных стадиях послерубочной сукцессии [3, 6].

Характер изменения напочвенного покрова вырубок зависит от способа рубки, технологии и сезона заготовки древесины [13]. Известно, что при

несплошных рубках в необходимой мере сохраняется лесорастительная среда, в связи с этим нижние ярусы растительности претерпевают менее резкие изменения по сравнению с широкомасштабными сплошными рубками [4, 17, 21, 22, 24]. Несплошные виды рубок не приводят к снижению обилия и видового богатства нижних ярусов растительности [17]. Однако после рубок складываются определенные условия для заселения и разрастания травянистых и злаковых видов растительности, в том числе внедрения заносных или случайных видов [13, 19, 22, 23].

После вырубki всего древостоя или его части изменяются микроклиматические условия, такие как освещенность, радиационный баланс, водный и

температурный режимы, физические, химические и биологические свойства почвы [7, 13, 17, 18]. Реакция лесных фитоценозов на рубку направлена на сохранение и потребление дополнительных ресурсов, в том числе на восстановление прежнего уровня продуктивности лесной экосистемы [2, 8]. Период, прошедший после проведения рубок, способствует восстановлению первоначальных свойств фитоценоза [19]. Ход сукцессии и период восстановления первоначальных свойств фитоценоза напрямую зависит от первоначального нарушения. Чем сильнее (масштабней) нарушение напочвенного и лесного покрова, тем сильнее отличается образующийся фитоценоз от исходного [13, 20]. Растительные сообщества могут проявлять сильную инерцию на рубку, и может пройти много лет, прежде чем станут видны все последствия нарушения [19]. В современных условиях значительное влияние на преобразование растительных сообществ играет воздействие лесозаготовительной техники во время технологических операций в связи с повреждением напочвенного и почвенного покровов.

Различные авторы отмечают, что фитоценозы сорной растительности весьма динамичны на вырубках [4, 5]. Напочвенный покров постоянно изменяется по составу и габитуальному развитию в процессе послерубочной сукцессии, образуются дополнительные экологические ниши, микрозоны, появляются биологические виды и разные эколого-ценотические группы. Во время технологических операций образуются четыре типа экотопов: ненарушенные, малонарушенные, средненарушенные и сильнонарушенные [13]. После рубок формируется совокупность разных фитоценозов, которые приурочены к определенным экотопам. По этой причине не всегда подтверждается жесткая детерминированность первоначальным условиям и растительным сообществам (тип леса). В различных природно-климатических условиях реакция нижних ярусов растительности на рубку не одинакова, поэтому существует потребность исследования этого вопроса для последующего прогнозирования.

Нарастающее влияние лесозаготовительной деятельности и значительное преобразование коренных лесов поднимает интерес к изучению реак-

ции видов напочвенного покрова и динамики растительных сообществ на различных стадиях послерубочных сукцессий.

**Цель исследования** – проанализировать происходящие изменения в структуре травяно-кустарничкового яруса после проведения различных видов рубок в смешанных сосново-елово-березовых древостоях черничного типа леса в северо-таежных лесах.

### **Материалы и методы**

В соответствии с лесорастительным районированием исследование проведено в Северо-таежном районе европейской части РФ на территории Архангельской области [10]. Лесистость территории составляет 75 %. Основными ценообразователями являются хвойные еловые (38 %) и сосновые леса (25 %), на границе ареала произрастания встречается лиственница, пихта. Мягколиственные древесные породы в основном представлены березой, осиной, единично встречаются ольха и ива. По возрастной структуре преобладают спелые и перестойные леса, доля которых составляет 60 % и постоянно сокращается. Изменение породного и возрастного состава лесов в основном вызвано рубками прошлого столетия, которые проводились без достаточных мер к воспроизводству лесных ресурсов.

По климатической характеристике район исследования относится к территории с континентальным климатом. Средняя годовая температура воздуха составляет 0,4 °С. Средняя температура самого теплого месяца (июль) – 16 °С, самого холодного (январь) – минус 14 °С. Среднее годовое количество осадков колеблется в пределах 380–690 мм, что приводит к избыточному увлажнению почв. На территории исследования преобладает подзолообразовательный процесс, который наиболее выражен в центральной части с глееподзолистыми, торфяно- и торфянисто-подзолисто-глеевыми, подзолистыми почвами и подзолами. В целом климатические условия благоприятны для произрастания преобладающих древесных пород.

Эколого-биологические исследования проведены в 2015–2017 гг. в смешанных сосново-елово-березовых насаждениях черничного типа

леса (III-IV класс бонитета), растущих на легкосуглинистых подзолистых почвах. Исходные лесные сообщества были пройдены различными (сплошными узколесосечными, длительно-постепенными рубками, рубками ухода). Контрольный участок расположен рядом с участком, где была проведена длительно-постепенная рубка 1993 г., и представляет исходную характеристику вырубленных лесных сообществ.

Длительно-постепенные рубки проведены в зимний период 1993-1995 гг. по среднепасечной технологии, интенсивность рубок по запасу составляла 40-50 %. Рубки осуществлялись бензомоторными пилами, а трелевка деревьев – трактором ТДТ-55А.

Сплошная рубка 2012 г. (второй прием длительно-постепенной рубки) является завершающим этапом части длительно-постепенной рубки 1993 г. и была проведена в зимний период с оставлением семенников лиственницы.

Сплошные рубки 1993-1994 гг. (лесопогрузочные пункты) проведены в летне-осенний сезон, и на них трелевали хлысты от длительно-постепенных рубок 1993-1995 гг., далее проводилась их раскряжевка и погрузка на лесовозные машины.

Проходные рубки проведены в летний период 2008, 2015-2017 гг. по среднепасечной технологии, интенсивность по запасу составляла 25-36 %. Проходная рубка 2008 г. была проведена бензомоторными пилами, а трелевка деревьев – трактором ТДТ-55А. Проходные рубки 2015-2017 гг. были проведены харвестером «Валмет 911.4», из середины пасаек бензомоторными пилами, а вывозка – форвардером «Komatsu 855».

Очистка всех лесосек осуществлялась путем укладки порубочных остатков на волокни одновременно с заготовкой древесины.

Для оценки травяно-кустарничкового яруса проводили геоботанические описания в пределах учетных площадок (в пасаках площадь 10×10 м; на волоках – 5×5 м), которые закладывались вдоль прямолинейных трансект через 30 м. В естественном лесном сообществе, которое не подвергалось рубкам, описание сделано на 5 учетных площадках (10×10 м), в пасаках и

волоках длительно-постепенных рубок 1993-1995 гг. – на 20 учетных площадках, на сплошной вырубке 2012 г. – на 5 учетных площадках, на сплошных вырубках 1993-1994 гг. – в пасаках и на волоках проходных рубок 2015-2017 гг. – на 30 учетных площадках, в пасаках и на волоках проходных рубок 2008 гг. – на 10 учетных площадках. Таким образом, всего было проанализировано 70 геоботанических описаний.

При анализе травяно-кустарничкового яруса учитывали современные экологические подходы [9]. На учетных площадках устанавливали общее проективное покрытие яруса и отдельного вида. Идентификацию обнаруженных видов растений проводили с использованием стандартных определителей [1, 14]. Наименование сосудистых растений давали по сводке С.К. Черепанова 1995 г. [15].

Для изучения дифференциации травяно-кустарничкового яруса на технологических элементах лесосек и в естественном сообществе применили таксономический анализ [16], биоморфологический анализ по К. Раункиеру и Н.А. Секретаревой [12], экологический анализ по эколого-ценотическим группам [9] и анализ экологических стратегий видов по Дж. Грайму (С – конкуренты, S – стресс-толеранты, R – рудералы) [1].

### Результаты исследований

Таксономический анализ травяно-кустарничкового яруса на сплошных узколесосечных вырубках и в сообществах, пройденных несплошными рубками, показал, что на всех исследуемых участках распределение таксонов по крупным систематическим группам совпадает с таковыми для северо-таежных флор Архангельской области [16]. Во время исследования влияния рубок на состояние травяно-кустарничкового яруса отмечено от 3 до 5 преобладающих семейств в каждом варианте (табл. 1). Доминируют одновидовые семейства, больше всего видов в одном семействе варьируется от 2 до 5. Преобладающие виды относятся к следующим семействам: Poaceae (5-2), Asteraceae (3), Scrophulariaceae (3-2). Эти же семейства наиболее постоянные на всех экспериментальных объектах. Количества родов и видов в естественном лесном

сообществе, где не проводились рубки, по сравнению с пасаками и волоками имеют схожие значения, хотя по абсолютной численности незначительно выше в естественном лесном сообществе. При анализе полученных данных выделено несколько особенностей, которые указывают на экологическую неоднородность условий в вариантах исследования. В нетронutom лесном фитоценозе и в пределах пасеки, пройденной рубкой более 25 лет назад, к одному из ведущих семейств относятся Orchidaceae. Большое количество видов этого семейства произрастают в области, весьма чувствительной к изменениям в среде их обитания, в особенности к влажности воздуха и субстрата, нарушениям почвенного покрова [11]. Во всех остальных вариантах виды из семейства Orchidaceae отсутствуют. В пасаках и на волоках длительно-постепенных и проходных рубок к преобладающему семейству относится Asteraceae. Виды этого семейства преимущественно произрастают на лугах, опушках и разреженных древостоях.

Более гетерогенными по таксономическим группам являются пасаки, пройденные рубками более 8 лет и лесопогрузочные пункты, тогда как на волоках, по всем вариантам, выше видовое богатство. На лесопогрузочных площадках 1993-1994 гг. зафиксировано максимальное количество разных ценотических групп (лесные, луговые и приуроченные к нарушенным растительным сообществам). Во всех вариантах исследования распределение видов по эколого-ценотическим группам показало, что преобладают Br\_m бореальная (мелкотравная) группа, доля которой составляет от 29 до 50 %, и Br\_k бореальная (кустарнички и вечнозеленые травы), доля которой равна от 20 до 27 % (рис. 1). Поэтому подтверждается схожесть лесорастительных условий во всех вариантах и типичность групп для северо-таежных лесов.

Можно выделить высокую долю Nm неморальной группы в нетронutom рубкой насаждении и на пасеке после проходной рубки 2008 г., интенсивностью менее 30 % (18 % и 21 % соответственно), что объясняется приуроченностью этой группы к ненарушенным лесным сообществам. Разнообразные эколого-ценотические

группы характерны для волоков и лесопогрузочных пунктов 1993-1994 гг., что указывает на неоднородность этих сообществ, в связи с тем, что образуется большое количество дополнительных экологических ниш.

Биоморфологический анализ травяно-кустарничкового яруса подтверждает зональную и фитоценотическую специфику (рис. 2 и 3). Преобладают криптофиты и высокая доля хамефитов (по К. Раункиеру), и длиннокорневищные и коротkokорневищные биоморфы (по Н.А. Секретаревой). Данные группы биоморф наиболее характерны для северных (бореальных) лесов, произрастающих на подзолистых почвах. В целом построенные спектры биоморф естественного лесного сообщества, в пасаках и на волоках сплошных рубок очень близки между собой, что косвенно указывает на схожие экологические условия. Из специфических отличий можно указать высокую долю дерновинной жизненной формы на волоках и лесопогрузочных пунктах, что указывает на нарушение лесной подстилки и сложившийся уровень задернения. Наиболее разносторонний биоморфологический спектр характерен для сплошных рубок 1993-1994 гг. На исходном этапе восстановительной сукцессии в лесном фитоценозе сформировалось большое количество экологических ниш, что привело к разнообразию биоморфологического спектра. На вырубке после сплошной рубки 2012 г. построенный спектр жизненных форм отличается наименьшим количеством биоморф. Это связано с начальным этапом восстановительной сукцессии, когда часть жизненных форм исчезла под воздействием сильных стрессовых факторов.

Расчеты индекса фитоценотической значимости показали, что во всех вариантах к наиболее высокому четвертому классу относятся *Vaccinium myrtillus* L. и *Vaccinium vitis-idaea* L., что подтверждает одинаковый тип лесорастительных условий. Точно также четвертый класс фитоценотической значимости имеют *Avenella flexuosa* (L.) Drej, *Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt и *Linnaea borealis* L. *Avenella flexuosa* имеет более высокий индекс фитоценотической значимости на волоках и сплошных рубках (волок, сплошная рубка – 3,1,



нетронутое насаждение – 2,6), что также подтверждает определенную степень нарушения и, как следствие, задернения напочвенного покрова. На волоках несплошных рубок и в варианте со сплошной рубкой 2012 г. к данному классу относятся *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. По результатам анализа видового состава растений во всех вариантах исследования отметили виды, которые встречаются только в естественном лесном сообществе, где не проводились рубки, и в пасаках: *Atragene sibirica* L., *Orthilia secunda* (L.) House, *Oxalis acetosella* L., *Vicia sylvatica* L., *Listera cordata* (L.) R. Br., *Goodyera repen* (L.) R. Br.

Эти виды более требовательны к условиям мест произрастания (освещенности, влажности воздуха и субстрата). На волоках несплошных рубок и лесопогрузочных пунктах 1993-1994 гг. произрастают виды, не отмеченные в естественном лесном сообществе, где не проводились рубки, и пасаках: *Trifolium repens* L., *Ranunculus acris* L., *Lathyrus pratensis* L., *Deschampsia cespitosa* (L.) Beauv., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Chamaenerion angustifolium*. Данные виды относятся к группе луговых и сорных, которые проявляются в лесных сообществах, подверженных нарушениям, или в «окнах» распада древостоя. *Calluna vulgaris* (L.) Hull выявлен только на лесопогрузочных площадках 1993-1994 гг. Данный вид часто встречается в лесных насаждениях, подвергнутых нарушениям как природного, так и антропогенного характера. Некоторые из этих видов являются видами-индикаторами, которые указывают определенную специфику условий произрастания. Например, *Atragene sibirica* является специализированным видом хвойных спелых и перестойных лесных сообществ. Этот вид был обнаружен только в естественном лесном сообществе, где не проводились рубки. *Listera cordata* – индикатор влажных почв, которые давно заняты лесными сообществами и не подвергались вспашкам. Данный вид отмечен в естественном лесном сообществе, где не проводились рубки, и в пасаках длительно-постепенных рубок 1993-1994 гг. *Calamagrostis epigeios* – индикатор нарушенных лесных сообществ. Вид встречался на волоках. Отмечено, что виды, произрастающие на

сплошных узколесосечных вырубках и на волоках, в первый-второй год после рубки испытывают наибольшее стрессовое воздействие по сравнению с пасаками несплошных рубок. Это воздействие проявляется в снижении жизненности, изменении окраски и увядании. При геоботаническом описании отмечена средняя и низкая жизненность большинства лесных травянистых растений, проявляющаяся в общем снижении проективного покрытия яруса (менее 65-55 %), низкорослости и снижением продуктивности (мало цветоносов и плодов). Отдельные виды, наиболее чувствительные к прямым солнечным лучам, приобрели фиолетовую окраску листьев и стебля (*Maianthemum bifolium*, *Linnaea borealis*, *Trientalis europaea* L.) – высокая концентрация антоциана, предохраняющая растения от ожогов. Такие виды в основном сохранились под зарослями кустарника, под кучами порубочных остатков и возле валежа.

Для детализации геоботанических описаний и возможности получения более полной картины различий между вариантами был проведен анализ экологических стратегий видов по Дж. Грайму [1] (рис. 4).

Однако данный анализ также не показал существенных различий между вариантами. Виды растений с выявленными первичными и переходными стратегиями встречаются во всех вариантах. В связи с этим в большинстве случаев процентное соотношение относительно стратегий очень похоже во всех вариантах. Наиболее наглядно отличаются нетронутые насаждения и сплошные рубки по двум видам стратегий. Стресс-толерантов (S) больше всего в нетронутом насаждении (33 %) и меньше всего в вариантах со сплошными рубками (15 %). Для нетронутых насаждений это наиболее многочисленная группа растений, которые в типичном случае создают живой напочвенный покров под пологом древостоя. Данная группа представлена кустарниками и многолетними травами небольшого обилия. Вырубки обычно занимают конкурентоспособные и экологически пластичные виды с переходными стратегиями, как это видно из рис. 1 – наиболее многочисленная группа на сплошных вырубках S/CSR (33 %), S/SC (15 %) и SR (10 %).

Количество таксонов в вариантах исследования (абсолютная численность)

Тип варианта	Количество		
	семейств	родов	видов
Контроль	20	26	28
	Poaceae (3), Orchidaceae (3), Pyrolaceae (2), Ericaceae (2), Scrophulariaceae (2)*		
Пасеки длительно-постепенных рубок 1993-1995 гг.	14	18	22
	Asteraceae (3), Orchidaceae (3), Poaceae (2), Ericaceae (2), Scrophulariaceae (2), Rosaceae (2)		
Волоки длительно-постепенных рубок 1993-1995 гг.	15	21	23
	Poaceae (5), Asteraceae (3), Ericaceae (2), Scrophulariaceae (2)		
Пасеки второго приема длительно-постепенной рубки (сплошная рубка 2012 г.)	12	13	15
	Poaceae (2), Ericaceae (2), Scrophulariaceae (2)		
Лесопогрузочные пункты (сплошные рубки 1993-1994 гг.)	22	26	30
	Poaceae (4), Scrophulariaceae (3), Pyrolaceae (2), Ericaceae (2), Fabaceae (2)		
Пасеки проходных рубок 2015-2017 гг.	18	20	21
	Poaceae (3), Asteraceae (2), Ericaceae (2), Scrophulariaceae (2)		
Волоки проходных рубок 2015-2017 гг.	19	22	25
	Poaceae (4), Ericaceae (2), Scrophulariaceae (2), Equisetaceae (2)		
Пасеки проходных рубок 2008 г.	16	22	23
	Asteraceae (3), Poaceae (3), Ericaceae (2), Scrophulariaceae (2), Fabaceae (2)		
Волоки проходных рубок 2008 г.	16	22	23
	Asteraceae (3), Poaceae (3), Scrophulariaceae (3), Ericaceae (2)		

Примечание: \* – отмечены ведущие семейства и количество видов в скобках.

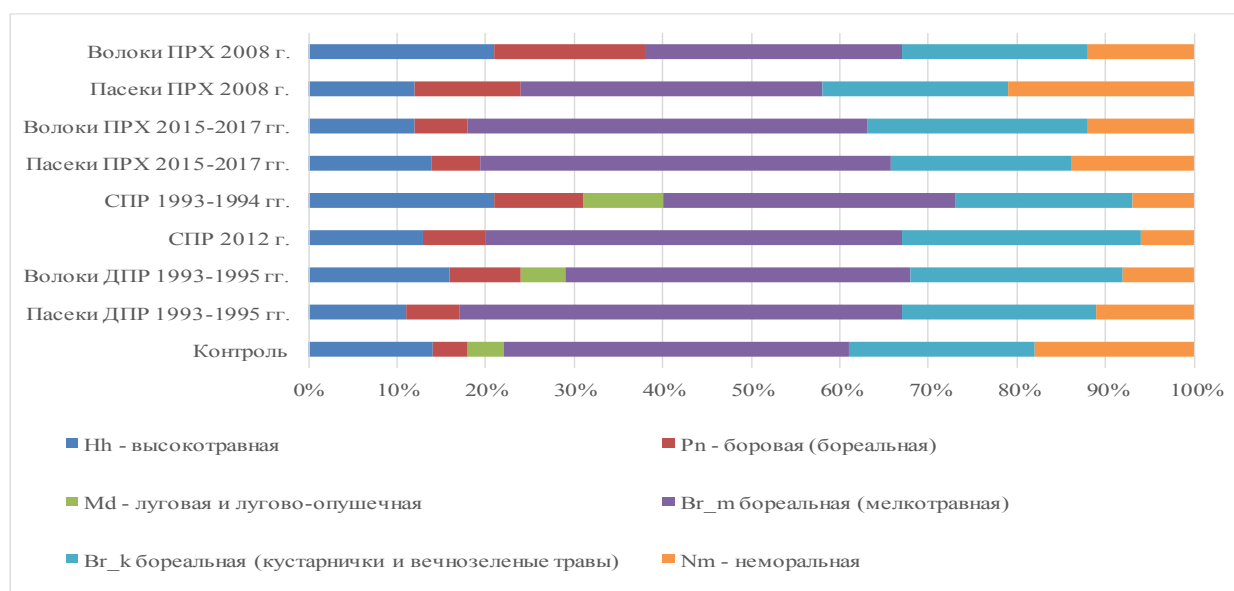


Рис. 1. Соотношение эколого-ценотических групп в вариантах исследования (в процентах)

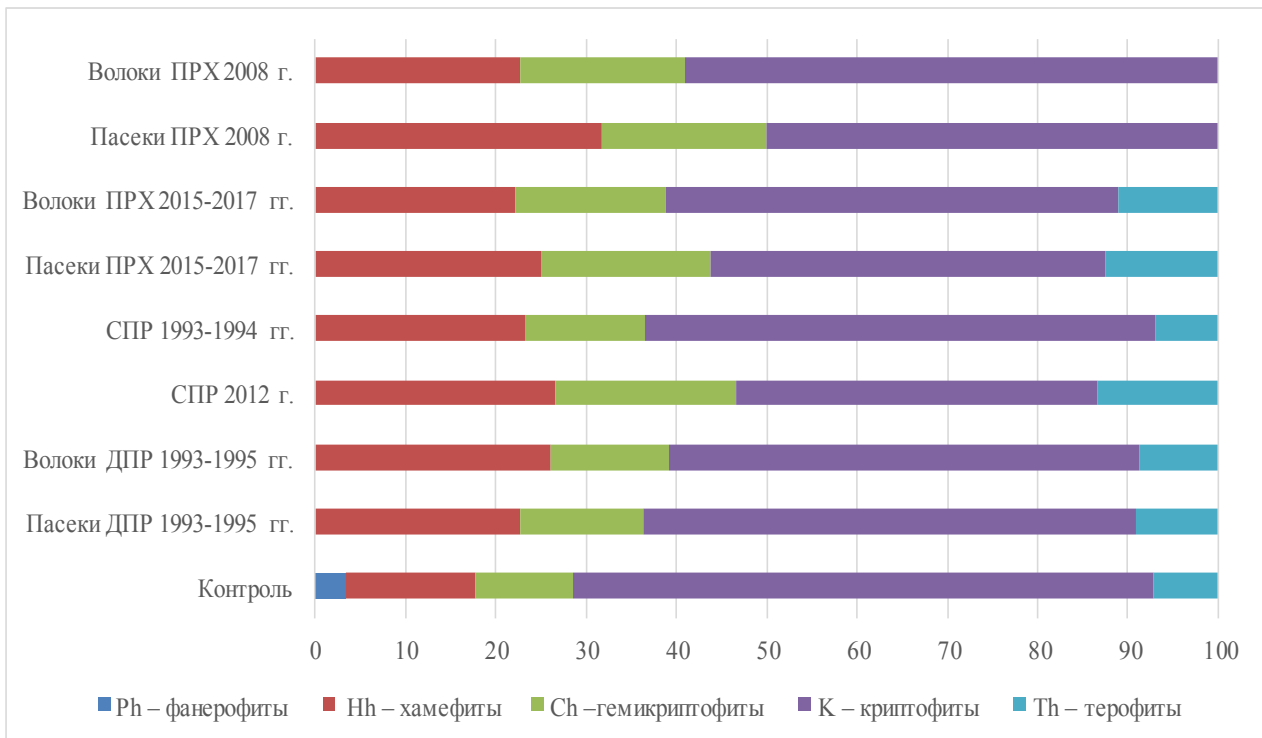


Рис. 2. Спектры биоморф в вариантах исследования по К. Раункиеру

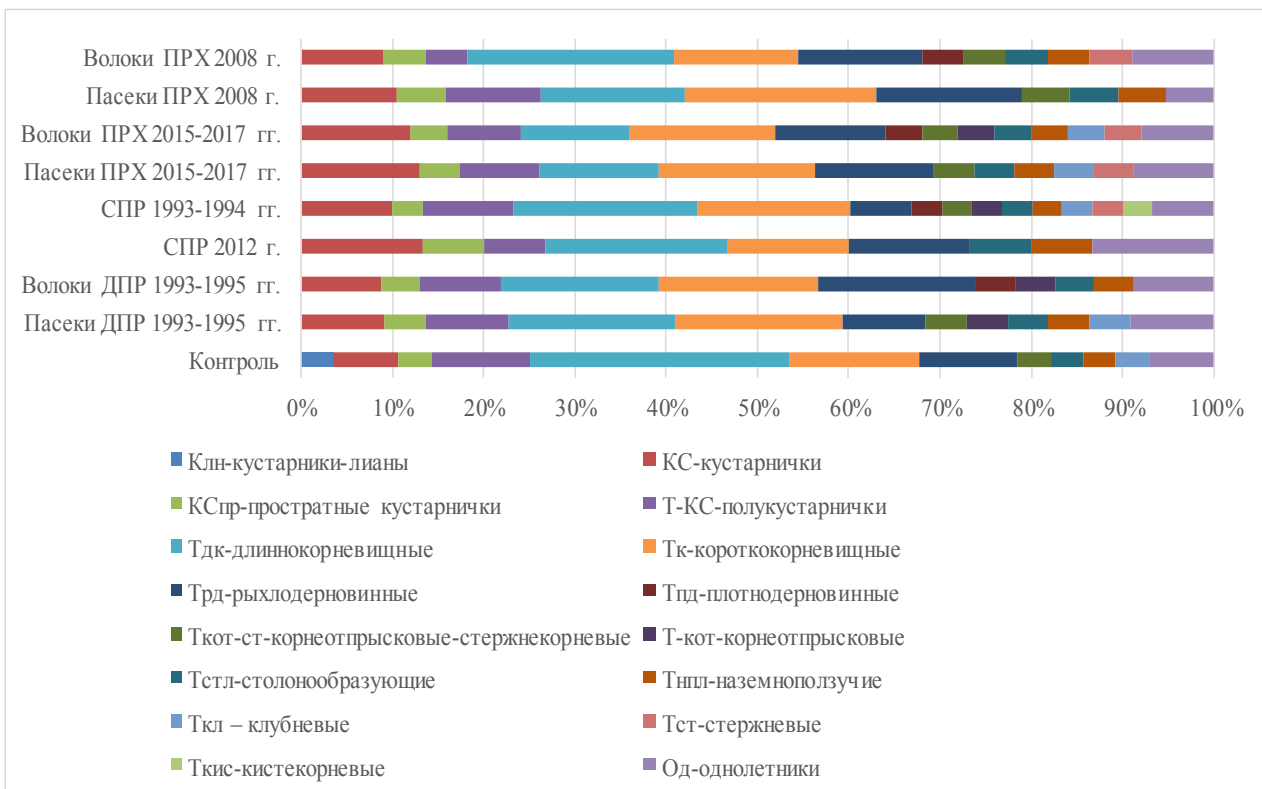


Рис. 3. Спектры биоморф в вариантах исследования по Н.А. Секретаревой

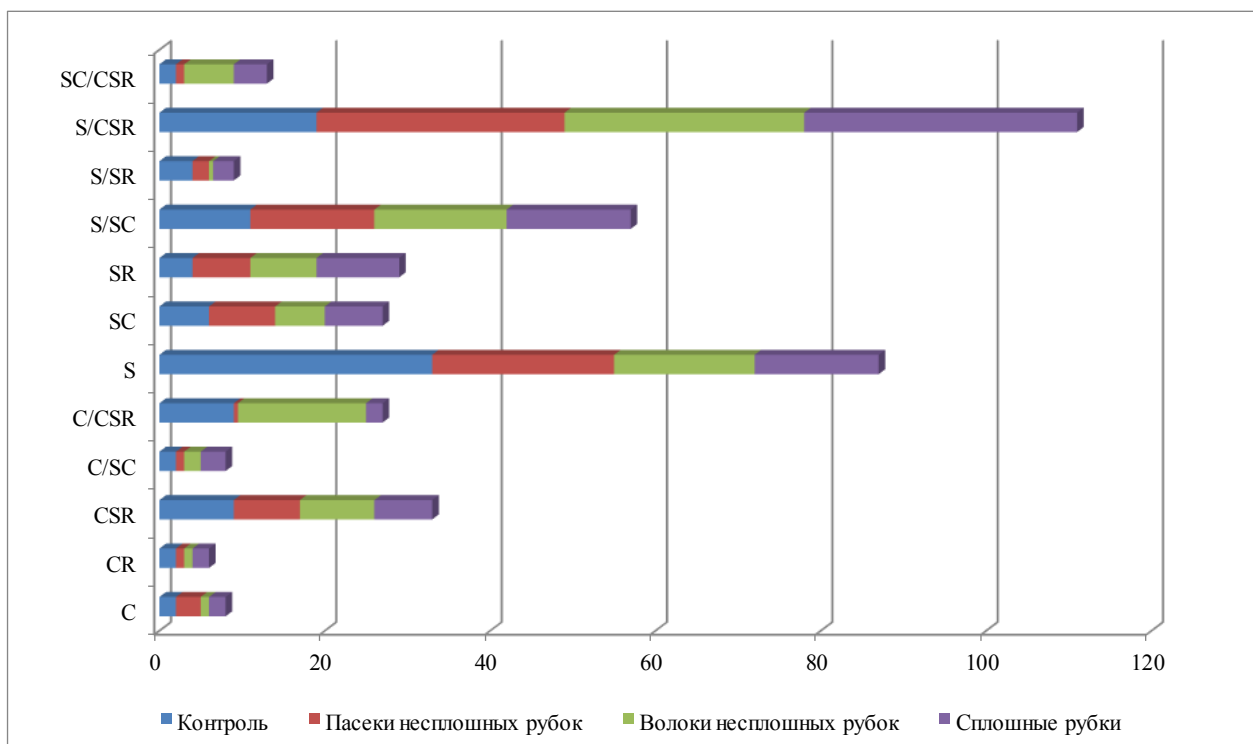


Рис. 4. Распределение видов по первичным и переходным экологическим стратегиям по Дж. Грайму. Первичные стратегии: С – конкуренты, S – стресс-толеранты; Переходные стратегии: CR – конкуренты-рудералы, SC – стресс-толеранты-конкуренты; SR – стресс-толеранты-рудералы; CSR – конкуренты-стресс-толеранты-рудералы; Смешанные: C/CSR, C/SC – преимущественно конкуренты; S/CSR, S/SR, S/SC – преимущественно стресс-толеранты

Таким образом, эколого-биологический анализ не показал существенных различий между естественным лесным сообществом, где не проводились рубки, и сообществами, где были проведены рубки ухода и длительно-постепенные рубки разных лет. Это объясняется, прежде всего, щадящим способом рубки: низкая интенсивность рубок в пасаках не более 30 % (вырубались деревья типа «волк», деревья с низкоопущенной, флагообразной кроной, завершившие рост, многовершинные, поврежденные, больные и сухостойные) и узкими волоками (4-5 м).

#### Заключение

В нетронутом рубкой лесном фитоценозе и в пределах пасаки, пройденной рубкой более 25 лет назад, к одному из ведущих семейств относятся Orchidaceae, которые весьма чувствительны к изменениям в среде их обитания. В других вариантах исследования виды из семейства Orchidaceae отсутствуют. В пасаках и на волоках

длительно-постепенных и проходных рубок к ведущему семейству относится Asteraceae. Наибольшее количество таксономических групп отмечено на лесопогрузочных площадках 1993-1994 гг. с максимальным количеством разных ценологических групп (лесные, луговые и приуроченные к нарушенным растительным сообществам). Результаты таксономического анализа показали, что распределение таксонов по крупным систематическим группам в целом совпадает с таковыми для северо-таежных флор Архангельской области во всех вариантах исследования.

Схожесть лесорастительных условий во всех вариантах и типичность групп для северо-таежных лесов подтверждается преобладанием бореальной (мелкотравной) от 29 до 50 % и бореальной (кустарнички и вечнозеленые травы) от 20 до 27 %.

Результаты биоморфологического анализа свидетельствуют о том, что на волоках и лесопогрузочных площадках преобладает высокая доля дерновинной жизненной формы, что указывает на нарушения лесной подстилки и сложившийся уровень задернения. Наиболее разнообразный спектр биоморф характерен для лесопогрузочных пунктов 1993-1994 гг. Наименьшее количество биоморф отмечено на вырубке со вторым завершающим приемом длительно-постепенной рубки 2012 г. Это скорее всего связано с начальным этапом восстановительной сукцессии.

Распределение растений по видовому составу показало, что только в нетронутом рубкой насаждении и в пасаках встречаются: *Atragene sibirica*, *Orthilia secunda*, *Oxalis acetosella*, *Vicia sylvatica*, *Listera cordata*, *Goodyera repen*. Эти виды требовательны к условиям местопроизрастания (освещенности, влажности воздуха, субстрату). На волоках и лесопогрузочных пунктах 1993-1994 гг. произрастают виды, не отмеченные в естественном лесном сообществе и в пасаках: *Trifolium repens*, *Ranunculus acris*, *Lathyrus pratensis*, *Deschampsia*

*cespitosa*, *Calamagrostis epigeios*, *Chamaenerion angustifolium*.

Анализ экологических стратегий видов по Дж. Грайму не выявил существенных различий между вариантами. Однако стресс-толерантов (S) меньше всего в вариантах со сплошными рубками (15 %) и больше всего в нетронутом насаждении (33 %).

Результаты эколого-биологических исследований показали, что сплошные узколесосечные рубки повлияли на преобразование и формирование травяно-кустарничкового яруса, по сравнению с несплошными рубками, которые имеют экологическое преимущество перед сплошными. Разрастание и видовое разнообразие напочвенного покрова зависит от технологического элемента лесосеки (пасака, волок, лесопогрузочные пункты), его нарушенности и возраста вырубки. Максимальная гетерогенность характерна при сильном нарушении почвенно-растительного покрова на лесопогрузочных площадках и увеличивается с возрастом.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 17-44-290127 p\_a).

### Библиографический список

1. База данных «Флора сосудистых растений Центральной России» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.impb.ru/eco/index.php?l=ru>.
2. Беляева, Н. В. Влияние выборочных рубок на развитие нижних ярусов растительности / Н. В. Беляева, А. В. Грязькин, И. А. Кази // Лесной вестник. – 2012. – № 3. – С. 34-41.
3. Изменение структуры напочвенного покрова в экотонном комплексе «лес - опушка - вырубка» в условиях ельника черничного через 10 лет после рубки / Н. В. Геникова, Е. В. Торопова, А. М. Крышень, В. Н. Мамонтов // Труды Карельского научного центра РАН. – 2018. – № 10. – С. 12-26.
4. Данилик, В. Н. Динамика живого напочвенного покрова при различных способах рубок в горных темнохвойных лесах Среднего Урала / В. Н. Данилик, Р. П. Исаева // Леса России и хозяйства в них: сб. науч. тр. – Свердловск, 1969. – Вып. 3. – С. 22-29.
5. Декатов, Н. Е. Мероприятия по возобновлению леса при механизированных лесозаготовках / Н. Е. Декатов. – М.: Гослесбумиздат, 1961. – 278 с.
6. Высокотравные таежные леса на востоке европейской части России [Текст] / Л. Б. Заугольнова [и др.] // Растительность России. – 2009. – № 15. – С. 3-26.
7. Влияние длительно-постепенных рубок в смешанных сосновых насаждениях на естественное лесовозобновление, живой напочвенный покров и некоторые свойства верхних горизонтов почвы / А. С. Ильинцев [и др.] // Лесотехнический журнал. – 2017. – № 3. – С. 85-99.
8. Мельников, Е. С. Влияние комплексного ухода за лесом на развитие нижних ярусов растительности сосновых и еловых фитоценозов южной тайги / Е. С. Мельников, Н. В. Беляева, Л. С. Богданова // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2006. – Вып. 178. – С. 4-12.

9. Методические подходы к экологической оценке лесного покрова в бассейне малой реки / отв. ред. Л. В. Заугольнова, Т. Ю. Браславская. – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2010. – 383 с.
10. Перечень лесорастительных зон Российской Федерации и перечень лесных районов Российской Федерации [Электронный ресурс] : Приказ Минприроды России от 18.08.2014 № 367. – Режим доступа: <http://rosleshoz.gov.ru/> (дата обращения 30.12.2018).
11. Руководство по сохранению орхидей при заготовке древесины в Архангельской области / Е. А. Рай [и др.]. – Архангельск, Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2017. – 164 с.
12. Секретарева, Н. А. Сосудистые растения Российской Арктики и сопредельных территорий / Н. А. Секретарева. – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2004. – 131 с.
13. Уланова, Н. Г. Восстановительная динамика растительности сплошных вырубок и массовых ветровалов в ельниках южной тайги (на примере европейской части России): автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.05 / Н. Г. Уланова. – Москва, 2006. – 47 с.
14. Флора северо-востока европейской части СССР: в 4-х т. / под ред. А. И. Толмачева. – Л. : Наука. – Т. 1. – 1974. – 275 с.; Т. 2. – 1976. – 316 с.; Т. 3. – 1976. – 293 с.; Т. 4. – 1977. – 312 с.
15. Черепанов, С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) / С. К. Черепанов. – СПб. : Мир и семья, 1995. – 992 с.
16. Шмидт, В. М. Флора Архангельской области / В. М. Шмидт. – СПб., 2005. – 346 с.
17. Deal, B. R. The effects of partial cutting on stand structure and growth of western hemlock-Sitka spruce stands in southeast Alaska / B. R. Deal, J. C. Tappeiner // *Forest Ecology and Management*. – Vol. 159. – no. 3. – P. 173-186.
18. Middle-term changes in topsoils properties on skidding trails and cutting strips after long-gradual cutting: a case study in the boreal forest of the north-east of Russia / A. Ilintsev [et al.] // *Croatian Journal of Forest Engineering*. – 2018. – Vol. 39. – No 1. – P. 71-83.
19. Johnson, S. Low levels of tree retention do not mitigate the effects of clearcutting on ground vegetation dynamics / S. Johnson, J. Strengbom, J. Kouki // *Forest Ecology and Management*. – 2014. – Vol. 330. – P. 67-74.
20. Edge effects confirmed at the clear-cut area of Korean red pine forest in Uljin, Eastern Korea / S. H. Jung [et al.] // *Journal of Ecology and Environment*. – 2017. – Vol. 41. – No. 1. – P. 36-41.
21. Marozas, V. Early succession of ground vegetation after clear-cuttings in spruce forests in a boreonemoral zone, Lithuania / V. Marozas // *Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis*. – 2005. – Vol. 2. – P. 127-136.
22. Variation in environmental conditions, understorey species number, abundance and composition among natural and managed *Picea abies* forest stands / T. Okland, K. Rydgren, R. H. Okland, K. O. Storaunet, J. Rolstad // *Forest Ecology and Management*. – 2003. – Vol. 177. – P. 17-37.
23. Zenner, E. K. Influence of skidder traffic and canopy removal intensities on the ground flora in a clearcut-with-reserves northern hardwood stand in Minnesota, USA / E. K. Zenner, A. L. Berger // *Forest Ecology and Management*. – 2008. – Vol. 256. – No. 10. – P. 1785-1794.
24. Riparian vegetation response to gradients in residual basal area with harvesting treatment and distance to stream / E. K. Zenner [et al.] // *Forest Ecology and Management*. – 2012. – Vol. 283. – P. 66-76.

### References

1. *Baza dannyh «Flora sosudistyh rastenij Central'noj Rossii»* [Database «Flora of vascular plants in the Central European Russia»]. Available at: <http://www.impb.ru/eco/index.php> (accessed 01 February 2019).
2. Belyaeva N. V., Gryaz'kin A. V., Kazi I. A. *Vliyaniye vyborochnykh rubok na razvitiye nizhnih yarusov rastitel'nosti* [Impact of selective cutting on the development of the lower layers of vegetation]. *Lesnoj vestnik* [Forestry Bulletin]. 2012, no. 3, pp. 34-41. (in Russian)
3. Genikova N. V., Toropova E. V., Kryshen' A. M., Mamontov V. N. *Izmeneniye struktury napochvennogo pokrova v ehkotonnom komplekse «les – opushka – vyrubka» v usloviyah el'nika chernichnogo cherez 10 let posle rubki*

[Changes in the ground cover structure in the “forest – forest edge – cutover” ecotone in a bilberry spruce stand ten years after logging]. *Trudy Karelskogo nauchnogo centra RAN* [Transactions of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences]. 2018, no. 10, pp. 12-26. (in Russian)

4. Danilik V. N., Isaeva R. P. *Dinamika zhivogo napochvennogo pokrova pri razlichnyh sposobah rubok v gornyh temnohojnyh lesah Srednego Urala* [Dynamics of living ground cover under different methods of felling in the mountain dark coniferous forests of the Middle Urals]. *Lesa Rossii i hozyajstva v nih: sbornik nauchnyh trudov* [Russian forests and their farms: collection of scientific works]. Sverdlovsk, 1969, iss. 3, pp. 22-29. (in Russian)

5. Dekatov N. E. *Meropriyatiya po vozobnovleniyu lesa pri mekhanizirovannyh lesozagotovkah* [Measures for forest renewal in mechanized logging]. Moscow: Goslesbumizdat Publ., 1963, 278 p. (in Russian)

6. Zaugol'nova L. B., Smirnova O. V., Braslavskaya T. YU., Degteva S. V., Prokazina T. S., Lugovaya D. L. *Vysokotravnnye taezhnye lesa na vostokey evropejskoj chasti Rossii* [Tall herb boreal forests of east of European Russia]. *Rastitel'nost' Rossii* [Vegetation of Russia]. St. Petersburg, 2009. No. 15, pp. 3-26. (in Russian)

7. Il'incev A. S., Tret'yakov S. V., Nakvasina E. N., Alejnikov A. A., Amosova I. B., Bogdanov A. P. *Vliyanie dlitel'no-postepennyh rubok v smeshannyh sosnovykh nasazhdeniyah na estestvennoe lesovozobnovlenie, zhivoj napochvennyj pokrov i nekotorye svoystva verhnih gorizontov pochvy* [The effect of long-gradual cuttings on natural regeneration, living ground cover and some properties of the topsoil in mixed forest stands]. *Lesotekhnicheskij zhurnal* [Forestry engineering journal], 2017, no. 3, pp. 85-99. (in Russian)

8. Mel'nikov E. S., Belyaeva N. V., Bogdanova L. S. *Vliyanie kompleksnogo uhoda za lesom na razvitie nizhnih yarusov rastitel'nosti sosnovykh i elovyh fitocenzov yuzhnoj tajgi* [The effect of long-gradual cuttings on natural regeneration, living ground cover and some properties of the topsoil in mixed forest stands]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii* [Izvestia Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii], 2006, iss. 178, pp. 4-12. (in Russian)

9. *Metodicheskie podhody k jekologicheskoj ocenke lesnogo pokrova v bassejne maloj reki* [Methodological approaches to environmental assessment of forest cover in basin of a small river]. Ed. by Zaugol'nova L. V., Braslavskaya T. Yu. Moscow, 2010, 383 p. (in Russian).

10. *Perechen' lesorastitel'nyh zon Rossijskoj Federacii i perechen' lesnyh rajonov Rossijskoj Federacii* [Order of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation on August 18, 2014, no. 367 “List of Forest Plant Zones of the Russian Federation and the List of Forest Regions of the Russian Federation”]. Available at: <http://rosleshoz.gov.ru/> (accessed 30.12.2018). (in Russian).

11. Raj E. A., Burova N. V., Amosova I. B., Parinova T. A., Puchnina L. V., Sidorova O. V. *Rukovodstvo po sohranenyu orhidej pri zagotovke drevesiny v Arhangel'skoj oblasti* [Guidelines for the conservation of orchids in wood harvesting in the Arkhangelsk region]. Arkhangelsk, WWF Publ., 2004, 131 p. (in Russian)

12. Sekretareva N. A. *Sosudistye rasteniya Rossijskoj Arktiki i sopredel'nyh territorij* [Vascular plants of Russian Arctic and adjacent territories]. Moscow, 2004, 131 p. (in Russian)

13. Ulanova, N. G. *Vosstanovitel'naya dinamika rastitel'nosti sploshnyh vyrubok i massovyh vetrovalov v el'nikah yuzhnoj tajgi (na primere evropejskoj chasti Rossii)*. Atofef. ... dokt. biol. nauk [Restorative dynamics of vegetation on clearing cuttings and mass windfalls in spruce forests of the southern taiga (on the example of the European part of Russia). Abstract ... Doc. Biol. Sci.]. Moscow, 2006. 47 p. (in Russian)

14. *Flora severo-vostoka evropejskoj chasti SSSR: v 4-h tomah* [Flora of the North-East of the European part of the USSR: in 4 volumes]. Ed. by A. I. Tolmacheva. Leningrad, Nauka Publ. Vol. 1. 1974. 275 p., Vol. 2. 1976. 316 p., Vol. 3. 1976. 293 p., Vol. 4. 1977. 312 p. (in Russian)

15. Cherepanov S. K. *Sosudistye rasteniya Rossii i sopredel'nyh gosudarstv (v predelah byvshego SSSR)* [Vascular plants of Russia and neighboring countries (within the former USSR)]. St. Petersburg, Peace and family Publ., 1995, 992 p. (in Russian).

16. Shmidt V. M. *Flora Arhangel'skoj oblasti* [Flora of the Arkhangelsk region]. St. Petersburg, St. Petersburg University Publ., 2005, 346 p. (In Russian).

17. Deal B. R., Tappeiner J. C. The effects of partial cutting on stand structure and growth of western hemlock-Sitka spruce stands in southeast Alaska. *Forest Ecology and Management*. Vol. 159. no. 3. pp. 173-186.
18. Ilintsev A., Nakvasina E., Aleynikov A., Tretyakov S., Koptev S., Bogdanov A. Middle-term changes in topsoils properties on skidding trails and cutting strips after long-gradual cutting: a case study in the boreal forest of the north-east of Russia. *Croatian Journal of Forest Engineering*. 2018. Vol. 39. no. 1. pp. 71-83.
19. Johnson S., Strenghom J., Kouki J. Low levers of tree retention do not mitigate the effects of clearcutting on ground vegetation dynamics. *Forest Ecology and Management*. 2014. Vol. 330. pp. 67-74.
20. Jung S. H., Lim C. H., Kim A. R., Woo D. M., Kwon H. J., Cho Y. C., Lee C. S. Edge effects confirmed at the clear-cut area of Korean red pine forest in Uljin, eastern Korea. *Journal of Ecology and Environment*. 2017. Vol. 41. no. 1. pp. 41-36.
21. Marozas V. Early succession of ground vegetation after clear-cuttings in spruce forests in a boreonemoral zone, Lithuania. *Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis*. 2005. Vol. 2. pp. 127-136.
22. Okland T., Rydgren K., Okland R.H., Storaunet K.O., Rolstad J. Variation in environmental conditions, understorey species number, abundance and composition among natural and managed *Picea abies* forest stands. *Forest Ecology and Management*. 2003. Vol. 177. pp. 17-37.
23. Zenner E. K., Berger A. L. Influence of skidder traffic and canopy removal intensities on the ground flora in a clearcut-with-reserves northern hardwood stand in Minnesota, USA. *Forest Ecology and Management*. 2008. Vol. 256. no. 10. pp. 1785-1794.
24. Zenner E. K., Olszewski S. L., Palik B. J., Kastendick D. N., Peck J. L. E., Blinn C. R. Riparian vegetation response to gradients in residual basal area with harvesting treatment and distance to stream. *Forest Ecology and Management*. 2012. Vol. 283. pp. 66-76.

### Сведения об авторах

*Ильинцев Алексей Сергеевич* – научный сотрудник ФБУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства», кандидат сельскохозяйственных наук; старший преподаватель кафедры лесоводства и лесоустройства ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», г. Архангельск, Российская Федерация; e-mail: ilintsev666@yandex.ru.

*Амосова Ирина Борисовна* – доцент кафедры биологии, экологии и биотехнологии ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, г. Архангельск, Российская Федерация; e-mail: i.amosova@narfu.ru.

*Третьяков Сергей Васильевич* – профессор кафедры лесоводства и лесоустройства ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», доктор сельскохозяйственных наук, доцент, г. Архангельск, Российская Федерация; e-mail: svt@atknet.ru.

### Information about authors

*Ilintsev Aleksey Sergeevich* – Researcher of Federal Budget Institution Northern Research Institute of Forestry, PhD (Agriculture); Senior Lecturer of the Department of Silviculture and Forest Inventory, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education Northern (Arctic) Federal University named M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russian Federation; e-mail: ilintsev666@yandex.ru.

*Amosova Irina Borisovna* – Associate Professors of Department of Biology, Ecology and Biotechnology, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education Northern (Arctic) Federal University named M.V. Lomonosov, PhD (Agriculture), Associate Professor, Arkhangelsk, Russian Federation; e-mail: i.amosova@narfu.ru.

*Tretyakov Sergey Vasilyevich* – Professor of the Department of Silviculture and Forest Inventory, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education Northern (Arctic) Federal University named M.V. Lomonosov, DSc (Agriculture), Associate Professor, Arkhangelsk, Russian Federation; e-mail: svt@atknet.ru.



## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗРАСТАНИЯ СОСНЫ ПАЛЛАСА (КРЫМСКОЙ) ПРИ СОВМЕСТНОМ ВЫРАЩИВАНИИ С СОСНОЙ ОБЫКНОВЕННОЙ

научный сотрудник **С.В. Левин**<sup>1</sup>

кандидат биологических наук **М.А. Семёнов**<sup>1</sup>

младший научный сотрудник **В.И. Пащенко**<sup>1</sup>

**И.С. Левин**<sup>1</sup>

1 – ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии», Воронеж, Российская Федерация

В статье дана лесоводственная и биологическая оценка интродуцированного вида сосна крымская (*Pinus Pallasiana* Lamb.) для лесоразведения в условиях ЦЧР. В результате сравнительного анализа санитарного состояния и таксационных показателей с учетом изменений по времени в насаждении при совместном произрастании сосен крымской и обыкновенной сделан вывод, что сосна крымская в условиях степной зоны европейской части России обладает высокими адаптивными возможностями и вполне пригодна для создания здесь защитных насаждений, озеленения городов и населенных пунктов. Учитывая данные последнего обследования, за прошедшие 30 лет произошли следующие изменения по диаметру и высоте: у сосны крымской 18,4 см и 8,9 м; у сосны обыкновенной – 15,1 см и 9,8 м соответственно. Учитывая, что интродуцент должен обладать достаточной устойчивостью к неблагоприятным абиотическим условиям (сохраняются особенности роста в лесной культуре) и такими же или лучшими в биологическом отношении качествами сравнительно с местным видом (замедленный рост в высоту на начальном этапе по сравнению с сосной обыкновенной, позволяющий использовать сосну крымскую в качестве сопутствующей и буферной породы при введении ценных лиственных пород в схему смешения, низкая степень поражения корневой губкой, более высокие озеленительные и декоративные качества, высокая смолопродуктивность), то сосну крымскую можно считать экологически замещающей породой сосну обыкновенную. На основании полученных данных исследования можно сделать вывод, что развитие сосен крымской и обыкновенной при совместном их произрастании представляет в перспективе прежде всего хозяйственную ценность, так как позволяет решить задачу скорейшего преобразования степного биоценоза в лесной на неудобных землях, с исключением обратного хода и учетом длительного цикла развития.

**Ключевые слова:** сосна Палласа или крымская, интродукция, адаптация, таксационные показатели, корневая губка

## ENVIRONMENTAL FEATURES OF CRIMEAN PINE GROWTH WITH JOINT GROWTH WITH SCOTS PINE

Researcher **S.V. Levin**<sup>1</sup>

PhD (Biology) **M.A. Semenov**<sup>1</sup>

Junior Researcher **V.I. Pashchenko**<sup>1</sup>

**I.S. Levin**<sup>1</sup>

1 – All-Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology, Voronezh, Russian Federation

### Abstract

The article provides silvicultural and biological assessment of the introduced species of Crimean pine (*Pinus Pallasiana* Lamb.) for afforestation in the Central Black Earth Region. As a result of a comparative analysis of the sanitary condition and taxation indicators, taking into account changes over time in plantation with the joint growth of Crimean and Scots pines, it has been concluded that Crimean pine has high adaptive capabilities and is quite suitable for

creating protective plantations, landscaping cities and towns in the steppe zone of the European part of Russia. Considering the data of the last survey, the following changes in diameter and height have taken place over the past 30 years: Crimean pine has 18.4 cm and 8.9 m; Scots pine – 15.1 cm and 9.8 m respectively. Considering that the introduced species must be sufficiently resistant to unfavorable abiotic conditions (growth characteristics remain in a forest culture) and have the same or better biological qualities as compared with the local species (slow growth in height at the initial stage compared with Crimean pine as an accompanying and buffer species when valuable hardwood is introduced into the mixing scheme, low degree of root sponge damage, higher greenery and decorative qualities, high resin productivity), then the Crimean pine can be considered as an ecologically substitute for Scots pine. Based on the findings of the study, it can be concluded that the development of Crimean and Scots pine trees with their joint growth in prospect gives economic value, since it enables to solve the problem of early transformation of the steppe biocenosis in the forest on inconvenient lands, with the exception of the reverse run and long-term development.

**Keywords:** Crimean pine, introduction, adaptation, tax indicators, root sponge

Низкая лесистость территории степной зоны европейской части России требует усиленного внимания к вопросам степного лесоразведения и сохранения произрастающих там лесов. Вопросами лесоразведения в степных условиях занимались и занимаются многие ученые, начиная с исследований А.Т. Болотова [3].

Сейчас климат значительно мягче того, к которому адаптированы генотипы местных эволюционно молодых видов. Это дополнительное климатическое обеспечение может быть использовано местными видами и интродуцентами в различной степени, а именно интродуцентами более полно. Это заставляет осуществлять подбор интродуцентов, замещающих местные породы, что и наблюдается при использовании сосны крымской вместо сосны обыкновенной.

В настоящий момент с целью лесоводственно-экологического обоснования комплексного использования лесных ресурсов Крыма разработаны нормативы, позволяющие осуществлять оценку объемов фитомассы и депонированного в ней углерода для деревьев сосны крымской и обыкновенной [10, 17].

За пределами естественного ареала произрастания, прежде всего на Нижнеднепровских песках, сосна крымская имеет много ценных свойств и признаков, ставящих ее в разряд главных пород. Ее насаждения переносят продолжительные засухи без видимых признаков суховершинности. Данные Г.Н. Высоцкого (1949), В.Н. Виноградова (1961), А.Н. Шатерниковой (1956), В.Ф. Морозова (1958) показывают, что сосна крымская более экономна в

расходе влаги [6, 21]. По сравнению с ней у сосны обыкновенной глубина укоренения и мощность развития корневой системы выражены меньше (Б.И. Гаврилов, 1950, М.М. Дрюченко, 1954, Н.Л. Терентьева, Ф.Я. Гордон, В.Г. Коваленко, 1960, Г.И. Васильев, 1963, В.Н. Виноградов, 1964) [4, 20]. Сосна крымская устойчивее к вредителям, так как общее ослабление жизнеспособности сосны обыкновенной в сухих условиях местопроизрастания является определенной причиной массового нападения на нее подкорного клопа и других вредителей (А.В. Гордеев, 1952, В.Ф. Морозов, 1956, В.П. Смелянец, 1967) [7, 20]. Анализ кривых роста в высоту сосны крымской и обыкновенной показал, что до 30 лет опережающими темпами растет сосна обыкновенная, но к 40 годам сосна крымская догоняет ее, а в последующие годы даже опережает [9].

Сложность создания лесных культур в степных условиях обуславливается, прежде всего, неблагоприятными климатическими условиями при значительном варьировании типов почв на различных элементах рельефа [2, 5, 19]. Ф.Н. Лисецким в статье [16] дан анализ уравнений, отражающих процесс формирования гумусово-аккумулятивных горизонтов у дерновых борových короткопрофильных и черноземовидных борových маломощных почв на Нижнеднепровских песках, который позволяет сделать вывод о большем почвообразующем потенциале насаждений сосны крымской по сравнению с сосной обыкновенной. Полученные результаты позволяют предложить по прошествии 100 лет смену лесохозяйственного использования

территории Нижнеднепровских песков на сельскохозяйственное.

Центрально-Черноземный регион располагает довольно широким ассортиментом лесобразующих интродуцентов североамериканской и восточноазиатской флоры [8]. Проведенный анализ (до 1941 г.) литературных источников подтверждает перспективу применения сосны крымской на территории ЦЧР [1]. Но, несмотря на проверенные временем убедительные положительные результаты ее интродукции [11, 12], в последнее время сосна крымская не используется.

В дополнение к вышеизложенному актуальность темы еще обусловлена проблемами, возникающими при лесовыращивании сосны обыкновенной, особенно на песках, землях мелиоративного фонда и вышедших из-под сельскохозяйственного пользования, где обязательно проявляется влияние корневой губки с момента дифференциации насаждений [13, 14, 23]. Корневая губка (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) известна с конца XIX века. Несмотря, однако, на довольно полную изученность биологии патогена, во взаимоотношениях растения-хозяина и гриба-паразита и теперь больше вопросов, чем ответов на них [24]. В связи с эпифитотией, то есть беспрепятственным распространением патогена и отсутствием радикальных мер борьбы проблема защиты насаждений до настоящего времени не только не решена, но неизбежна перспектива еще более тяжелых последствий её деятельности.

Возникновение и распространение очага инфекции, в зависимости от силы действия отрицательных для насаждения факторов, приводит либо к слабо развивающемуся усыханию древостоя, либо к быстрому его разрушению. И в том, и в другом случае направление процесса – реконструкция этого насаждения в иное, более устойчивое, во вновь создавшихся условиях [18].

В Центрально-Черноземном регионе площадь насаждений, пораженных корневой губкой с 1988 по 2007 годы увеличилась с 242 до 778 тыс. га, то есть в 3,2 раза, в Белгородской же и Воронежской областях – в 6,1 и 6,8 раз, соответственно, в сравнении с предыдущим 20-летним периодом. Очагами корневой губки по регионам России в настоящее время охвачено от 25 до 40 % от общей

площади сосновых насаждений, а на каждом гектаре пораженных древостоев теряется от 30 до 140 м<sup>3</sup> ценной древесины [22]. Площадь возникающих очагов корневой губки (1-й категории пораженности) в Воронежской области составляет 81,3 %, действующих очагов (2-й категории) – 12,1 %, затухающих (3-й категории) – только 4,8 % от общей площади зараженных насаждений. Затухшие же очаги (4-й категории) здесь практически не обнаруживаются. Содержание в Воронежской области такого большого количества (81,3 %) возникающих очагов и практическое отсутствие затухших очагов свидетельствует о периоде высокой интенсивности распространения патогена в этом регионе и о том, что насаждения сосны здесь не обладают достаточной биологической сопротивляемостью к неблагоприятным факторам среды. К факторам, особенно влияющим на скорость облесения лесокультурной площади в степной зоне, следует отнести: накопление восприимчивых насаждений сосны; повреждение насаждений вредителями; близость расположения очагов инфекции; вторичное поражение культур; непродуманные хозяйственные вмешательства; резкие изменения грунтовых вод. В такой стадии развития заболевания естественная локализация очагов корневой губки и затухание их маловероятны, так как выздоровление пораженных деревьев наблюдается лишь в исключительно редких случаях [18]. Поэтому в ближайшей перспективе здесь следует ожидать еще более интенсивного поражения сосновых насаждений.

При этом не обращать внимания на реакцию сосны Палласа на корневую губку просто невозможно. Требованиям по созданию лесных культур в условиях соответствующих экологическим требованиям древесных пород с последующим формированием сложных (многоярусных), разновозрастных, смешанных по составу насаждений как наиболее устойчивых к воздействию патологических факторов наиболее подходит сосна крымская (*Pinus Pallasiana* Lamb.) При этом биологически устойчивые лесомелиоративные насаждения возможно получить только при использовании селекционного фонда, выявленного в конкретных условиях лесоразведения из адаптированных лесных культур [11, 12].

Целью авторских исследований является лесоводственная и биологическая оценка интродуцированного вида рода сосна (*Pinus Pallasiana* Lamb.) для лесоразведения в условиях ЦЧР.

Поскольку в регионе исследований изучение роста и развития насаждений с участием сосны крымской производилось ранее на начальных этапах их формирования, актуальным является изучение современного состояния этих насаждений в сравнении. В этом случае можно объективно судить об эффективности использования тех или иных древесных пород и мероприятий при создании лесных культур. В наибольшей степени для этого подходит объект культур сосны Палласа на территории Коротоякского участкового лесничества Острогожского лесничества (Воронежская область) в кв. 82. Состав – 6Скр4Соб.

Культуры созданы рядовой посадкой с размещением 1,5 × 0,5 м. Возраст насаждения – 56 лет (рис. 1). Рельеф ровный, почвы – чернозем выщелоченный среднесиловый глинистый. Наблюдается регулярное семеношение.



Рис. 1. Насаждение сосны Палласа в Острогожском участковом лесничестве (56 лет)

Методология исследований основана на внутривидовой изменчивости сосен, обобщающем и сравнительном анализе развития сосен обыкновенной и крымской. С этой целью использованы следующие методы: маршрутные – для сбора материалов, необходимых для общей характеристики состояния насаждений; лесоводственно-таксационные – для закладки пробных площадей по

исследованию роста и развития насаждений; лесоводственно-экологические – для изучения лесоводственной характеристики насаждений; математической статистики – для обработки экспериментальных данных.

Полученные результаты обследования насаждений сосны Палласа и сосны обыкновенной приведены в табл. 1. Колебания величин показателей диаметра от 12 до 54 см у сосны Палласа подчеркивают высокую степень сохранности породы. У сосны обыкновенной наблюдается более сжатый разброс (18-38 см) по ступеням толщины. Данная тенденция в совокупности с отсутствием стволов диаметром выше 38 см указывает на значительный отпад в насаждении на раннем этапе развития (рис. 2 и 3).

Нормальное развитие сосны Палласа в насаждении подтверждает и её санитарное состояние (рис. 4). В насаждении у сосны крымской более 8 % стволов от общего количества содержится в 18, 22, 28, 30, 32 ступенях толщины, что указывает на его нормальное развитие и незаконченную дифференциацию.

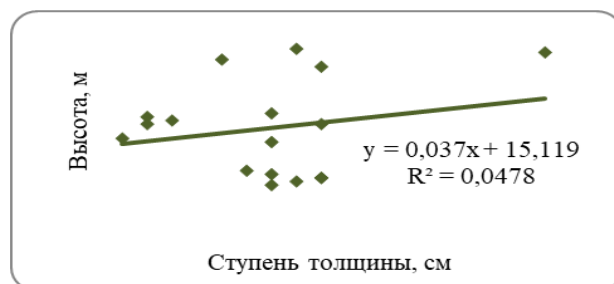


Рис. 2. График высот сосны крымской (56 лет)



Рис. 3. График высот сосны обыкновенной (56 лет)

Статистические показатели обследуемого насаждения

Древесные породы	Возраст, лет	Таксационные показатели	Средние значения, $X \pm x$	Среднее квадрат. отклон., $\pm \delta$	Коеф. вариации CV, %	Точность опыта P, %	Объем ствола, $m^3$
Сосна Палласа	56	H	16,1 $\pm$ 0,3	1,3	8	1,9	0,5
		D	27,7 $\pm$ 1,9	7,8	29	7	
Сосна обыкновенная	56	H	19,3 $\pm$ 0,3	0,8	4	1,6	0,58
		D	28,8 $\pm$ 1,3	4,1	14	4,5	



Рис. 4. Диаграмма санитарного состояния сосны крымской (56 лет)

Для сосны обыкновенной характерна дифференциация более 8 % деревьев от общего количества по ступеням толщины 22, 24, 26, 28, 34, 36 см (рис. 5). Несколько заниженные показатели по ступеням 30 и 32 см свидетельствуют о нарушении в нормальном ходе развития насаждения.

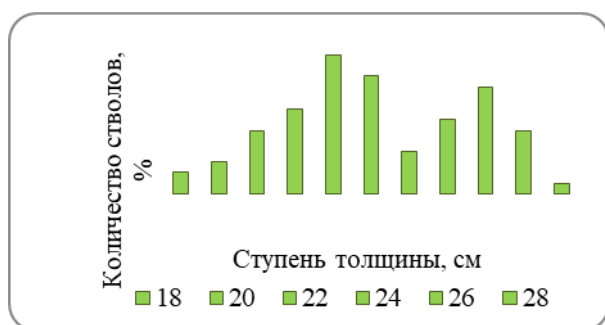


Рис. 5. Диаграмма санитарного состояния сосны обыкновенной (56 лет)

Интересны по изучаемым видам данные, полученные в результате обследования насаждения в 25-летнем возрасте в 1987 году научным сотрудником ЦНИЛГИС В.И. Ширяевым. Пробная площадь размером 25,55\*19,7м представлена 14 ряда-

ми с максимальным количеством в ряду 26 деревьев. Размещение пород на площади спонтанное, без схемы смешения. Расположение рядов с севера на юг. Состав – 6Соб4Скр.

На основании графика высот (рис. 6) у сосны крымской определены показатели:  $D_{1,3} = 9,3$  см;  $H_{cp} = 7,2$  м;  $V_{cp} = 0,035$   $m^3$ ;  $M_n = 3,325$   $m^3$ ;  $N_{пр} = 95$  шт.; бонитет II.

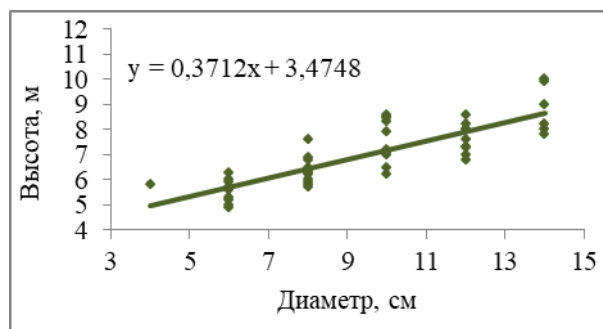


Рис. 6. График высот сосны крымской (25 лет)

Величины показателей колеблются от минимальной до максимальной в пределах: по диаметру 4-16 см и по высоте 4,9-10 м. Плавная возрастающая прямая от 4,9 до 9,7 м при средней высоте 7,2 м и разбросе по высоте в пределах 2 м свойственна каждой ступени толщины. Данная тенденция указывает на нормальный ход роста насаждения, описываемый уравнением линейной зависимости со средней степенью аппроксимации.

Показатели сосны обыкновенной, полученные на основании графика высот, следующие (рис. 7):  $D_{1,3} = 13,73$  см;  $H_{cp} = 9,5$  м;  $V_{cp} = 0,077$   $m^3$ ;  $M_n = 4,774$   $m^3$ ;  $N_{пр} = 62$  шт.; бонитет II.

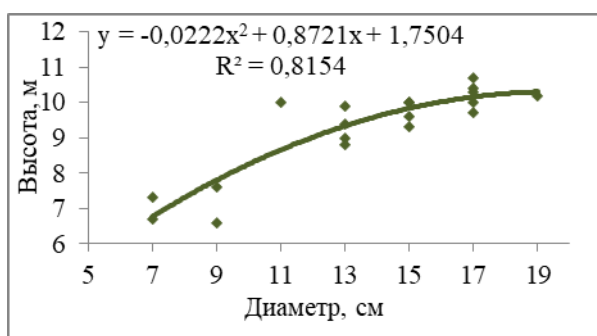


Рис. 7. График высот сосны обыкновенной (25 лет)

Величины показателей колеблются от минимальной до максимальной в пределах: по диаметру 4,5-19,5 см и по высоте 6,6-10,7 м. Характер кривой, описываемый уравнением полиномиальной зависимости с высокой степенью аппроксимации, указывает на замедление хода роста в насаждении.

По сравнению с сосной крымской больший разброс по высоте (4 м) от 6,7 до 10,7 м при среднем показателе 9,5 м указывает на процесс сильной дифференциации деревьев в насаждении.

Как закономерность, учитывая высокую густоту посадки (1,5×0,5 м), наблюдается дифференциация в насаждении, сопровождающаяся значительным отпадом деревьев сосны обыкновенной. Количество сухостоя и соотношение пород представлено на диаграмме в количественном отношении по рядам от опушки (рис. 8).

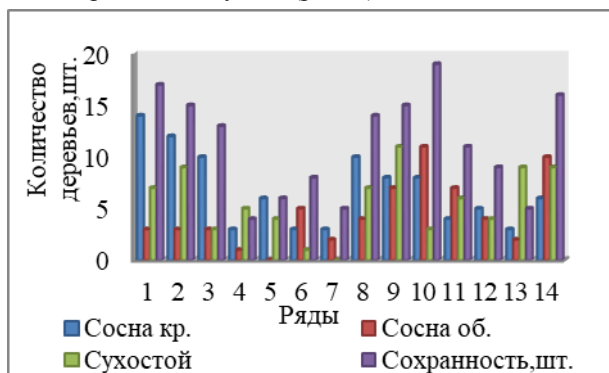


Рис. 8. Диаграмма сохранности по породам (25 лет)

Сухостой преобладает в рядах 2, 9, 13, 14, составляя соответственно 34,62; 42,31; 53,85; 34,62 % от числа деревьев в ряду. В процентном отношении на момент обследования величина сохранности колеблется по рядам от 15,38 (4 ряд) до 73,08 (10 ряд) при 66,81 % в среднем по насаждению. Самая низкая сохранность наблюдается в 4, 5, 6, 7, 13 рядах от 15,38 до 19,23 %. Компактное размеще-

ние соответствующих рядов имеет очаговый характер, что связано с влиянием корневой губки [13, 14]. Это подтверждают и данные по диаметру ствола сухостоя, диапазон которых составляет 3-14 см при средней величине 7,32 см. Если взять величины диаметров сухостоя от 7 до 7,5 см как средние показатели (17 стволов), то усохшие деревья менее 7 см и более 7,5 см составят соответственно 35,9 и 42,31 % от общего числа сухостоя на пробе (78 шт.).

При этом высокая сохранность свойственна 1, 2, 9, 10, 14 рядам (57,69-73,08 %), в которых начиная от опушки в ряду преобладают деревья сосны крымской (1-2 ряды), а затем деревья сосны обыкновенной (9, 10 и 14 ряды), обуславливая волнообразность в формировании насаждения, на что необходимо обращать внимание при создании лесных культур [15].

Учитывая данные последнего обследования, за прошедшие 30 лет произошли следующие изменения по диаметру и высоте: у сосны крымской 18,4 см и 8,9 м; у сосны обыкновенной – 15,1 см и 9,8 м, на основании которых можно сделать вывод о перспективности сосны крымской как устойчивой породы, особенно при создании культур в неблагоприятных условиях.

Следует обратить внимание на тот факт, что по соотношению количества деревьев на пробках сосны крымской к сосне обыкновенной не произошло значительных изменений 1,53 и 1,44. Но следует учитывать, что корневая губка, как и большинство деструктивных грибов, не относится к категории облигатных (истинных) паразитов. Ей, как факультативному паразиту, свойственен большой набор ферментов и биологически активных веществ, что подтверждает ее свойство поражать многочисленные древесные породы. Повышению вирулентности корневой губки предшествует сапрофитное существование на полуживых субстратах в пнях или отмирающих корнях ослабленных деревьев. Паразитическая активность гриба больше зависит от общего состояния насаждений, и ослабление деревьев от разных причин способствует переходу патогена к паразитизму. Чем больше болезнь носит агрессивный характер, тем больше она поражает лучше развитые и жизнеспособные деревья [18].

Степень поражения культур сосны корневой губкой зависит от степени исключения воздействия негативных факторов, а если говорить проще – от скорости облесения лесокультурной площади. По нашему мнению, для разрешения такой проблемы наиболее подходит сосна крымская с ее пластичностью и заложенной в генофонде информацией о произрастании в аналогичных условиях.

На основании полученных данных исследования можно сделать вывод, что развитие сосен крымской и обыкновенной при совместном их произрастании представляет в перспективе прежде всего хозяйственную ценность, так как позволяет решить задачу: скорейшего преобразования степного биоценоза в лесной на неудобных землях, с исключением обратного хода и учетом длительного цикла развития.

Кроме этого, учитывая, что интродуцент должен обладать достаточной устойчивостью к неблагоприятным абиотическим условиям (сохраняются особенности роста в лесной культуре) и такими же или лучшими в биологическом отношении качествами сравнительно с местным видом (замедленный рост в высоту на начальном этапе по сравнению с сосной обыкновенной, позволяющий использовать сосну крымскую в качестве сопутствующей и буферной породы при введении ценных лиственных пород в схему смешения, низкая степень поражения корневой губкой, более высокие озеленительные и декоративные качества, высокая смолопродуктивность и т. д.), сосну крымскую можно считать породой, экологически замещающей сосну обыкновенную.

### Библиографический список

1. Альбенский, А. В. Разведение быстрорастущих и ценных деревьев и кустарников / А. В. Альбенский, А. Е. Дьяченко. – М. : Огиз-Сельхозгиз, 1940. – 223 с.
2. Бельгард, А. Л. Степное лесоведение / А. Л. Бельгард. – М. : Лесн. пром-сть, 1971. – 336 с.
3. Болотов, А. Т. Избранные сочинения по агрономии, плодоводству, лесоводству, ботанике / А. Т. Болотов; под ред. А. П. Бердышева. – М. : Изд-во Московского общества исследователей природы, 1952. – 523 с.
4. Васильев, Г. И. Влияние почвенных, гидрологических и геоморфологических условий на рост сосны на нижнеднепровских песках : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Г. И. Васильев. – М., 1963. – 20 с.
5. Ландшафтные критерии степной лесомелиорации [Электронный ресурс] / П. В. Вельмовский [и др.] // Известия ОГАУ. – 2016. – № 1 (57). – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/landshaftnye-kriterii-stepnoy-lesomelioratsii>.
6. Виноградов, В. Н. Научное обоснование освоения нижнеднепровских песков под лесные, плодовые и виноградные насаждения : автореф. дис. д-ра с.-х. наук / В. Н. Виноградов. – Харьков, 1968. – 48 с.
7. Гордеев, А. В. Создание на нижнеднепровских и нижнедонских песках сырьевых баз длительного подсобного хозяйства за счет разведения сосны крымской (*Pinus Pallasiana* Lamb.) : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / А. В. Гордеев. – Елгева, 1964. – 31 с.
8. Интродукция перспективных интродуцентов для целей лесовосстановления, лесоразведения и озеленения (промежуточный) : отчет о НИОКР / ВНИИЛГИСбиотех, рук. А. Н. Одинцов. – Воронеж, 2015. – 226 с.
9. Комплексное освоение Нижнеднепровских песков / М-во лесного хоз-ва УССР. Укр. науч.-исслед. ин-т лесного хоз-ва и агролесомелиорации им. Г. Н. Высоцкого. Нижнеднепров. науч.-исслед. станция облесения песков и виноградарства на песках. – Симферополь, Таврия, 1974. – 142 с.
10. Надземна фітомаса та депонований вуглець дерев сосни кримської у Криму [Текст] / П. І. Лакида, Р. Д. Василишин, Г. С. Домашовець, Ю. П. Швець // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – Серія: лісівництво та декоративне садівництво, 2014. – Вип. 198, Ч. 1. – С. 29-37.

11. Левин, С. В. Адаптация сосны Палласа (*Pinus Pallasiana* Lamb.) в Центрально-Черноземном регионе России / С. В. Левин, В. И. Пашенко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – Вып. 4(67). – С. 126-132.
12. Левин, С. В. Лесоводственно-биологические особенности развития сосны крымской при ее адаптации в условиях ЦЧР России / С. В. Левин // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2018. – Вып. 4 (73). – С. 129-134.
13. Левин, С. В. Особенности развития сосны крымской в очагах корневой губки на севере степи Украины (Луганская область) / С. В. Левин, Г. И. Скокова // Научный вестник Луганского Национального аграрного университета. – 2012. – Вып. 36. – С. 89-92.
14. Левін, С. В. Особливості росту сосен кримської та звичайної осередках корневої губки Східнобайрачного Степу України / С. В. Левін, Я. Д. Фучило // Науковий вістник НУБіП України. – 2012. – Вип. 171/2. – С. 162-166.
15. Особливості росту дерев сосни кримської залежно від їх розташування у насадженні / С. В. Левін, Я. Д. Фучило, М. В. Сбитна, О. Ю. Рябухін // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – Серія: лісівництво та декоративне садівництво. – 2014. – Вип. 198, Ч. 1. – С. 86-89.
16. Лисецкий, Ф. Н. Почвообразовательный потенциал лесных насаждений при облесении песков в условиях лесостепи и степи / Ф. Н. Лисецкий // Лесной журнал. – 2008. – № 4. – С. 13-20.
17. Лакида П. І. Нормативи оцінки компонентів надземної фітомаси дерев головних лісотвірних порід України : довідник / П. І. Лакида, Р. Д. Василишин, А. Г. Лащенко. – К. : Видавничий дім «ЕКО-інформ», 2011. – 192 с.
18. Кобец, Е. В. Рекомендации по защите хвойных пород от корневой губки в лесах европейской части России / Е. В. Кобец / ВНИИЛМ. – Пушкино, 2001. – 16 с.
19. Семёнов, М. А. Механизмы формирования экосистемного биологического разнообразия при искусственном лесовосстановлении : моногр. / М. А. Семёнов, Н. Н. Харченко. – Воронеж, 2010. – 177 с.
20. Смелянец, В. П. Устойчивость сосен крымской и обыкновенной к вредным насекомым на юге Украины : автореф. дис. ... канд. биол. наук / В. П. Смелянец. – Киев, 1967. – 26 с.
21. Турчин, Т. Я. Приживаемость культур сосны крымской на бугристых песках северной части Ростовской области / Т. Я. Турчин, Г. В. Пичуева, А. В. Чукарина // Лесоведение. – 2017. – № 6. – С. 418-423.
22. Харченко, Н. А. Корневая губка и её связь со структурой и развитием корневых систем сосны обыкновенной в условиях ЦЧР / Н. А. Харченко, Н. Н. Харченко, И. В. Кузнецов. – Воронеж, 2010. – 123 с.
23. Чураков, Б. П. К вопросу об естественном возобновлении леса в очагах корневой губки / Б. П. Чураков, С. Г. Битяев, Р. А. Чураков // Лесной журнал. – 2017. – № 4. – С. 45-56.
24. Steinlid J., Rayner A. D. M. Environmental and Endogenous Controls of Developmental Pathways: Variation and its Significance in the Forest Pathogen, *Heterobasidion annosum* // New Phytol. – 1989. – Vol. 113. – No. 3. – P. 245-258.

### References

1. Al'benskij A.V. *Razvedenie bystrorastushchih i cennyh derev'ev i kustarnikov* [Breeding fast-growing and valuable trees and shrubs]. Moscow: Ogiz-Sel'hozgiz, 1940. 223 p.
2. Bel'gard A.L. *Stepnoe lesovedenie* [Steppe forestry]. Moscow: Lesnaya prom-st', 1971. 336 p.
3. Bolotov A.T. *Izbrannye sochineniya po agronomii, plodovodstvu, lesovodstvu, botanike* [Selected works on agronomy, fruit growing, forestry, botany]. Moscow: Izd-vo Moskovskogo obshchestva issledovatelej prirody, 1952. 523 p.
4. Vasil'ev G.I. *Vliyanie pochvennyh, gidrologicheskikh i geomorfologicheskikh uslovij na rost sosny na nizhnedneprovskih peskah* [The influence of soil, hydrological and geomorphological conditions on the growth of pine on the Lower Dnieper sands]. Diss. kand. s/h.nauk. Moscow, 1963. 20 p.



5. Vel'movskij P.V. *Landshaftnye kriterii stepnoj lesomelioracii* [Landscape criteria of steppe forest reclamation]. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/landshaftnye-kriterii-stepnoy-lesomelioratsii>, accessed 6 April 2018.

6. Vinogradov V.N. *Nauchnoe obosnovanie osvoeniya nizhnedneprovskih peskov pod lesnye, plodovye i vinogradnye nasazhdeniya* [Scientific justification for the development of lower Dnieper Sands under forest, fruit and grape plantations]. Diss. dok.s/h.nauk, Har'kov, 1968. 48 p.

7. Gordeev A.V. *Sozdanie na nizhnedneprovskih i nizhnedonskih peskah syr'evyh baz dlitel'nogo podsochnogo hozyajstva za schet razvedeniya sosny krymskoj (Pinus Pallasiana Lamb.)* [The establishment in lower and lower sand raw material bases long podsochnogo economy due to the dilution of the Crimean pine]. Diss. dok. s/h. nauk, Elgeva, 1964. 31 p.

8. *Introdukciya perspektivnyh introducentov dlya celej lesovosstanovleniya, lesorazvedeniya i ozeleneniya (promezhutochnyj)* [The introduction of promising exotic species for the purposes of reforestation, afforestation and landscaping]: otchet, Voronezh, 2015. 226 p.

9. *Kompleksnoe osvoenie Nizhnedneprovskih peskov* [The integrated development of the lower Dnieper Sands], Simferopol', Tavriya, 1974. 142 p.

10. Lakida P.I., Vasilishin R.D., Domashovec' G.S., Shvec' Yu.P. *Nadzemna fitomasa ta deponovaniy vuglec' derev sosni krims'koï u Krimu* [Overhead fitomasa and deposited the carbon in the trees of the Crimean pine in the Crimea]. *Naukovij visnik Nacional'nogo universitetu bioresursiv i prirodokoristuvannya Ukraïni. – seriya: lisivnictvo ta dekorativne sadivnictvo* [Scientific Bulletin of the National University of bioresources and nature management of Ukraine. series: forestry and ornamental horticulture]. 2014, Vip. 198, Ch. 1. pp. 29-37.

11. Levin S.V., Pashchenko V.I. *Adaptaciya sosny Pallas (Pinus Pallasiana Lamb.) v Central'no-Chernozemnom regione Rossii* [Adaptation of Pallas pine (Pinus Pallasiana Lamb.) in the Central black earth region of Russia]. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of the Kuban state agrarian University]. 2017. Vyp. 4(67). pp. 126-132.

12. Levin S.V. *Lesovodstvenno-biologicheskie osobennosti razvitiya sosny krymskoj pri ee adaptacii v usloviyah CCHR Rossii* [Silvicultural-biological features of development of Crimean pine in its adaptation in the conditions of Central Chernozem region of Russia] *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of the Kuban state agrarian University]. 2018. Vyp. 4(73), pp. 129-134.

13. Levin S.V., Skokova G.I. *Osobennosti razvitiya sosny krymskoj v ochagah kornevoj gubki na severe stepi Ukraïny (Luganskaya oblast')* [Peculiarities of the development of Crimean pine in the foci of the root sponge in the north of the steppe of Ukraine (Lugansk region)]. *Nauchnyj vestnik Luganskogo Nacional'nogo agrarnogo universiteta* [Scientific Bulletin of Luhansk national agrarian University], 2012. Vyp. 36. pp. 89-92.

14. Levin S.V., Fuchilo Ya.D. *Osoblivosti rostu sosen krims'koï ta zvichajnoï oseredkah kornevoj gubki Skhidnobajrachnogo Stepu Ukraïni* [Especially for the growth of pines in the spring and the middle of the root of the sponge of the Gracious Steppe of Ukraine]. *Naukovij vistnik NUBiP Ukraïni* [Scientific Bulletin of Ukraine]. 2012. Vip. 171/2. pp. 162-166.

15. Levin S.V., Fuchilo Ya.D., Sbitna M.V., Ryabuhin O.Yu. *Osoblivosti rostu derev sosni krims'koï zalezhno vid ih roztashuvannya u nasadzheni* [Features of the growth of the Crimean pine trees depending on their location in the planting]. *Naukovij visnik Nacional'nogo universitetu bioresursiv i prirodokoristuvannya Ukraïni* [Scientific herald of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine], 2014. Vip.198, Ch. 1. pp. 86-89.

16. Liseckij F.N. *Pochvoobrazovatel'nyj potencial lesnyh nasazhdenij pri oblesenii peskov v usloviyah lesostepi i stepi* [Soil-formation Potential of Forest Stands under Sands Afforestation in Forest-steppe and Steppe Environment]. *Lesnoj zhurnal* [Forestry Journal], 2008. № 4, pp. 13-20.

17. Lakida P.I., Vasilishin R.D., Lashchenko A.G. *Normativi ocinki komponentiv nadzemnoï fitomasi derev golovnih lisotvornih porid Ukraïni : dovidnik* [Standards of assessment of components of above-ground phytomass of trees of the main forest-forming breeds of Ukraine]. Kiev: Vidavnicij dim «EKO-inform», 2011. 192 p.

18. Kobec E.V. *Rekomendacii po zashchite hvoynyh porod ot kornevoj gubki v lesah evropejskoj chasti Rossii* [Recommendations for the protection of coniferous species from the root sponge in the forests of the European part of Russia]. VNIILM, Pushkino. 2001. 16 p.
19. Semyonov M.A., Harchenko N.N. *Mekhanizmy formirovaniya ehkosistemnogo biologicheskogo raznoobraziya pri iskusstvennom lesovosstanovlenii* [Mechanisms of formation of ecosystem biological diversity in artificial reforestation]. Voronezh, 2010. 177 p.
20. Smelyanec V.P. *Ustojchivost' sosny krymskoj i obyknovnoy k vrednym nasekomym na yuge Ukrainy* [The stability of the Crimean pine and common harmful insects in the South of Ukraine]: Diss. kand. biol. nauk. Kiev, 1967. 26 p.
21. Turchin T.Ya., Pichueva G.V., CHukarina A.V. Prizhivaemost' kul'tur sosny krymskoj na bugristyh peskah severnoj chasti Rostovskoj oblasti [The survival of Crimean pine crops on the hilly sands of the northern part of the Rostov region]. *Lesovedenie* [Russian Journal of Forest Science], 2017. № 6. pp. 418-423.
22. Harchenko N.A., Harchenko N.N., Kuznecov I.V. Kornevaya gubka i eyo svyaz' so strukturaj i razvitiem kornevyh sistem sosny obyknovnoy v usloviyah CCHR [Root sponge and its relationship with the structure and development of the root system of Scots pine in the conditions of the Central Black Earth region]. Voronezh, 2010. 123 p.
23. Churakov B.P., Bityaev S.G., Churakov R.A. K voprosu ob estestvennom vozobnovlenii lesa v ochagah kornevoj gubki [To the issue of natural regeneration of forests in the centers of the root sponge]. *Lesnoj zhurnal* [Forestry Journal]. 2017. № 4. S. 45-56.
24. Steinlid J., Rayner A.D.M. Environmental and Endogenous Controls of Developmental Pathways: Variation and its Significance in the Forest Pathogen, *Heterobasidion annosum* // *New Phytol.* 1989. Vol. 113, no. 3. P. 245-258.

### Сведения об авторах

*Левин Сергей Валерьевич* – научный сотрудник отдела опытных испытаний, ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии», Воронеж, Российская Федерация; e-mail: Veronika081088@gmail.com.

*Семёнов Михаил Александрович* – заместитель директора по научной и инновационной работе, кандидат биологических наук, ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии», Воронеж, Российская Федерация; e-mail: Mihan\_semenov@mail.ru.

*Пащенко Вероника Игоревна* – младший научный сотрудник отдела биоразнообразия, рационального лесопользования и лесовыращивания, ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии», Воронеж, Российская Федерация; e-mail: Veronika081088@gmail.com.

*Левин Илья Сергеевич* – предприниматель, Воронеж, Российская Федерация; e-mail: Veronika081088@gmail.com.

### Information about authors

*Sergey Valerievich Levin* – research scientist of the Department of experimental study, All-Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology, Voronezh, Russian Federation; e-mail: Veronika081088@gmail.com.

*Mikhail Alexandrovich Semyonov* – deputy director for scientific research and innovation, candidate of biological Sciences, All-Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology, Voronezh, Russian Federation; e-mail: Mihan\_semenov@mail.ru.

*Veronika Igorevna Pashchenko* – junior research scientist of the Department of biodiversity, sustainable forestry and forest cultivation, All-Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology, Voronezh, Russian Federation; e-mail: Veronika081088@gmail.com.

*Levin Ilya Sergeevich* – entrepreneur, Voronezh, Russian Federation; e-mail: Veronika081088@gmail.com.

## ЕСТЕСТВЕННАЯ СМЕНА ЕЛИ СОСНОЙ НА УЧАСТКАХ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР

доктор биологических наук, профессор **А.В. Грязькин**<sup>1</sup>

доктор сельскохозяйственных наук, профессор **Н.В. Беляева**<sup>1</sup>

аспирант **А.Г. Шахов**<sup>1</sup>

аспирант **Нгуен Ван Зинь**<sup>1</sup>

1 – ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Лесные культуры – необходимый и сложный элемент лесовосстановительных мероприятий. Эффективным искусственное лесовосстановление оказывается в тех случаях, когда соблюдается агротехника выращивания молодняков, учитываются особенности почвенно-грунтовых условий на выделенном участке, состав и структура древостоев в стенах леса по периметру участка лесных культур. Обработка почвы не всегда является определяющим фактором высокой приживаемости и сохранности лесных культур. Установлено, что независимо от технологии создания лесных культур не всегда имеется гарантия их сохранности. Смена ели сосной – явление весьма редкое. Лесные культуры ели, созданные в 2004 году после рубки сосняка черничника, и лесные культуры ели 2009 года после рубки сосняка брусничника к 2018 году трансформировались в сосновые молодняки естественного происхождения. На первом участке от 2770 экз./га сохранилось всего 600 высаженных семян ели, а на втором – от 3600 экз./га к 2018 году сохранилось 750 растений. При этом численность подроста сосны естественного происхождения составляет на первом участке 4740 экз./га, а на втором – 2800 экз./га. Без предварительной обработки почвы численность самосева в первом случае почти в два раза больше, чем на участке с обработкой почвы. В обоих случаях в составе молодняков, кроме сосны, встречается подрост ели, березы и осины. Состав молодняков на первом участке 45Б31С12Еев8Ос4Елк, а на втором – 60Б36С13Е1Ос. Общая численность молодняков на первом участке 9550 экз./га, а на втором – 16060 экз./га. Поскольку подрост березы преобладает на обоих участках, рубками ухода ее численность необходимо снижать. Численность подлеска всего 250-720 экз./га. В составе подлеска всего три вида – рябина, крушина, ива. Видовой состав травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов также не отличается большим разнообразием. Преобладающие виды отражают исходный тип леса. Несмотря на свежие, а местами и влажные почвы, на первом участке доминируют вереск и черника (здесь предварительная обработка почвы под лесные культуры не проводилась), на втором участке в составе живого напочвенного покрова преобладает вереск – проективное покрытие 70 %, встречаемость – 97 %. На дне борозд встречается сфагнум и кукушкин лен.

**Ключевые слова:** лесные экосистемы, лесные культуры, естественное лесовозобновление, самосев, подрост, подлесок, живой напочвенный покров.

## NATURAL REPLACEMENT OF SPRUCE BY PINE ON THE AREAS OF FOREST PLANTATIONS

DSc (Biology), Professor **A. V. Griazkin**<sup>1</sup>

DSc (Agriculture), Professor **N. V. Beliaeva**<sup>1</sup>

Post-graduate student **A. G. Shakhov**<sup>1</sup>

Post-graduate student **Nguyen Van Zin**<sup>1</sup>

1 – FSBEI HE «Saint Petersburg State Forest Technical University under name of S.M. Kirov»,  
Saint-Petersburg, Russian Federation

### Abstract

Forest plantation is a necessary and complex element of reforestation activities. Artificial reforestation is effective when agrotechnical cultivation of young plants is observed, the peculiarities of the soil and soil conditions in the

designated area, the composition and structure of forest stands in the forest walls along the perimeter of the forest cultures area are taken into account. Tillage is not always a determining factor in the high survival rate and safety of forest plantations. It has been established that there is not always a guarantee of plantation preservation regardless of the technology of their creation. Replacement of spruce with pine is a very rare phenomenon. Spruce forest plantations, created in 2004 after cutting bilberry pine trees, and spruce forest plantations of 2009 after cutting a lingonberry pine tree by 2018 were transformed into pine young stands of natural origin. In the first area, only 600 from 2,770 (per hectare) of planted spruce seedlings have been preserved, and in the second area 750 plants from 3,600 per hectare. At the same time, the number of undergrowth of pine of natural origin in the first section is 4,740 ind/ha, and in the second – 2,800 ind/ha. Without pretreatment of soil, the number of self-seeding in the first case is almost two times more than in the plot with tillage. In both cases, young plants, in addition to pine include undergrowth of spruce, birch and aspen. The composition of the young stock in the first section is 45B31P12Sp8OS4Sp, and in the second one - 60B36P13E1As. The total number of young plants in the first area is 9,550 ind/ha, and in the second one - 16,060 ind/ha. Since birch undergrowth prevails in both areas, thinning should be reduced. The number of underbrush is only 250-720 ind/ha. There are only three species in the undergrowth - mountain ash, buckthorn and willow. The species composition of the grass-shrub and moss-lichen tiers is also not very diverse. Predominant species reflect the initial forest type. In spite of fresh and sometimes moist soils, heather and blueberry dominate in the first section (here soil was not pretreated for forest cultures), heath dominated in the second plot: 70 % – projective cover, 97 % – occurrence. There is sphagnum and haircap at the bottom of the furrows.

**Keywords:** forest ecosystems, forest plantations, natural reforestation, self-sowing, undergrowth, underbrush, living ground cover.

### Введение

Восстановление лесов – важнейшая задача лесного комплекса страны, на это указывает и Программа развития лесного хозяйства России до 2020 года. Поиск менее затратных, но эффективных способов лесовосстановления – задача была актуальной вчера, остается актуальной сегодня и будет актуальной завтра.

Предварительная обработка почвы – важный элемент производства лесных культур, однако это не всегда имеет решающее значение. Искусственное лесовосстановление имеет свои достоинства и свои недостатки [2, 4, 5, 7-11, 15, 19, 20, 21]. Во многом приживаемость лесных культур и их сохранность зависят от почвенно-грунтовых условий, от типа леса и типа вырубki [2, 4, 5, 8, 10, 11, 15, 18, 22, 23]. В определенных условиях рост и развитие сосны идет успешнее ели и лиственных пород. Известно, что на вырубках Карелии по динамике роста сосна не уступает березе [6, 14, 21-23].

Смена сосны елью и лиственными породами на вырубках и лесокультурных площадях в условиях таежной зоны явление нередкое, а вот обратная смена (смена ели сосной) происходит весьма редко [16, 17]. Это связано не только с особенностями

почвенно-грунтовых условий, но и с другими факторами, в частности с характеристиками древостоев на смежных участках леса. По этим причинам на вырубках и лесокультурных площадях формируются смешанные молодняки с различным соотношением лесообразующих пород в их составе [1, 3-6, 8, 9, 11, 13-21]. В составе хвойных пород в одних случаях может доминировать ель, а в других – сосна [8-12, 15, 16, 21].

*Цель работы* – выявление особенностей структуры молодняков, сформировавшихся на участках лесных культур в результате смены ели сосной естественного происхождения.

### Методика исследования

Объект исследования – лесные культуры ели в условиях Орлинского участкового лесничества Гатчинского лесничества Ленинградской области. Было обследовано два участка. Первый участок – квартал 7, выдел 4, площадь 2,2 га. До рубки – сосняк брусничник 10С<sub>150</sub>. В 2009 году созданы лесные культуры ели, использованы семена с открытой корневой системой. Густота лесных культур – 3,6 тыс./га. Обработка почвы – модернизированный плуг ПКЛ – без отвалов. Западная, северная и южная стены леса по периметру участка представлены

сосняками приспевающего и спелого возраста. Осветление проведено в 20017 году (на 90 % удалена береза).

Второй участок – квартал 6, выдел 37, площадь 2,3 га. До рубки – ельник черничник влажный, осушенный – 8Е1Б1Ос. Вырубка 2002-2003 гг. В 2004 году созданы лесные культуры ели, использованы сеянцы с открытой корневой системой, густота – 2770 экз./га. Обработка почвы не проводилась. Западная, северная и южная стены леса – сосняки смешанного состава. Осветление проведено в 2011 году. Средняя высота листовенного яруса 5 м, ели – 2-3 м, сосны – 3-4 м.

Учет подроста проводили по методике, разработанной на кафедре лесоводства Санкт-Петербургского лесотехнического университета имени С.М. Кирова [7]. Учет лесных культур и оценка естественного возобновления осуществлялись по ходовым линиям, которые закладывали произвольно на одинаковом расстоянии друг от друга. На этих ходовых линиях, для учета подроста и растительности нижних ярусов, закладывали круговые учетные площадки с постоянным радиусом 178,5 см. Учетные площадки примыкали друг к другу, образуя сплошную учетную ленту из круговых площадок по 10 м<sup>2</sup>. При проведении полевых работ оценивали состояние лесных культур и подроста, численность, состав, встречаемость и структуру по высоте.

На этих же круговых площадках учитывали подлесок (состав, количество и структуру по высоте) и живой напочвенный покров (видовой состав, проективное покрытие и встречаемость по видам). Общее количество учетных площадок устанавливали исходя из площади лесного участка, за норму учетной площади принимали 2 %, но на любом объекте исследования закладывали не менее 30 учетных площадок.

### Результаты исследований

На практике имеют место случаи, когда вопреки объективным условиям внедряются субъективные решения. Конкретный случай – создание лесных культур ели на участках после вырубки сосняков в Гатчинском лесничестве Ленинградской области (Орлинское участковое лесничество). Результат такого эксперимента – формирование со-

сновых молодняков естественного происхождения с примесью ели, березы и осины в составе. Данные по составу и численности молодняков на участке лесных культур ели, созданных в 2009 году (участок № 1), представлены в табл. 1.

Таблица 1  
Состав и численность молодняков на участке лесных культур ели, созданных в 2009 г.

Порода	Распределение по группам высот, экз.			Итого, экз.
	крупный	средний	мелкий	
Сосна	800	1300	700	2800
Ель ЛК	-	600	150	750
Ель ЕВ	-	-	650	650
Береза	1600	2450	1200	5250
Осина	-	50	50	100
Итого	2400	4400	2750	9550

*Примечание.* ЛК – лесные культуры, ЕВ – естественное возобновление

По численности, темпам роста и по высоте высаженная ель на обоих участках уступает сосне и листовенным породам. При этом численность высаженных растений ели на момент учета примерно равна численности самосева ели – 750 и 650 экз./га соответственно. Общая численность подроста 9550 экз./га. Состав подроста – 45Б31С12Е<sub>(ЕВ)</sub> 8Ос4Е<sub>(ЛК)</sub>. Подлесок редкий, представлен ивой, крушиной и рябиной. Общая численность подлеска 250 экз./га, состав – 66Ива17Рябина17Крушина.

Живой напочвенный покров состоит на 70 % из вереска, на 10 % из голубики и на 10 % из багульника. Другие виды представлены фрагментарно, мелкими парцеллами (брусника, черника, кипрей, пушица, марьянник, зеленые мхи). Сфагнум и кукушкин лен встречаются только на дне борозд.

Состав и численность молодняков на участке лесных культур ели 2004 г. (участок № 2) представлены в табл. 2.

Таблица 2  
Состав и численность молодняков на участке лесных культур ели, созданных в 2004 г.

Порода	Распределение по группам высот, экз.			Итого, экз.
	крупный	средний	мелкий	
Сосна	2760	1640	320	4740
Ель ЛК	200	360	40	600
Ель ЕВ	120	1200	600	1920
Береза	3320	3680	480	7480
Осина	120	960	240	1320
Итого	6520	7840	1680	16060

На этом участке общая численность молодняков составляет 16060 экз./га, а состав – 45Б31С12Е<sub>(ЕВ)</sub>8Ос4Е<sub>(ЛК)</sub>. Как видно, сохранность лесных культур ели менее 22 %. При этом численность самосева ели превышает численность лесных культур более чем в 3 раза. Средняя высота ели не более 1,5 м, а средняя высота сосны и березы в 2 раза больше.

Как и на первом участке, в составе подлеска встречаются ива, крушина и рябина. Численность подлеска здесь несколько выше – 720 экз./га. Средняя высота подлеска около 1 м.

Живой напочвенный покров состоит на 40 % из вереска, на 30 % из черники и на 10 % из луговика. По микропонижениям обильно встречаются сфагнум (проективное покрытие 30 %) и кукушкин лен (20 %). Другие виды встречаются в небольшом количестве (брусника, кипрей, пушица, голубика, ситник, вейник, малина).

В целом, лесные культуры ели и в первом и во втором случаях оказались неудачными. В первом случае такой результат связан с тем, что ель высажена на «сосновых» супесчаных, сухих почвах, после рубки сосняка и по периметру участка в составе древостоев доминирует сосна. То есть ос-

новные факторы были против ели. Смену ели сосной на втором участке объяснить труднее. Исходный тип леса – ельник черничник, почвы суглинистые, влажные, т. е. оптимальные условия для ели. Однако по периметру этого участка произрастают древостои смешанного состава с преобладанием сосны. Этот фактор оказался решающим. На участке лесных культур встречается самосев сосны разных генераций. Обильные урожаи семян сосны давали новые поколения подроста.

По причине смешанного состава молодняков растений, поврежденных лосем, немного. На обоих участках эта доля составляет не более 3 %. Нежизнеспособный подрост встречается единично. Сухого подроста хвойных пород нет.

### Выводы

Полученные данные позволяют говорить о том, что естественное возобновление сосны преобладает над лесными культурами ели, что встречается крайне редко. Общее количество самосева сосны на обоих участках лесных культур в несколько раз превышает численность ели искусственного происхождения. Сохранность лесных культур ели составляет не более 22 %. Произошла естественная смена лесных культур ели сосной.

### Библиографический список

1. Анিকেева, В. А. Типы вырубок, возобновление и начальные этапы формирования леса на месте среднетаежных ельников-черничников / В. А. Анিকেева // Динамическая типология леса. – М., 1989. – С. 43-60.
2. Бартенев, И. М. Современные экологически сбалансированные, ресурсо- и энергосберегающие технологии лесовосстановления / И. М. Бартенев, И. Е. Донцов, М. Н. Лысыч. – Воронеж, 2008. – 21 с.
3. Беляева, Н. В. Влияние состава материнского древостоя на естественное возобновление ели европейской / Н. В. Беляева, А. П. Апаньцина // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – Воронеж, 2016. – № 4 (24). – С. 33-42.
4. Габова, Е. В. Оценка приживаемости лесных культур хвойных пород в Сторожевском лесничестве / Е. В. Габова // Разработка научных основ и практических рекомендаций по переводу лесосырьевой базы Республики Коми на инновационную интенсивную модель расширенного воспроизводства: сб. матер. науч.-практ. конференции по научной теме института. – Сыктывкар, 2016. – С. 27-28.
5. Гавриленко, В. И. Лесоводственно-экономическая оценка сравнительной эффективности способов лесовосстановления / В. И. Гавриленко, В. А. Петренко, А. И. Смирнов. – СПб., 2006. – 32 с.
6. Гаврилова, О. И. Об отношении средних высот культур сосны и примеси березы на вырубках Карелии / О. И. Гаврилова, Э. А. Леонтьева // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. – 2010. – № 4 (117). – С. 23-29.
7. Грязькин, А. В. Возобновительный потенциал таежных лесов (На примере ельников Северо-Запада России) : моногр. / А. В. Грязькин. – СПб., 2001. – 188 с.

8. Жигунов, А. В. Рост и развитие регенерантов *Pinus sylvestris* и *Picea abies* после высадки на лесокультурную площадь / А. В. Жигунов, Д. А. Шабунин, О. Ю. Бутенко // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: матер. второй Междунар. науч.-техн. конференции. – СПб., 2017. – С. 73-76.
9. Колданов, В. Я. Смена пород и лесовосстановление / В. Я. Колданов. – М.-Л., 1966. – 171 с.
10. Маркова, И. А. Сравнение эффективности технологий лесовосстановления в таёжной зоне / И. А. Маркова, А. В. Жигунов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2003. – Вып. 169. – С. 216-222.
11. Марков, В. А. Об оценке лесовосстановления и повышении его эффективности / В. А. Марков // Лесное хозяйство. – 1998. – № 1. – С. 10-11.
12. Маслаков, Е. Л. Формирование сосновых молодняков / Е. Л. Маслаков. – М.: Лесн. пром-сть, 1984. – 168 с.
13. Матвеева, А. С. Структура подроста ели разных фенологических форм по высоте в зависимости от состава и строения древостоях в разных типах леса / А. С. Матвеева, Н. В. Беляева, Д. А. Данилов // Лесотехнический журнал. – 2017. – № 3. – С. 115-129.
14. Морозов, Г. Ф. Очерки по возобновлению сосны / Г. Ф. Морозов. – М.: Сельколхозгиз, 1930. – 160 с.
15. Нгуен Ван Зинь. Естественное возобновление сосны на площадях лесных культур / Нгуен Ван Зинь, А. Г. Шахов // Экологические проблемы Арктики и северных территорий: межвуз. сб. науч. тр. – Архангельск, 2016. – Вып. 19. – С. 55-57.
16. Санников, С. Н. Экология и география естественного возобновления сосны обыкновенной / С. Н. Санников. – М.: Наука, 1992. – 263 с.
17. Оценка естественного возобновления хвойных пород на сплошных вырубках в условиях Рошинского лесничества / А. А. Фетисова, А. В. Грязькин, Н. В. Ковалев, М. Гуталь // Лесной журнал. – 2013. – № 6. – С. 15-17.
18. Hannerz M. Timing of seed dispersal in *Pinus sylvestris* stands in central Sweden / M. Hannerz, C. Almqvist, R. Hörnfeldt // *Silva Fennica*. – 2002. – 36 (4). – P. 757-765.
19. McCarthy N. The state of forest vegetation management in Europe in the 21st century / N. McCarthy, N. S. Bentsen, I. Willoughby, P. Balandier // *Eur. J. Forest Res.* – 2011. – № 130. – P. 7-16.
20. Nilsson U. Short- and long-term effects of site preparation, fertilization and vegetation control on growth and stand development of planted loblolly pine / U. Nilsson, H. L. Allen // *Forest Ecology and Management*. – 2003. – № 1. – P. 367-377.
21. Uutera J. Impact of Regeneration Method on Stand Structure Prior to First Thinning: Comparative study North Karelia, Finland vs. Republic of Carelia, Russian Federation / J. Uutera // *Silva Fennica*. – 1995. – Vol. 29. – № 4. – P. 267-285.
22. Le Canh Nam. The forest structure and ecological characteristics of *Pinus dalatensis* de Ferre in Bidoup Nui Ba national Park, Lam Dong province / Le Canh Nam, Liru The Trung, Bui The Hoang, Luon Van Dung, va Pham Xuan Nguen // *Tap chi khoa hoc Lam Nghiep*. – 2016. – Sq. 2. – P. 4315-4325.
23. Nguen Van Them. Diameter distribution modelling of plantation of *Pinus kesia* Royle ex Gordon on II site class based on Weibull and Richards distribution functions / Nguen Van Them // *Tap chi khoa hoc Lam Nghiep*. – 2017. – Sq. 1. – P. 42-50.

### References

1. Anikeeva V. A. *Tipy vyrubok, vozobnovlenie i nachal'nye etapy formirovaniya lesa na meste srednetaezhnykh el'nikovchernihnikov* [Types of felling, renewal and initial stages of forest formation in the place of middle-taiga spruce forests] // *Dinamicheskaya tipologiya lesa* [Dynamic typology of forest]. М., 1989, pp. 43-60.

2. Bartenev I. M., Dontsov I. E., Lysych M. N. *Sovremennye ekologicheski sbalansirovannye, resurso- i energosberegayushchie tekhnologii lesovosstanovleniya* [Modern ecologically balanced, resource and energy-saving technologies of reforestation]. Voronezh: GOU VPO VGLTA, 2008, 21 p.
3. Belyaeva N. V., Apanitsyna A. P. *Vliyanie sostava materinskogo drevostoya na estestvennoe vozobnovlenie eli evropeyskoy* [Influence of the composition of the parent stand on the natural renewal of European spruce] // *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika* [Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice]. Voronezh: VGLTA, 2016, № 4 (24), pp. 33-42.
4. Gabova E. V. *Otsenka prizhivaemosti lesnykh kul'tur khvoynykh porod v Storo-zhevskom lesnichestve* [Estimation of the survival of forest cultures of coniferous species in Storozhevsky forestry] // *Razrabotka nauchnykh osnov i prakticheskikh rekomendatsiy po perevodu lesosyr'evoy bazy Respubliki Komi na innovatsionnyu intensivnyu model' rasshirennogo vosproizvodstva: sbornik materialov nauchno-prakticheskoy konferentsii po nauchnoy teme institute* [Development of scientific foundations and practical recommendations on the transfer of the forest resource base of the Komi Republic to the innovative intensive model of extended reproduction: a collection of materials of the scientific and practical conference on the scientific theme of the institute]. Syktyvkar, 2016, pp. 27-28.
5. Gavrilenko V. I., Petrenko V. A., Smirnov A. I. *Lesovodstvenno-ekonomicheskaya otsenka sravnitel'noy effektivnosti sposobov lesovosstanovleniya* [Forestry and economic evaluation of the comparative effectiveness of reforestation methods]. SPb.: SPbGLTA [St. Petersburg: St. Petersburg State Forestry University], 2006. – 32 p.
6. Gavrilova O. I., Leont'eva E. A. *Ob otnoshenii srednikh vysot kul'tur sosny i primesi berezy na vyrubkakh Karelii* [On the ratio of average heights of pine cultures and birch admixtures on felling in Karelia] // *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta* [Scientific notes of Petrozavodsk State University]. Petrozavodsk, 2010, № 4 (117), pp. 23-29.
7. Gryaz'kin A. V. *Vozobnovitel'nyy potentsial taezhnykh lesov. (Na primere el'nikov Severo-Zapada Rossii): monografiya* [Renewable potential of taiga forests. (On the example of spruce forests of the North-West of Russia): monograph]. – SPb [St. Petersburg], 2001, 188 p.
8. Zhigunov A. V., Shabunin D. A., Butenko O. Yu. *Rost i razvitie regenerantov Pinus sylvestris i Picea abies posle vysadki na lesokul'turnuyu ploshchad'* [Growth and development of regenerants of Pinus sylvestris and Picea abies after planting on the forest area] // *Lesa Rossii: politika, promyshlennost', nauka, obrazovanie: materialy vtoroy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Forest of Russia: politics, industry, science, education: materials of the second International Scientific and Technical Conference]. SPb: SPbGLTU [St. Petersburg: St. Petersburg State Forestry University], 2017, pp. 73-76.
9. Koldanov V. Ya. *Smena porod i lesovosstanovlenie* [Change of rocks and reforestation]. M.- L., 1966, 171 p.
10. Markova I. A., Zhigunov A. V. *Sravnenie effektivnosti tekhnologiy lesovosstanovleniya v taezhnoy zone* [Comparison of the efficiency of reforestation technologies in the taiga zone] // *Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii* [News of the St. Petersburg Forestry Academy]. SPb [St. Petersburg], 2003, vyp. 169, pp. 216-222.
11. Markov V. A. *Ob otsenke lesovosstanovleniya i povyshenii ego effektivnosti* [On the evaluation of reforestation and increasing its efficiency] // *Lesnoe khozyaystvo* [Forestry]. M., 1998, № 1, pp. 10-11.
12. Maslakov E. L. *Formirovanie osnovnykh molodnyakov* [Formation of pine young growth]. M.: Lesnaya prom-st' [Moscow: Timber industry], 1984, 168 p.
13. Matveeva A. S., Belyaeva N. V., Danilov D. A. *Struktura podrosta eli raznykh fenologicheskikh form po vysote v zavisimosti ot sostava i stroeniya drevostoyakh v raznykh tipakh lesa* [The structure of spruce growth of different phenological forms in height, depending on the composition and structure of stands in different types of forest] // *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Logging journal]. Voronezh: VGLTU, 2017, № 3, pp. 115-129.
14. Morozov G. F. *Ocherki po vozobnovleniyu sosny* [Essays on the resumption of pine]. M., 1930, 160 p.



15. Nguyen Van Zin, Shakhov A. G. *Estestvennoe vozobnovlenie sosny na ploshchadyakh lesnykh kul'tur* [Natural regeneration of pine in areas of forest crops] // *Ekologicheskie problemy Arktiki i severnykh territoriy: mezhvuzovskiy sbornik nauchnykh trudov* [Ecological problems of the Arctic and northern territories: interuniversity collection of scientific papers]. Arkhangelsk, 2016, Vyp. 19, pp 55-57.
16. Sannikov S. N. *Ekologiya i geografiya estestvennogo vozobnovleniya sosny obyknovennoy* [Ecology and geography of natural regeneration of Scots pine]. M.: Nauka [Moscow: Science], 1992, 263 p.
17. Fetisova A. A., Gryaz'kin A. V., Kovalev N. V., Gutal' M. *Otsenka estestvennogo vozobnovleniya khvoynykh porod na sploshnykh vyrubkakh v usloviyakh Roshchinskogo lesnichestva* [Evaluation of the natural renewal of coniferous species on solid felling in the conditions of the Roshchinsky forestry] // *Lesnoy zhurnal* [Logging Journal]. Arkhangelsk, 2013, № 6, pp. 15-17.
18. Hannerz M., Almqvist C., Hörnfeldt R. *Timing of seed dispersal in Pinus sylvestris stands in central Sweden* // *Silva Fennica*, 2002, 36 (4), pp. 757-765.
19. McCarthy N. The state of forest vegetation management in Europe in the 21st century / N. McCarthy, N. S. Bentsen, I. Willoughby, P. Balandier // *Eur. J. Forest Res*, 2011, № 130, pp. 7-16.
20. Nilsson U., Allen H. L. *Short- and long-term effects of site preparation, fertilization and vegetation control on growth and stand development of planted loblolly pine* // *Forest Ecology and Management*, 2003, № 1, pp. 367-377.
21. Uutera J. *Impact of Regeneration Method on Stand Structure Prior to First Thinning: Comparative study North Karelia, Finland vs. Republic of Carelia, Russian Federation* // *Silva Fennica*, 1995, vol. 29, № 4, pp. 267-285.
22. Le Canh Nam, Liru The Trung, Bui The Hoang, Luon Van Dung, va Pham Xuan Nguen. *The forest structure and ecological characteristics of Pinus dalatensis de Ferre in Bidoup Nui Ba national Park, Lam Dong province* // *Tap chi khoa hoc Lam Nghiep*, 2016, Sq 2, pp. 4315-4325.
23. Nguen Van Them. *Diameter distribution modelling of plantation of Pinus kesia Royle ex Gordon on II site class based on Weibull and Richards distribution functions* // *Tap chi khoa hoc Lam Nghiep*, 2017, Sq 1, pp. 42-50.

### Сведения об авторах

*Грязькин Анатолий Васильевич* – профессор кафедры лесоводства, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова», доктор биологических наук, профессор, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация; e-mail: lesovod@bk.ru.

*Беляева Наталия Валерьевна* – профессор кафедры лесоводства, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова», доктор сельскохозяйственных наук, доцент, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация; e-mail: galbel06@mail.ru.

*Шахов Алексей Геннадьевич* – аспирант кафедры лесоводства, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М.Кирова», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация; e-mail: archinestromaster@yandex.ru.

*Нгуен Ван Зинь* – аспирант кафедры лесоводства, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация; e-mail: lesovod@bk.ru.

### Information about authors

*Gryazkin Anatoliy Vasilevich* – Professor of Forestry Department of Federal State Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov», Dr.Sc. (Biology), Professor of Forestry Department, Saint-Petersburg, Russian Federation; e-mail: lesovod@bk.ru.

*Beliaeva Nataliia Valerievna* – Professor of Forestry Department of Federal State Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov», Dr.Sc. (Forestry), Professor of Forestry Department, Saint-Petersburg, Russian Federation; e-mail: galbel06@mail.ru.

*Shahov Aleksey Gennad'evich* – post-graduate student of Forestry Department, Federal State Educational Institution of Higher Professional Education «Saint-Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov», Saint-Petersburg, Russian Federation; e-mail: archinecromaster@yandex.ru.

*Nguen Van Dhin* – post-graduate student of Forestry Department, Federal State Educational Institution of Higher Professional Education «Saint-Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov», Saint-Petersburg, Russian Federation; e-mail: lesovod@bk.ru.

DOI: 10.12737/article\_5c92016d745008.06291670

УДК 630\*114.30

### **ВОДНЫЙ РЕЖИМ ТЕХНОЗЕМОВ В ОТВАЛАХ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ**

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент **Т.П. Деденко**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет

имени Г.Ф. Морозова»

г. Воронеж, Российская Федерация

Вследствие работы по добыче полезных ископаемых открытым способом на территории Центрального Черноземного региона образовались большие по площади территории техногенно-нарушенных земель. Добыча полезных ископаемых открытым способом приводит к формированию техногенно-нарушенных земель и ухудшению экологической обстановки в районе разработки месторождений. Научная теория рекультивации техногенных земель базируется на понимании взаимосвязанных процессов деградации всех компонентов ландшафта. В осадочном чехле железорудных карьеров Курской магнитной аномалии (КМА) большая часть вскрышных пород – это пески, мело-мергель и мел. Во время горно-вскрышных работ они перемещаются и укладываются в отвалы. На горнотехническом этапе рекультивации необходимо создавать каркасную основу ландшафта. Один из способов повышения плодородного потенциала эдафотопного горизонта отвалов является целенаправленное формирование техноземов в результате нанесения на их поверхность мелиоративного слоя. Объектом исследования является рекультивированный в 1974 г. мело-мергельный отвал Щигровского фосфоритного месторождения Курской области. Приведены результаты исследований водного режима техногенных почв. Установлен общий запас влаги мело-мергеля, который составляет 409 мм, в том числе количество доступной влаги 314 мм. Формирование корнеобитаемого слоя путем нанесения мелиоративного слоя в виде плодородного слоя почвы, четвертичного суглинка или песка на поверхность отвала приводит к снижению общего запаса влаги в метровом слое до 42 %. Наибольшие колебания влажности в течение вегетационного периода наблюдаются в варианте песчано-мело-мергельной смеси. Количество доступной влаги, граничащей с неусвояемым или слабо усвояемым состоянием, приходится на окончание летнего и начало осеннего периода, в то же время условия водообеспечения растений на техноземах со слоем суглинка и плодородным слоем почвы по классификации Вадюниной А.Ф. остаются хорошими и очень хорошими.

**Ключевые слова:** техногенная почва, рекультивация, горнотехнический этап рекультивации, биологическая рекультивация, технозем, мелиоративный слой, динамика влажности почвы, общая и продуктивная влага.

### **WATER MODE OF TECHNOZEM IN DUMPS OF THE KURSK MAGNETIC ANOMALIA**

PhD (Agriculture), Associate Professor **T.P. Dedenko**

Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University of forestry and Technologies named after G. F. Morozov», Voronezh, Russian Federation

#### **Abstract**

Owing to work extraction of minerals by open method on the territory of Central black earth region was formed a large area of the territory of technogenic-disturbed lands. Open-pit mining leads to the formation of techno-

genic disturbed lands and deterioration of the environmental situation in the field development area. The scientific theory of recultivation of technogenic lands is based on the understanding of interrelated processes of degradation of all components of the landscape. In the sedimentary cover of iron ore quarries of the Kursk magnetic anomaly (KMA), most of the overburden is sand, chalk-marl and chalk. During mining operations, they are moved and stacked in dumps. At the mining stage of recultivation it is necessary to create a frame basis of the landscape. One of the ways of increase of fertile potential adaptivnogo horizon dumps is purposeful formation of Technoserv, by applying to the surface of a drainage layer. The object of study is re-cultivated in 1974, Melo-marl blade Toranaga field Schigrovskogo Kursk region. The results of studies of the mode of moisture supply of man-made soils. The total moisture reserve of the chalk-marl soil, which is 409 mm, including the amount of available moisture 314 mm. The formation of the root layer by applying a reclamation layer in the form of humus soil, Quaternary loam or sand deposits on the surface of the blade reduces the total moisture content in the meter layer to 42 %. The greatest fluctuations in humidity during the growing season are observed in the sand-chalk-marl mixture. The amount of moisture available bordering on the undeveloped or poorly assimilated state is at the end of the summer and the beginning of the autumn period, at the same time, the conditions of the water supply of the plants with a layer of loam and a humus of the soil are good and very good.

**Key words:** technogenic soil remediation, mine technical stage of recultivation, biological recultivation, technisem, drainage layer, dynamics of soil moisture, total and productive moisture.

### Введение

Оптимизация экологической обстановки антропогенно-мелового карьерно-отвального ландшафта путем создания искусственных насаждений обычными лесокультурными способами не приводит к желаемому результату из-за неблагоприятных агрохимических и водно-физических свойств меловых и мергельных горных пород. Для лесной рекультивации на горнотехническом этапе необходимо формировать каркасную основу ландшафта – рельеф и корнеобитаемый слой поверхности отвала, – приблизив его к биоэкологическим потребностям древесных и кустарниковых пород. Такая модель рекультивации для лесоразведения предусматривает следующее:

- выравнивание или выполаживание поверхности мелового или мергельного отвала;
- формирование технозёма с применением мелиоративного слоя;
- подбор ассортимента древесных и кустарниковых пород с учетом агрохимических и водно-физических свойств горных пород.

Рост и развитие лесных культур в карьерно-отвальных зональных ландшафтах происходит неодинаково. Одной из главных причин, вызывающих это различие, являются водно-физические особенности горных пород и техногенных почв, а отсюда – режим влажности корнеобитаемого слоя [3, 6, 7].

Недостаток или избыток влаги в техногенных почвах отражается на устойчивости и продуктивности лесных культур [2]. В литературе имеются данные по водному режиму почв под лесной растительностью, изучению режима влажности в насаждениях различной продуктивности, полноты, возраста, влиянию отдельных агротехнических мероприятий при производстве лесного направления биологической рекультивации [1, 5, 8, 12].

Изучению динамики полевой влажности техногенных почв и горных пород карьерно-отвальных ландшафтов посвящено значительное количество работ. Установлено, что водопроницаемость меловых горных пород Щигровского месторождения в ненарушенном состоянии составляет 1,0...4,7 мм/мин, в нарушенном (спланированных отвалах) – 0,68...0,35 мм/мин, иногда 0,006 мм/мин, полная влагоемкость довольно высокая – 40...50 %. Верхний 20 см слой поверхности мело-мергельных отвалов имеет большую часть вегетационного периода удовлетворительное содержание продуктивной влаги, достигающей 20...30 мм, однако при наступлении засушливого периода он быстро теряет влагу и пересыхает до влажности завядания растений. Мел – органо-химическая порода, имеет однородный состав и содержание  $\text{CaCO}_3$  составляет 91-96 % [10]. Обеспечение влагой поверхности отвалов осуществляется за счет атмосферных осадков и внутрипочвенной конденсационной влаги. Суммарная внутрипочвенная конденсация в 50 см слое

грунтосмеси находится в пределах от 39,8 до 47,4 мм, что составляет 20,9...31,1 % от количества осадков, выпавших за тот же период, что не позволяет запасам влаги снижаться до недоступных для растений величин [9, 11]. Однако многие вопросы водного режима техноземов, сформированных из различных потенциально плодородных горных пород, требуют дальнейшего изучения и многолетнего мониторинга фактических данных.

Целью исследования является изучение влияния технологии формирования корнеобитаемого слоя поверхности отвалов на водный режим техноземов.

### Методы исследования и объекты

Щигровское фосфоритное месторождение Курской области представлено девонскими, юрскими, нижне- и верхнемеловыми породами. Над сеноманским фосфоритным слоем мощностью 0,4-0,8 м расположены туронские отложения чистого мела. На размытой поверхности мела залегают сантонский мергель. Отложения четвертичной системы представлены красно-бурыми глинами и лесовидным суглинком. Так же, как пески, мел и мергель очень бедны питательными веществами [2, 10].

Для решения обозначенной проблемы в 1975 г. на мело-мергельных отвалах Щигровского фосфоритного рудника Курской области на площади 2,5 га было создано опытное поле.

Эксперимент заключался в формировании различных эдафических условий техногенных почв посредством нанесения на поверхность мело-мергельного отвала более плодородных мелиоративных слоев различного вида (песка, суглинка или гумусового слоя почвы), мощности с градацией до 10 см, 20 см и 50 см. Нанесение песка, суглинка или плодородного слоя почвы способствует повышению лесорастительного потенциала в соответствии с более благоприятными физическими и агрохимическими показателями наносимого мелиоративного слоя и его мощности.

При проведении механизированной обработки (вспашка, культивация, боронование) были целенаправленно сформированы техногенные почвы (техноземы), на которых были созданы опытно-производственные лесные культуры (рис. 1).

В эксперименте были применены *Populus nigra*, *Betula pendula*, *Pinus sylvestris* и *Lonicera tatarica*, *Robinia pseudoacacia*, *Fraxinus lanceolata*, *Acer negundo*, *Opulaster opulifolius*, *Sambucus racemosa*, *Ulmus parvifolia*.

В 2015 г. в сорокалетних опытно-производственных лесных культурах было заложено девять пробных площадей. Отобрано 162 почвенных образца. Влажность техноземов в течение вегетационного периода (в начале, середине и конце вегетационного периода) определялась путем взятия почвенных образцов буром Малькова на глубину до одного метра с интервалом в 10 см в трехкратной повторности.



Рис. 1. Опытно-производственные лесные культуры березы повислой. Возраст 40 лет. Техноземная почва: мело-мергель с слоем песка 15-20 см. Рекультивация 1975 года. Фото 2015 года. (Щигровский фосфоритный рудник, Курская область)

Определение влажности техноземов, общего и продуктивного запаса влаги проводилось термостатно-весовым методом. Общий и продуктивный запас влаги рассчитывался по общепринятым методикам в почвоведении. Оценка условия влагообеспеченности растений общей и продуктивной влагой осуществлялась по классификации А.Ф. Вадюниной [4].

### Результаты

Проведенные исследования динамики влажности в течение вегетационного периода показали, что влажность техногенных почв определяется водно-физическими свойствами, составом горных пород и их процентным содержанием в технозем-

ной почве (рис. 2). Динамика влажности и запаса продуктивной влаги техногенных почв, сформированных в результате нанесения на меломергельный грунт песка, четвертичного суглинка и плодородного слоя почвы различной мощности, приведена в табл. 1, 2.

Отмечается общая закономерность распределения влажности по профилю почвенного разреза. Наибольшую влажность имеет поверхностный 5...10 см слой, далее идет уменьшение до глубины 20...30 см и последующее постепенное нарастание влажности до глубины одного метра. В соответствии с этим идет распределение по профилю общего запаса и продуктивной влаги. Наибольшая влажность техногенных почв отмечается весной. К концу вегетационного периода постепенно уменьшается, что наиболее характерно для техногенных почв, сформированных с слоем песка.

Проведенные наблюдения показали, что при нанесении на поверхность меломергельного отвала слоя песка мощностью до 10 см, 20 см и 50 см влажность снижается соответственно с 11,9 % до 4,3 % (табл. 1).

При нанесении слоя суглинка на меломергельный грунт и увеличения его мощности в техноземной почве влажность возрастает с 10,1 % (меломергель с слоем суглинка 10 см) до 13,3 % (меломергель с слоем суглинка 50 см).

Аналогичная закономерность характерна и для техноземных почв сформированных с плодородным слоем почвы.

Горная порода меломергель с слоем песка

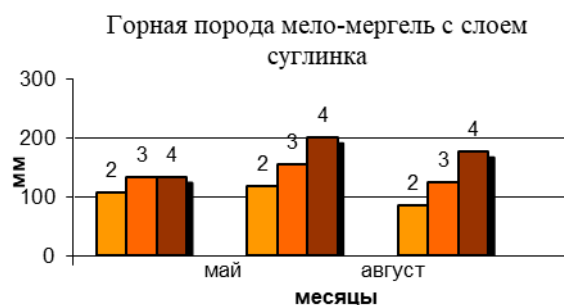
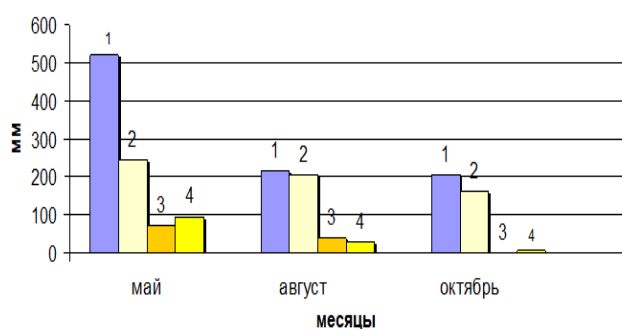


Рис. 2. Количество продуктивной влаги (мм) техногенных почв в метровом слое за вегетационный период 2015 г.: 1 – горная порода меломергель – контрольный вариант; 2 – техноземная почва: горная порода меломергель с мелиоративным слоем 10 см; 3 – техноземная почва: горная порода меломергель с мелиоративным слоем 20 см; 4 – техноземная почва: горная порода меломергель с мелиоративным слоем 50 см

Наибольший общий запас влаги в среднем за вегетационный период имеет меломергельный грунт в количестве 409 мм (табл. 2). Формирование техноземов приводит к уменьшению общего запаса влаги метрового слоя, что связано с изменением гранулометрического состава техноземных почв.

При внесении слоя песка мощностью 10 см, 20 см и 50 см общий запас влаги уменьшается до 61,10 %, 23,70 % и 18,30 % соответственно.

Формирование техноземов с суглинком или плодородным слоем почвы приводит к обратной закономерности. Общий запас влаги возрастает с увеличением мощности наносимого мелиоративного слоя суглинка соответственно 42,20 %, 51,30 %, 60,80 %; гумусовой почвы – 45,40 %, 54,20 %. Но не вся влага, находящаяся в почве, является доступной для растений.

## Природопользование

Проведенные расчеты показали, что в меломергельном грунте количество доступной влаги составляет 314 мм, что по классификации А.Ф. Вадюниной соответствует очень хорошим условиям водообеспечения растений.

В техноземных почвах, сформированных с нанесением слоя песка, с увеличением мощности слоя происходит уменьшение показателя доступной влаги. Это приводит к изменениям водно-физических условий по водообеспеченности от очень хороших (мело-мергельный грунт со слоем песка 10 см) до очень плохих (мело-мергельный

грунт со слоем песка 50 см). Формирование техноземных почв с суглинком способствует накоплению доступной влаги в метровом слое и формирует условия по водообеспеченности от плохих (мело-мергельный грунт с слоем суглинка 10 см), хороших и до очень хороших (мело-мергельный грунт с суглинком 50 см). Формирование техноземов с плодородным слоем почвы немного увеличивает количество доступной влаги. Это объясняется лучшими водно-физическими свойствами, большей гигроскопичностью гумусовой почвы, большим количеством почвенных коллоидов.

Таблица 1

Продуктивный и общий запас влаги (мм) техноземных почв за вегетационный период 2015 г.

Техноземная почва (горная порода и мелиоративный слой)	Общий запас влаги		Запас продуктивной влаги	
	мм	% от контроля	мм	% от контроля
Горная порода мело-мергель – контрольный вариант	409,0	100	314,0	100
Смесь горной породы мело-мергель со слоем песка 10 см	250,0	61,1	204,0	64,9
Смесь горной породы мело-мергель со слоем песка 20 см	97,0	23,7	37,0	11,7
Смесь горной породы мело-мергель со слоем песка 40...50 см	75,0	18,3	44,0	14,0
Смесь горной породы мело-мергель со слоем суглинка 10 см	173,0	42,2	84,0	26,7
Горная порода мело-мергель со слоем суглинка 20 см	210,0	51,3	124,0	39,4
Смесь горной породы мело-мергель со слоем суглинка 50 см	249,0	60,8	175,0	55,7
Смесь горной породы мело-мергель со слоем гумусовой почвы 10 см	186,0	45,4	134,0	42,6
Смесь горной породы мело-мергель со слоем гумусовой почвы 20 см	222,0	54,2	106,0	33,7

Запас продуктивной влаги (мм) и динамика влажности (%) техноземов в течение вегетационного периода 2015 г.

Техноземная почва (горная порода и мелиоративный слой)	Среднее для слоя, см	май 2015г.		август 2015 г.		октябрь 2015 г.		Среднее значе- ние показате- лей		Условия водо- обеспеченности техноземов по Вадюниной А.Ф.
		%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	
Мело-мергель	0-100	40,2	520,2	21,2	217,8	24,0	205,7	28,46	314,56	очень хорошие
Песок 10 см	0-100	12,61	245,63	13,22	206,17	10,02	160,61	11,95	204,13	очень хорошие
Песок 20 см	0-100	6,76	74,52	4,61	37,3	1,54	0,51	4,30	37,44	очень плохие
Песок 50 см	0-100	5,56	96,78	6,01	31,98	2,3	4,46	4,62	44,40	очень плохие
Суглинок 10 см	0-100	11,89	105,99	11,09	117,54	7,32	30,12	10,1	84,55	плохие
Суглинок 20 см	0-100	11,89	132,73	13,92	154,63	11,05	85,25	12,28	124,20	хорошие
Суглинок 50 см	0-100	10,25	132,08	15,28	199,28	14,31	196,19	13,28	175,85	очень хорошие
Плодородный слой почвы 10 см	0-100	14,31	142,56	18,40	165,45	11,43	94,49	14,71	134,16	очень хорошие
Плодородный слой почвы 20 см	0-100	12,23	128,26	17,50	120,05	12,70	71,11	14,14	106,47	хорошие

### Выводы

1. Общий запас влаги мело-мергельного грунта составляет 409 мм, в том числе доступная влага достигает 314 мм, что составляет 76 % от общего запаса, и условия водообеспеченности почв оцениваются как очень хорошие.

2. Формирование техноземов с нанесением песка на поверхность мело-мергельного отвала слоем 10 см приводит к уменьшению продуктивной влаги в метровом слое до 204,1 мм, нанесение песка слоем 50 см до 44,4 мм и оцениваются по условиям водообеспеченности как очень плохие. Формирование техноземов с 10 см слоем суглинка приводит к уменьшению величины продуктивной вла-

ги до 84,5 мм, увеличение мощности слоя до 50 см увеличивает этот показатель до 175,8 мм и оцениваются по водообеспеченности как очень хорошие. Нанесение плодородного слоя почвы 10 см и 20 см снижает запас продуктивной влаги до 134,6 мм, 106,4 мм соответственно и характеризуются по условиям водообеспеченности как хорошие.

3. Наибольшие колебания влажности в течение вегетационного периода наблюдаются в техноземах, сформированных из смеси мело-мергеля с песком. Содержание доступной влаги, граничащей с неусвояемым или слабо усвояемым ее состоянием, приходится на окончание летнего и начало осеннего периода.

### Библиографический список

1. Андроханов, В. А. Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция: моногр. / В. А. Андроханов, С. В. Овсянникова, В. М. Курачев. – Новосибирск : Наука. Сиб. изд. фирма РАН, 2000. – 200 с.
2. Андриященко, П. Ф. Рост и состояние лесных культур при различных способах улучшения мело-мергельных горных пород на отвалах КМА: автореф. дис. канд. с.-х. наук / П. Ф. Андриященко. – Воронеж, 1979. – 17 с.
3. Андриященко, П. Ф. Особенности оптимизации мелового природно-территориального техногенного комплекса ЦФО лесными насаждениями / П. Ф. Андриященко, Т. П. Деденко // Лесотехнический журнал. – 2012. – № 3. – С. 37-43.
4. Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почв и грунтов / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М. : Высш. шк., 1973. – 396 с.
5. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация: учеб. пособие / М. И. Герасимова [и др.]. – Смоленск : Ойкумена, 2003. – 268 с.
6. Деденко, Т. П. К вопросу лесной рекультивации нарушенных земель антропогенно-мелового ландшафта ЦФО / Т. П. Деденко, П. Ф. Андриященко // Лесотехнический журнал. – 2012. – № 4. – С. 141-145.

7. Деденко, Т. П. Особенности роста и состояния культур сосны при лесовосстановлении на перегнойно-карбонатных почвах ЦЧО / Т. П. Деденко // Леса России: политика, промышленность, наука, образование : Матер. третьей междунар. науч.-техн. конференции. Т. 1 / под ред. В. М. Гедьо. – СПб., 2018. – С. 100-103.
8. Dmitrakova A., Abakumov E. Restoration of Soils and Vegetation on Reclamation Sites of the Kingisepp Phosphorite Field // *Pochvovedenie*, 2018, vol. 51. No. 5, pp. 630-640.
9. Medvedev V. Soil penetration resistance and penetrographsinstudies of tillage technologies // *Eurasian Soil Science*, 2009, vol. 42, Issue 3, pp. 299-309.
10. Ермоленко, А. А. Анализ состояния и причин изменения лесистости в Центральном федеральном округе: сложившаяся практика и возможные решения / А. А. Ермоленко // Лесохозяйственная информация. – 2018. – № 4. – С. 55-65.
11. Моторина, Л. В. Промышленность и рекультивация земель / Л. В. Моторина, В. А. Овчинников. – М. : Мысль, 1975. – 240 с.
12. Панков, Я. В. Особенности роста лесных культур в меловых карьерно-отвалных ландшафтах КМА / Я. В. Панков, П. Ф. Андриющенко, Т. П. Деденко // Лесной журнал. – 2008. – № 6. – С. 104-107.
13. Шок, И. А. К вопросу эффективности использования вскрышных меловых пород КМА для повышения плодородия почв / И. А. Шок, Е. А. Ермолович, М. В. Владыка // Горный журнал. – 2014. – № 8. – С. 59-62.

### References

1. Androkhanov V. A., Ovsyannikova S. V., Kurachev V. M. *Pochvy tehnogennykh landshaftov: genesis i jevoljucija* [The soils of technogenic landscapes: genesis and evolution]. Novosibirsk, 2000, 200 p. (In Russian)
2. Andryushchenko P. F. *Rost i sostojanie lesnykh kul'tur pri razlichnykh sposobakh uluchsheniya melo-mergel'nykh gornykh porod na otvalah KMA* [Swept-mergelnykh body height and a condition of forest cultures at various ways of improvement rocks on KMA dumps]. Voronezh, 1979, 17 p. (In Russian)
3. Andryushchenko P. F., Dedenko T. P. *Osobennosti optimizacii melovogo prirodno-territorialnogo tehnogenogo kompleksa CFO lesnimi nasajdeniyami* // *Lesotekhnicheskii jurnal*. 2012. № 3. pp. 37-43 (In Russian)
4. Vadyunina A. F., Korchagina Z. A. *Metodi issledovaniya fizicheskikh svoystv pochvi gruntov*. M, Vissh. shk., 1973, 396 p. (In Russian)
5. Gerasimova M. I. *Antropogennye pochvy: genezis, geografija, rekul'tivacija* [Anthropogenous soils: genesis, geography, recultivation]. Smolensk, 2003, 268 p. (In Russian)
6. Dedenko T. P., Andryushchenko P. F. *K voprosu lesnoi rekultivacii narushennykh zemel antropogennomelovogo landshafta CFO* // *Lesotekhnicheskii jurnal*. 2012. № 4. P. 141-145 (In Russian)
7. Dedenko T. P. *Osobennosti rosta i sostoyaniya kultur sosni pri lesovosstanovlenii na peregnoino-karbonatnykh pochvakh CChO* // *Lesa Rossii, politika, promishlennost, nauka, obrazovanie. Materiali tretei mejdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferencii*. Tom 1 / pod red. V. M. Gedo. – SPb, 2018, pp. 100-103 (In Russian)
8. Dmitrakova A., Abakumov E. Restoration of Soils and Vegetation on Reclamation Sites of the Kingisepp Phosphorite Field // *Pochvovedenie*, 2018, vol. 51, No. 5, pp. 630-640.
9. Medvedev V. Soil penetration resistance and penetrographsinstudies of tillage technologies // *Eurasian Soil Science*, 2009, vol. 42, Issue 3, pp. 299-309.
10. Ermolenko A. A. *Analiz sostoyaniya i prichin izmeneniya lesistosti v Central'nom federal'nom okruge: slozhivshayasya praktika i vozmozhnye resheniya* // *Lesohozyajstvennaya informaciya*. 2018, № 4, p. 55-65 (In Russian)
11. Motorina L. V., Ovchinnikov V. A. *Promishlennost i rekultivaciya zemel*. M. : Misl, 1975. 240 p. (In Russian)
12. Pankov Ya. V., Andryushchenko P. F., Dedenko T. P. *Osobennosti rosta lesnykh kultur v melovykh karerno-otvalnykh landshaftah KMA* // *Lesnoi jurnal*. 2008. № 6. pp. 104-107 (In Russian)
13. Shok I. A., Ermolovich E. A., Vladyka M. V. *K voprosu yeffektivnosti ispol'zovaniya v skryshnykh melovykh porod KMA dlja povysheniya plodorodija pochv* [To a question of effectiveness of use of overburden cretaceous breeds of KMA for increase in fertility of soils]. *Gornyi zhurnal* [Mountain magazine]. 2014, no. 8. pp. 59-62 (In Russian)



## Сведения об авторе

*Деденко Татьяна Петровна* – доцент кафедры ландшафтной архитектуры и почвоведения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», кандидат сельскохозяйственных наук, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: dedenkotp@mail.ru.

## Information about the author

*Dedenko Tatyana Petrovna* – the Associate Professor of landscape architecture and soil science department, FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», PhD (Agriculture), Voronezh, Russian Federation; e-mail: dedenkotp@mail.ru.

DOI: 10.12737/article\_5c92016dbebba5.10261430

УДК 630.4

## ВЛИЯНИЕ ПОЛНОТЫ ЕЛЬНИКОВ ПРИКАМЬЯ НА ИХ САНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ

аспирант **Л.А. Иванчина**<sup>1</sup>

доктор сельскохозяйственных наук, профессор **А.П. Кожевников**<sup>1,2</sup>

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент **Н.А. Кряжевских**<sup>1</sup>

доктор сельскохозяйственных наук, профессор **С.В. Залесов**<sup>1</sup>

1 – ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», г. Екатеринбург, Российская Федерация

2 – ФГБУН «Ботанический сад УрО РАН», г. Екатеринбург, Российская Федерация

В последние десятилетия во многих странах мира наблюдается массовое усыхание еловых насаждений. Ель – теневыносливая древесная порода, для которой для активной жизнедеятельности полнота 0,8 является оптимальной. Низкие полноты могут оказывать неблагоприятное влияние на санитарное состояние деревьев ели. Цель исследований – установление влияния полноты еловых древостоев на их устойчивость в зоне хвойно-широколиственных (смешанных) лесов Пермского края. Объектом изучения явились смешанные по составу еловые древостои III-VI классов возраста Осинского и Чайковского лесничеств, расположенные в зоне хвойно-широколиственных (смешанных) лесов Пермского края. Проанализированы акты лесопатологических обследований 2017 года, зафиксировавшие усыхание ели. В 2017 году в Осинском и Чайковском лесничествах в древостоях III-VI классов возраста отмечено усыхание ели в 185 лесных выделах на площади 1900,2 га. Средневзвешенная категория санитарного состояния ельников Прикамья варьируется от 2,65 (сильно ослабленные насаждения) до 4,22 (усыхающие насаждения). С увеличением возраста санитарное состояние насаждения ухудшается. С увеличением полноты насаждения средневзвешенная величина санитарного состояния уменьшается, что подтверждается высокими коэффициентами корреляции. Запас сухостоя в ельниках Чайковского и Осинского лесничеств варьируется от 20,5 до 59,5 %. Наибольший объем сухостоя (59,5 %) определен в насаждениях V класса возраста. С увеличением полноты запас сухостоя уменьшается (от 41,0 до 28,7 %). Влияние полноты на санитарное состояние ельников следует учитывать при назначении санитарных и выборочных рубок, а также рубок ухода.

**Ключевые слова:** Пермский край, зона хвойно-широколиственных (смешанных) лесов, полнота древостоя, средневзвешенная категория санитарного состояния, запас сухостоя, ельники, усыхание.

## INFLUENCE OF SPRUCE FORESTS DENSITY ON THEIR SANITARY CONDITION

Post-graduate student **L.A. Ivanchina**<sup>1</sup>

DSc (Agriculture), Professor **A.P. Kozhevnikov**<sup>1,2</sup>

PhD (Agriculture), Associate Professor **N.A. Kryazhevskikh**<sup>1</sup>

DSc (Agriculture), Professor **S.V. Zalesov**<sup>1</sup>

1 – FSBEI HE «Ural State Forest Engineering University», Yekaterinburg, Russian Federation

2 – FSBIS Russian Academy of Sciences, Ural Branch: Institute Botanic Garden; Yekaterinburg, Russian Federation

### Abstract

There has been a massive drying out of spruce plantations in many countries of the world in recent decades. Spruce is a shade-tolerant tree species, for which the density of 0.8 is optimal for active life. Low density may adversely affect the health of spruce trees. The purpose of research is to establish the influence of spruce stands density on their stability in the zone of coniferous-deciduous (mixed) forests of the Perm Territory. The object of study was the mixed-composition spruce stands of the III-VI age classes of Osinsky and Tchaikovsky forest areas, located in the zone of coniferous-deciduous (mixed) forests of the Perm Territory. Acts of forest pathology surveys in 2017 have been analyzed, which recorded drying out of spruce. In 2017, in Osinsky and Tchaikovsky forest areas, drying out of spruce in 185 forest plots on the area of 1900.2 hectares was observed in the stands of III-VI age classes. The weighted average category of sanitary condition of Prikamye spruce forests varies from 2.65 (strongly weakened plantations) to 4.22 (drying plantations). Sanitary condition of the plantation deteriorates with increasing age. With an increase in the completeness of the plantation, the weighted average of the sanitary condition decreases. It is confirmed by high correlation coefficients. The stock of dead wood in the spruce forests of Tchaikovsky and Osinsky forest areas varies from 20.5 to 59.5 %. The largest volume of dry wood (59.5 %) is determined in plantations of the 5th age class. The stock of dead wood has decreased (from 41.0 % to 28.7 %) with increase in density. The influence of density on the sanitary condition of spruce forests should be considered when assigning sanitary and selective logging, as well as thinning.

**Keywords:** the Perm Territory, coniferous-deciduous (mixed) forest zone, density of the stand, weighted average category of sanitary condition, stock of dead wood, spruce forests, drying out.

В последние десятилетия в различных странах мира наблюдается массовое усыхание еловых насаждений [7-8, 12-16]. Лесоводственно-таксационные показатели еловых древостоев оказывают огромное влияние на их устойчивость. В частности, установлена зависимость устойчивости ельников от типа лесорастительных условий [3] и возраста [8].

Таксационная полнота характеризует плотность расположения деревьев на определенном лесном участке. Относительная полнота выражается в десятых долях единицы. За единицу принимают такую полноту древостоя на площади 1 га, которая для данной породы, возраста и лесорастительных условий является максимальной. При полноте единица в насаждении используются все природные возможности занимаемой деревьями территории [2]. Ель – это теневыносливая древесная порода. Полнота 0,8 для активной жизнедеятельности её древостоев является оптимальной [6]. Низкие

полноты могут оказывать неблагоприятное влияние на санитарное состояние деревьев ели.

Согласно сведениям Е.Г. Малаховой и А.М. Крылова [7], усыханию в Московской области преимущественно подвержены припевающие и спелые ельники с полнотой 0,7. Другие авторы [4, 8] отмечают, что короед-типограф (*Ips typographus* (Linnaeus, 1758)), размножением которого неразрывно сопровождается процесс усыхания ельников, предпочитает заселять среднеполнотные еловые насаждения (с полнотой 0,5-0,7).

Не являются исключением в этом отношении и ельники Пермского края, расположенные в зоне хвойно-широколиственных (смешанных) лесов [3]. На территории Пермского края в последние годы, за редким исключением [4], работ по изучению усыхания еловых насаждений не проводилось, что и определило направление наших исследований.

Цель работы – установление влияния полноты еловых древостоев на их устойчивость в условиях зоны хвойно-широколиственных (смешанных) лесов Пермского края.

Объектом изучения явились смешанные по составу еловые древостои III-VI классов возраста Осинского и Чайковского лесничеств, расположенные в зоне хвойно-широколиственных (смешанных) лесов Пермского края [9].

Проанализированы акты лесопатологических обследований 2017 года, зафиксировавшие усыхание ели. Лесопатологические обследования ежегодно проводятся лесопатологами с целью назначения санитарных рубок. В процессе составления актов лесопатологических обследований закладывались пробные площади [11].

На пробных площадях проводился сплошной перебор деревьев с измерением диаметра и с определением категории санитарного состояния каждого дерева. Категория санитарного состояния устанавливалась по 7-балльной шкале [10]: 1 – здоровые, 2 – ослабленные, 3 – сильно ослабленные, 4 – усыхающие, 5 – свежий сухостой, 5а – свежий ветровал, 5б – свежий бурелом, 6 – старый сухостой, 6а – старый ветровал, 6б – старый бурелом, 7 – аварийные деревья.

Проведен расчет средних таксационных показателей древостоев, запас древесины по категориям санитарного состояния, а также средневзвешенная категория санитарного состояния каждого насаждения.

Все насаждения распределены по классам возраста, по типам лесорастительных условий и полнотам. Для каждой полноты определено среднее значение средневзвешенной категории санитарного состояния древостоя, а также рассчитан средний объем сухостоя в каждом насаждении. Оценка санитарного состояния древостоев проведена по Б.И. Ковалеву [5]. При средневзвешенной категории санитарного состояния до 1,5 древостой оценивался как здоровый, при значении от 1,6 до 2,5 – ослабленный, от 2,6 до 3,5 – сильно ослабленный, от 3,6 до 4,5 – усыхающий, свыше 4,5 – погибший.

Для подтверждения существования связи между полнотой насаждения и его средневзвешенной категорией санитарного состояния, а также

между полнотой и запасом сухостоя в насаждении, определен коэффициент корреляции. Все статистические расчеты выполнены в Microsoft Excel [1].

В 2017 году в Осинском и Чайковском лесничествах в древостоях III-VI классов возраста зафиксировано усыхание ели в 185 лесных выделах на площади 1900,2 га (табл. 1). Наибольшая площадь усыхания ели отмечена в насаждениях IV класса возраста (114 выделов на площади 1170,4 га), в свежих относительно богатых лесорастительных условиях (С2) (115 выделов на площади 1194 га). Следует отметить, что указанные тип лесорастительных условий и класс возраста древостоев являются преобладающими в зоне хвойно-широколиственных (смешанных) лесов Пермского края. Полнота усохших еловых древостоев варьируется от 0,4 до 0,8. Наибольшая площадь усыхания ели зафиксирована в среднеполнотных древостоях с полнотой 0,6 (87 выделов на площади 861 га). Однако древостои с указанной полнотой преобладают на территории Осинского и Чайковского лесничеств.

Средневзвешенная категория санитарного состояния ельников Прикамья варьируется от 2,65 (сильно ослабленные насаждения) до 4,22 (усыхающие насаждения) (табл. 2). Следует отметить, что минимальная средневзвешенная величина санитарного состояния отмечена в высокополнотных (с полнотой 0,8), а максимальная – в среднеполнотных древостоях (с полнотой 0,5).

Невысокие значения средневзвешенной категории санитарного состояния имеют среднеполнотные древостои III класса возраста. Худшее санитарное состояние обнаружено в спелых древостоях V класса возраста, что подтверждает ослабление санитарного состояния древостоев ели с увеличением возраста.

С увеличением полноты насаждения средневзвешенная величина санитарного состояния, как правило, уменьшается. Особенно четко указанная закономерность прослеживается в рядах, представленных значительной выборкой, и подтверждается высокими коэффициентами корреляции, доказывающими тесную связь между показателями. Следует отметить, что отсутствие закономерности

## Природопользование

в насаждениях V и VI классов возраста объясняется незначительной выборкой показателей.

Зависимость между полнотой усохших ельников Прикамья и средневзвешенной величиной санитарного состояния описывается уравнением (1)

$$y = 2,8571x^2 - 4,8886x + 5,1594, \quad (1)$$

где  $x$  – полнота древостоя;  $y$  – средневзвешенная величина санитарного состояния. Об очень

тесной связи исследуемых показателей свидетельствует высокое значение коэффициента детерминации  $R^2 = 0,964$ . Указанное уравнение справедливо в диапазоне полнот древостоев от 0,4 до 0,8. Влияние полноты на санитарное состояние древостоев ели подтверждается также объемом усохших деревьев (табл. 3).

Таблица 1

Количество и площадь обследованных лесных участков

Класс возраста	Тип условий место-произрастания	Количество и площадь усохших лесных участков по полнотам, шт./га					Итого
		0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	
3	B <sub>2</sub>	-	$\frac{1}{21,1}$	$\frac{6}{57,1}$	$\frac{8}{73,1}$	$\frac{1}{2,1}$	$\frac{16}{153,4}$
	C <sub>2</sub>	-	$\frac{3}{8,3}$	$\frac{6}{20,3}$	$\frac{6}{81,8}$	-	$\frac{15}{110,4}$
	C <sub>3</sub>	-	-	$\frac{1}{9,5}$	-	-	$\frac{1}{9,5}$
Итого		-	$\frac{4}{29,4}$	$\frac{13}{86,9}$	$\frac{14}{154,9}$	$\frac{1}{2,1}$	$\frac{32}{273,3}$
4	B <sub>2</sub>	-	$\frac{4}{44}$	$\frac{18}{188,2}$	$\frac{12}{166,2}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{35}{408,4}$
	C <sub>2</sub>	$\frac{3}{14,1}$	$\frac{8}{96}$	$\frac{36}{324,9}$	$\frac{26}{282,4}$	$\frac{3}{26,3}$	$\frac{76}{743,7}$
	C <sub>3</sub>	-	$\frac{1}{4,5}$	$\frac{2}{13,8}$	-	-	$\frac{3}{18,3}$
Итого		$\frac{3}{14,1}$	$\frac{13}{144,5}$	$\frac{56}{526,9}$	$\frac{38}{448,6}$	$\frac{4}{36,3}$	$\frac{114}{1170,4}$
5	B <sub>2</sub>	-	$\frac{2}{17,5}$	$\frac{6}{34,1}$	$\frac{1}{2,1}$	-	$\frac{9}{53,7}$
	C <sub>2</sub>	$\frac{1}{0,5}$	$\frac{6}{81,4}$	$\frac{9}{147,8}$	$\frac{2}{8,4}$	-	$\frac{18}{238,1}$
	C <sub>3</sub>	$\frac{2}{25}$	-	$\frac{1}{16,8}$	-	-	$\frac{3}{41,8}$
Итого		$\frac{3}{25,5}$	$\frac{8}{98,9}$	$\frac{16}{198,7}$	$\frac{3}{10,5}$	-	$\frac{30}{333,6}$
6	B <sub>2</sub>	-	$\frac{2}{17,3}$	-	-	-	$\frac{2}{17,3}$
	C <sub>2</sub>	$\frac{1}{4,8}$	$\frac{2}{20}$	$\frac{2}{27}$	$\frac{1}{12}$	-	$\frac{6}{63,8}$
	C <sub>3</sub>	-	$\frac{1}{3,8}$	-	-	-	$\frac{1}{3,8}$
Итого		$\frac{1}{4,8}$	$\frac{5}{41,1}$	$\frac{2}{27}$	$\frac{1}{12}$	-	$\frac{9}{84,9}$
Всего	B <sub>2</sub>	-	$\frac{9}{99,9}$	$\frac{30}{279,4}$	$\frac{21}{241,4}$	$\frac{2}{12,1}$	$\frac{62}{632,8}$
	C <sub>2</sub>	$\frac{5}{19,4}$	$\frac{19}{222,2}$	$\frac{53}{541,5}$	$\frac{35}{384,6}$	$\frac{3}{26,3}$	$\frac{115}{1194}$
	C <sub>3</sub>	$\frac{2}{25}$	$\frac{2}{8,3}$	$\frac{4}{40,1}$	-	-	$\frac{8}{73,4}$
Итого		$\frac{7}{44,4}$	$\frac{30}{330,4}$	$\frac{87}{861}$	$\frac{56}{626}$	$\frac{5}{38,4}$	$\frac{185}{1900,2}$

## Природопользование

Таблица 2

Распределение средних значений средневзвешенных категорий санитарного состояния по полнотам

Класс возраста	Тип условий местопроизрастания	Средние значения средневзвешенных категорий санитарного состояния по полнотам					Коэффициент и оценка корреляции
		0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	
3	B <sub>2</sub>	-	3,6	2,91	3,17	2,65	- 0,969 (очень сильная связь)
	C <sub>2</sub>	-	3,63	3,31	2,81	-	
	C <sub>3</sub>	-	-	3,1	-	-	
Итого		-	3,62	3,11	3,02	2,65	
4	B <sub>2</sub>	-	3,33	3,29	3,2	3,48	- 0,77 (сильная связь)
	C <sub>2</sub>	3,76	3,59	3,13	3,1	3,25	
	C <sub>3</sub>	-	3,1	3,2	-	-	
Итого		3,76	3,47	3,18	3,13	3,31	
5	B <sub>2</sub>	-	4,22	3,6	3,8	-	- 0,18 (слабая связь)
	C <sub>2</sub>	3,41	3,49	3,51	3,95	-	
	C <sub>3</sub>	3,97	-	3,3	-	-	
Итого		3,78	3,67	3,53	3,9	-	
6	B <sub>2</sub>	-	3,37	-	-	-	0,886 (сильная связь)
	C <sub>2</sub>	2,8	3,1	3,1	3,7	-	
	C <sub>3</sub>	-	3,22	-	-	-	
Итого		2,8	3,23	3,1	3,7	-	
Всего	B <sub>2</sub>	-	3,56	3,27	3,22	3,07	- 0,956 (очень сильная связь)
	C <sub>2</sub>	3,5	3,51	3,21	3,11	3,25	
	C <sub>3</sub>	3,97	3,16	3,2	-	-	
Итого		3,63	3,5	3,23	3,1	3,1	

Таблица 3

Распределение средних значений запаса сухостоя по древостоям с различной полнотой

Класс возраста	Тип условий местопроизрастания	Средние значения запаса сухостоя по древостоям с различной полнотой, %					Коэффициент и оценка корреляции
		0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	
3	B <sub>2</sub>	-	53,0	19,8	29,4	23	- 0,824 (сильная связь)
	C <sub>2</sub>	-	47,7	34,5	20,8	-	
	C <sub>3</sub>	-	-	6	-	-	
Итого		-	49,0	25,5	25,7	23	
4	B <sub>2</sub>	-	36,5	35,4	31,6	24	- 0,873 (сильная связь)
	C <sub>2</sub>	40,3	36,2	28,6	25,8	32,3	
	C <sub>3</sub>	-	25	14,5	-	-	
Итого		40,3	35,5	30,3	27,6	30,2	
5	B <sub>2</sub>	-	59,5	39,5	46	-	0,2 (слабая связь)
	C <sub>2</sub>	29	35,7	39,3	54,5	-	
	C <sub>3</sub>	57,5	-	40,0	-	-	
Итого		48,0	41,6	39,4	51,7	-	
6	B <sub>2</sub>	-	36,5	-	-	-	- 0,608 (средняя связь)
	C <sub>2</sub>	22	26,5	20,5	39,0	-	
	C <sub>3</sub>	-	29	-	-	-	
Итого		22,0	31,0	20,5	39,0	-	
Всего	B <sub>2</sub>	-	43,4	33,1	31,4	23,5	- 0,945 (очень сильная связь)

Запас сухостоя в ельниках Чайковского и Осинского лесничеств варьируется от 20,5 до

59,5 %. Наибольший объем сухостоя (59,5 %) обнаружен в насаждениях V класса возраста. С увели-

чением полноты запас сухостоя в усохших ельниках уменьшается (от 41,0 до 28,7 %), что также подтверждается высокими коэффициентами корреляции. Уравнение указанной зависимости имеет следующий вид (2):

$$y = 73,571x^2 - 122,39x + 79,01, \quad (2)$$

где  $x$  – полнота древостоя;  $y$  – запас сухостоя, %. Значение коэффициента детерминации ( $R^2 = 0,952$ ) указывает на тесную связь показателей. Уравнение справедливо в диапазоне полнот древостоев от 0,4 до 0,8. Таким образом, с уменьшением полноты ельников Прикамья их санитарное состояние ухудшается.

### Выводы:

1. В 2017 году в Осинском и Чайковском лесничествах в древостоях III-VI классов возраста зафиксировано усыхание ели на площади 1900,2 га.
2. Средневзвешенная категория санитарного состояния ельников Прикамья варьируется от 2,65

(сильно ослабленные насаждения) до 4,22 (усыхающие насаждения), а запас сухостоя – от 20,5 до 59,5 %.

3. Худшее санитарное состояние характерно для спелых насаждений V класса возраста.

4. С увеличением полноты древостоя средневзвешенная категория санитарного состояния и объем сухостоя в ельниках уменьшаются, что подтверждается высокими коэффициентами корреляции. Уменьшение средневзвешенной категории санитарного состояния отмечено до полноты 0,8.

5. Влияние полноты на санитарное состояние ельников следует учитывать при назначении санитарных и выборочных рубок, а также рубок ухода.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН «Ботанический сад УрО РАН».*

### Библиографический список

1. Багинский, В. Ф. Биометрия в лесном хозяйстве: учеб. / В. Ф. Багинский, О. В. Лапицкая. – Гомель, 2017. – 276 с.
2. Багинский, В. Ф. Таксация леса: учеб. пособие / В. Ф. Багинский. – Гомель, 2013. – 416 с.
3. Иванчина, Л. А. Влияние условий местопроизрастания на усыхание еловых древостоев / Л. А. Иванчина, С. В. Залесов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 2(64). – С. 56-60.
4. Клюев, В. С. Факторы дестабилизации состояния ельников и повышение их устойчивости лесохозяйственными мероприятиями на примере Брянской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.02 / В. С. Клюев. – Брянск, 2013. – 24 с.
5. Ковалёв, Б. И. Состояние заподсоченных сосновых лесов Приангарья / Б. И. Ковалёв // Лесное хозяйство. – 1993. – № 5. – С. 35-38.
6. Луганский, Н. А. Лесоведение: учеб. пособие / Н. А. Луганский, С. В. Залесов, В. Н. Луганский. – Екатеринбург, 2010. – 432 с.
7. Малахова, Е. Г. Усыхание ельников в Клинском лесничестве Московской области / Е. Г. Малахова, А. М. Крылов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т. 14. – № 1 (8). – С. 1975-1978.
8. Маслов, А. Д. Короед-типограф и усыхание еловых лесов: моногр. / А. Д. Маслов. – М. : ВНИИЛМ, 2010. – 138 с.
9. Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и перечня лесных районов Российской Федерации: утв. Приказом Минприроды России от 18.08.2014 г. № 367 (ред. от 23.12.2014 г.) (Зарегистрировано в Минюсте России 29.09.2014 г. № 34186).
10. Об утверждении Правил санитарной безопасности в лесах: утв. Постановлением Правительства Российской Федерации от 20 мая 2017 г. № 607.
11. Основы фитомониторинга: учеб. пособие / Н. П. Бунькова [и др.]. – Екатеринбург, 2011. – 89 с.

12. Climate Change and Bark Beetles of the Western United States and Canada: Direct and Indirect Effects / B. J. Bentz [et al.] // *BioScience*. – 2010. – Vol. 60. – Issue 8. – P. 602-613.
13. Berg, E. E. Spruce beetle outbreaks on the Kenai Peninsula, Alaska, and Kluane National Park and Reserve, Yukon Territory: relationship to summer temperatures and regional differences in disturbance regimes / E. E. Berg [et al.] // *Forest Ecology and Management*. – 2006. – Vol. 227. – P. 219-232.
14. Kreutz, J. Horizontal transmission of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* among the spruce bark beetle, *Ips typographus* (Col., Scolytidae) in the laboratory and under field conditions / J. Kreutz, G. Zimmermann, O. Vaupel // *Biocontrol Science and Technology*. – 2004. – Vol. 14. – No. 8. – P. 837-848.
15. Müller, J. The European spruce bark beetle *Ips typographus* in a national park: from pest to keystone species / J. Müller [et al.] // *Biodiversity and Conservation*. – 2008. – Vol. 17. – No. 12. – P. 2979-3001.
16. Schroeder, L. M. Retention or salvage logging of standing trees killed by the spruce bark beetle *Ips typographus*: Consequences for dead wood dynamics and biodiversity / L. M. Schroeder // *Scand. J. For. Res.* – 2007. – Vol. 22. – No. 6. – P. 524-530.

### References

1. Baginsky V. F., Lapitskaya O. V. *Biometriya v lesnom hozyajstve* [Biometrics in forestry]. Gomel: Francysk Skaryna Gomel State University, 2017, 276 p. (In Belarus)
2. Baginsky V. F. *Taksaciya lesa* [Forest taxation]. Gomel: Francysk Skaryna Gomel State University, 2013, 416 p. (In Belarus)
3. Ivanchina L. A., Zalesov S. V. *Vliyanie uslovij mestoproizrastaniya na usyhanie elovyh drevostoev* [Effect of vegetation conditions on the desiccation of spruce stands] *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [News of Orenburg State Agrarian University], 2017, no. 2 (64), pp. 56-60. (In Russian)
4. Klyuev V. S. *Faktory destabilizacii sostoyaniya el'nikov i povyshenie ih ustojchivosti lesohozyajstvennymi meropriyatiyami na primere Bryanskoy oblasti* [Factors of destabilization of the spruce forests and increasing their sustainability by forestry measures on the example of the Bryansk region]: Abstract of Candidate of Agricultural Sciences: 06.03.02, Bryansk, 2013, 24 p. (In Russian)
5. Kovalev B. I. *Sostoyanie zapodsochennyh sosnovyh lesov Priangar'ya* [The condition of subsurface pine forests of Priangarie] *Lesnoe hozyajstvo* [Forestry], 1993, no. 5, p. 35-38. (In Russian)
6. Lugansky N. A., Zalesov S. V., Lugansky V. N. *Lesovedenie* [Forest Science]. Ekaterinburg: Ural State Forest Engineering University, 2010, 432 p. (In Russian)
7. Malakhova E. G., Krylov A. M. *Usyhanie el'nikov v Klin'skom lesnichestve Moskovskoy oblasti* [Drying of spruce forests in the Klin forest area of the Moscow Region] *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk* [Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2012, Volume 14, no. 1 (8), pp. 1975-1978. (In Russian)
8. Maslov A. D. *Koroed-tipograf i usyhanie elovyh lesov* [Bark beetle-typographer and drying up of spruce forests]. Moscow, 2010, 138 p. (In Russian)
9. *Ob utverzhdenii Perechnya lesorastitel'nyh zon Rossijskoj Federacii i perechnya lesnyh rajonov Rossijskoj Federacii* [On approval of the List of forest growing zones of the Russian Federation and the list of forest regions of the Russian Federation]: approved by Order of the Ministry of Natural Resources of Russia dated August 18, 2014 No. 367 (as amended on December 23, 2014) (Registered in the Ministry of Justice of Russia on September 29, 2014 No. 34186).
10. *Ob utverzhdenii Pravil sanitarnoj bezopasnosti v lesah* [On approval of the Rules of sanitary safety in forests]: approved by the Decree of the Government of the Russian Federation dated May 20, 2017, No. 607.
11. Bunkova N. P., Zalesov S. V., Zoteeva E. A., Magasumova A. G. *Osnovy fitomonitoringa* [Fundamentals of phytomonitoring]. Ekaterinburg: Ural State Forest Engineering University, 2011, 89 p. (In Russian)

12. Bentz B. J., Régnière J., Fettig C. J., Hansen E. M., Hayes J. L., Hicke J. A., Kelsey R. G., Negron J. F., Seybold S. J. Climate Change and Bark Beetles of the Western United States and Canada: Direct and Indirect Effects. *BioScience*. 2010, Vol. 60, Issue 8, pp. 602-613.
13. Berg E. E., Henry J. D., Fastie C. L., De Volder A. D., Matsuoka S. M. Spruce beetle outbreaks on the road to the national park and South Africa. *Forest Ecology and Management*. 2006, Vol. 227, pp. 219-232.
14. Kreutz J., Zimmermann G., Vaupel O. Horizontal transmission of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* among the spruce bark beetle, *Ips typographus* (Col., Scolytidae) in the laboratory and under field conditions. *Biocontrol Science and Technology*. 2004, Vol. 14, no. 8, pp. 837-848.
15. Müller J., Bubler H., Gobner M., Rettelbach T., Duelly P. The European spruce bark beetle *Ips typographus* in a national park. *Biodiversity and Conservation*. 2008, Vol. 17, no. 12, pp. 2979-3001.
16. Schroeder L. M. Recruitment of the typographus: Consequences for bark and biodiversity. *Scand. J. For. Res.* 2007, Vol. 22, No. 6, pp. 524-530.

### Сведения об авторах

*Иванчина Людмила Александровна* – аспирантка кафедры лесоводства ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»; г. Екатеринбург, Российская Федерация; e-mail: ivanchina.ludmila@yandex.ru.

*Кожевников Алексей Петрович* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесоводства ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», ведущий научный сотрудник ФГБУН «Ботанический сад УрО РАН»; г. Екатеринбург, Российская Федерация; e-mail: kozhevnikova\_gal@mail.ru.

*Кряжевских Надежда Аркадьевна* – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»; г. Екатеринбург, Российская Федерация; e-mail: kafles@list.ru.

*Залесов Сергей Вениаминович* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесоводства, проректор по научной работе ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», г. Екатеринбург, Российская Федерация; e-mail: zalesov@usfeu.ru.

### Information about authors

*Ivanchina Lyudmila Alexandrovna* – Postgraduate of the Department of Forestry of FSBEI HE "Ural State Forest Engineering University", Yekaterinburg, Russian Federation; e-mail: ivanchina.ludmila@yandex.ru.

*Kozhevnikov Alexey Petrovich* – DSc (Agriculture), Department of Forestry professor, FSBEI HE "Ural State Forest Engineering University", Leading Researcher of Botanical garden of the Urals Dpt. of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russian Federation; e-mail: kozhevnikova\_gal@mail.ru.

*Kryazhevskikh Nadezhda Arkadevna* – PhD (Agriculture), Associate Professor of the Department of Forestry of FSBEI HE "Ural State Forest Engineering University", Yekaterinburg, Russian Federation; e-mail: kafles@list.ru.

*Zalesov Sergey Veniaminovich* – Doctor of Agricultural Sciences, Department of Forestry professor, vice-rector for scientific work of FSBEI HE "Ural State Forest Engineering University", Yekaterinburg, Russian Federation; e-mail: zalesov@usfeu.ru.



## ТУШЕНИЕ ЛЕСНЫХ ГОРЮЧИХ МАТЕРИАЛОВ ГИДРОГЕЛЯМИ НА ОСНОВЕ ГИДРОКСИДА АЛЮМИНИЯ

аспирант **О.А. Ивченко**<sup>1</sup>

кандидат химических наук, доцент **Панкин К.Е.**<sup>1</sup>

1 – ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет  
имени Н.И. Вавилова», г. Саратов, Российская Федерация

Тушение лесных пожаров имеет ряд особенностей перед тушением пожаров в промышленных и жилых зданиях. Они заключаются в составе и строении лесных горючих материалов, способствующих образованию многочисленных очагов тления, и более низком значении пожарной нагрузки (3-5 раз) для лесных пожаров по сравнению с техногенными. Это накладывает ограничения как на технологию тушения пожара, так и на оборудование, используемое при тушении, и приводит к неоправданно высокому расходу воды на тушение, а также необходимости введения дополнительных операций окарауливания и дотушивания, что отвлекает силы и средства тушения пожаров от своей главной задачи. В данной работе рассмотрен вопрос повышения эффективности тушения лесных горючих материалов с использованием в качестве огнетушащего вещества гидрогеля, полученного на основе гидроксида алюминия. Исследования огнетушащей способности выбранных огнетушащих составов проводили по специальной методике, имитирующей горение лесных горючих материалов. Регистрация эффективности огнетушения осуществлялась наблюдением четырех параметров: общего массового расхода огнетушащего состава на тушение, времени прекращения пламенного горения при тушении, количества операций тушения, общего времени тушения пожара. Исследована огнетушащая способность растворов с различной концентрацией гидрогеля на основе гидроксида алюминия в сравнении с огнетушащей способностью воды. Показано, что наилучшей огнетушащей способностью обладает гидрогель с концентрацией 52-126 г /15 кг воды. Кроме этого, для сравнения огнетушащей способности гидрогеля применяли растворы кальцинированной соды и сульфата натрия в воде как компонентов огнетушащего состава. Серьезного вклада в огнетушение эти компоненты не вносят, поэтому огнетушащий эффект полностью обусловлен гидрогелем на основе гидроксида алюминия. На основании полученных данных определен расход раствора гидрогеля на основе гидроксида алюминия в сравнении с водой и наименьшая его концентрация, сохраняющая огнетушащий эффект, предложен вероятный механизм огнетушащего действия гидрогеля.

**Ключевые слова:** лесные пожары, степные пожары, низовые пожары, тушение пожаров, гидрогель

## EXTINGUISHING FOREST FLAMMABLE MATERIALS WITH HYDROGELS BASED ON ALUMINUM HYDROXIDE

Post-graduate student **O.A. Ivchenko**<sup>1</sup>

PhD (Chemistry), Associate Professor **K.E. Pankin**<sup>1</sup>

1 – FSBEI HE «Saratov State Vavilov Agrarian University», Saratov, Russian Federation

### Abstract

Forest fires extinguishment has a number of features in comparison with extinguishing fires in industrial and residential buildings. These are composition and structure of forest flammable materials, contributing to the formation of numerous glow nests and lower value of the fire load (3-5 times) for forest fires in comparison with man-made fires. This imposes restrictions both on the fire extinguishing technology and on the equipment used for extinguishing and leads to unreasonably high water consumption for extinguishing, as well as the need to introduce additional operations of collecting and extinguishing, which distracts the forces and means of extinguishing fires from its main task. In this paper, the issue of increasing the efficiency of extinguishing forest flammable materials using a hydrogel based on alu-

minum hydroxide as an extinguishing agent is considered. Investigations of the fire extinguishing ability of selected fire extinguishing compositions were carried out according to a special technique that simulates burning of forest combustible materials. The registration of the effectiveness of fire extinguishing was carried out by observing four parameters: the total mass flow rate of the extinguishing agent for extinguishing, the time for stopping fiery burning during extinguishing, the number of extinguishing operations, and the total time for extinguishing the fire. The fire extinguishing ability of solutions with different concentrations of hydrogel based on aluminum hydroxide was investigated in comparison with the fire extinguishing ability of water. It is shown that the best fire extinguishing ability has hydrogel with a concentration of 52-126 g /15 kg of water. In addition, anhydrous sodium carbonate and sodium sulphate water solutions as components of the fire extinguishing composition were used to compare the extinguishing ability of the hydrogel. These components do not make a serious contribution to fire extinguishing; therefore the fire extinguishing effect is completely due to the hydrogel based on aluminum hydroxide. Based on the obtained data, the flow rate of the hydrogel solution based on aluminum hydroxide in comparison with water and its lowest concentration was determined, which preserves the extinguishing effect. A probable mechanism of the extinguishing action of the hydrogel is proposed.

**Keywords:** forest fires, steppe fires, ground fires, fire extinguishing, hydrogel

Лесные и степные пожары являются естественными процессами, происходящими в природе вне зависимости от присутствия или отсутствия человека или его деятельности. В связи с масштабным преобразованием природы, которое человек осуществляет на всем земном шаре, природные пожары были поставлены человеком «вне закона», т. к. пожары наносят ущерб материальным ценностям и ведению хозяйственной деятельности. Для борьбы с природными пожарами стали применяться мероприятия по профилактике и тушению лесных и степных пожаров. Лесные пожары происходят в теплое время года, которое длится в Российской Федерации (в зависимости от региона) 4-9 месяцев, в течение которых нередко формируются засушливые периоды, характеризующиеся низким уровнем или вовсе отсутствием выпадения атмосферных осадков. Лесная и степная местности постепенно высыхают, и появляется благодатная «почва» для возникновения и развития природных пожаров.

Лесной пожар необходимо тушить – для этого применяются огнетушащие средства, которые прекращают взаимодействие лесных горючих материалов (ЛГМ) с воздухом. Чаще всего таким огнетушащим средством является вода, обладающая необходимым набором физико-химических свойств, делающих ее пригодной в качестве огнетушащего вещества. Вода применяется для тушения лесных и степных пожаров как при тушении наземными, так и авиационными средствами. Тем не менее, вода

обладает целым рядом недостатков, осложняющих процесс тушения пожаров: высокое поверхностное натяжение воды и ее растворов, а в связи с этим низкая эффективность смачивания различных поверхностей, довольно низкая температура кипения (100 °С) и т. п.

Несмотря на то, что Российская Федерация не относится к засушливым регионам планеты, в теплое время года может наблюдаться значительный недостаток воды, пригодной для применения в ходе тушения лесных пожаров. В засушливое время вода становится ценным ресурсом, т. к. взять ее в лесной или степной местности просто неоткуда из-за пересыхания небольших рек и ручьев, понижения уровня воды в водохранилищах (небольших озерах, прудах, заводах и т. п.) и др. Поэтому на передний план выдвигаются задачи поиска и доставки воды к месту тушения, пожара, а также задача сокращения расхода воды при тушении природного пожара, как следует понимать, обе эти задачи взаимосвязаны между собой. Первая задача решается чисто технически и находится в ведении органов местного самоуправления, хотя на практике это приводит к отвлечению части сил и средств тушения пожара на доставку воды к месту тушения, что приводит к растягиванию по времени проводимых операций, снижает эффективность тушения пожаров и ведет к возникновению значительного материального и финансового ущерба лесному и сельскому хозяйству. А вот вторая задача носит научно-технический характер, а поиск способов и приемов

снижения расхода огнетушащего средства при тушении лесного пожара является целью данной работы.

Расход воды для тушения природного пожара никаким образом не регламентируется. Да это и невозможно, т. к. контроль ликвидации пожара осуществляется оператором визуально (по наличию признаков пламенного горения и интенсивности выделения дыма при беспламенном режиме горения), а сложный характер строения ЛГМ (при низовых лесных пожарах – лесного опада) обуславливает многократный переход пламенного горения в беспламенное и обратно с образованием очагов тления, в том числе и скрытых, являющихся источниками повторного возгорания. Кроме этого, разогретые зоны могут сохраняться в трещинах стволов деревьев, образующихся в результате термического воздействия, выгорания древесины, сушки и уменьшения ее объема. Такое положение дел вынуждает пожарных осуществлять операции дотушивания и проливки кромки пожара и участков горельников, что значительно увеличивает расход воды, отвлекает часть сил и средств от реализации действий по решающему направлению. Ориентировочные значения расхода воды при тушении лесных пожаров представлены в работах [1, 2], возможно, эти значения несколько занижены.

Для снижения расхода воды при тушении лесного пожара необходимо каким-либо образом улучшить те свойства воды, которые относятся к ее недостаткам, а возможно, и расширить возможности ее огнетушащего действия путем реализации других принципов пожаротушения. Вода относится к типичным огнетушащим веществам охлаждающего действия [3], для которой реализация других принципов, таких как изоляция, разбавление и ингибирование при тушении лесных пожаров невозможна. Для расширения возможностей воды применяют различного рода органические и неорганические добавки, модифицирующие ее свойства, к примеру, смачиватели – поверхностно-активные вещества – понижающие поверхностное натяжение воды и позволяющие дробить объем воды на более мелкие капли, увеличить смачиваемость водой лесных горючих материалов, обеспечить возможность раствору образовывать сплошной слой на поверх-

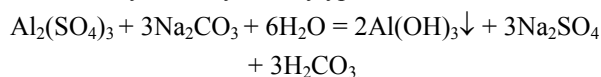
ности горючего материала с целью изоляции его от кислорода воздуха [4], влияющие на вязкость водного раствора [5] водные растворы термостойких полимеров, образующие стабильные пленки на поверхности горючих материалов [6]. Кроме этого, находят применение неорганические добавки к воде, выступающие в качестве ингибиторов горения: соли аммиака, серной, фосфорной кислот, кремний-, магний-, бор-, железо-, цинк-, медь-, титан-содержащие вещества и т. п. [7-20]. Таким образом, появляется возможность реализации комплексного огнетушащего действия при применении комплексных огнетушащих составов.

Все вышеперечисленное обладает собственным набором недостатков, т. к. действие их должно осуществляться в комплексе. Так, низкая температура кипения воды не позволяет ей образовывать стабильные воздухо непроницаемые слои на поверхности разогретых материалов, а введение в объем воды добавок лишь незначительно повышает температуру кипения растворов [21]. Жидкое состояние воды и ее растворов не позволяет ей удерживаться на наклонных и вертикальных поверхностях из-за действия силы тяжести. Термическое разложение лесных горючих материалов с образованием значительного объема горючих и негорючих продуктов распада органического вещества приводит к удалению (сдуванию) ингибирующих веществ (ионов солей) с поверхности горящего материала и прекращению их ингибирующего воздействия.

В работе предлагается несколько иной подход к реализации комплексного огнетушащего действия путем сочетания охлаждающего действия воды с изолирующим действием твердой термостойкой негорючей пленки, получаемой при термическом воздействии на гидрогели – водные растворы неорганических веществ определенного типа. Хорошо известны свойства веществ/материалов формировать стеклообразные кристаллические массы с высокой температурой плавления. К таким веществам относятся соединения на основе кремния, алюминия, магния и т. п. Так, в работе [22] предложено огнетушащее средство на основе кремниевой кислоты, которое обладает способностью под воздействием высокой температуры вспе-

ниваться с образованием термостойкой воздухопроницаемой пленки, что обуславливает огнетушащий эффект. Кремниевая кислота подается в зону горения в виде жидкости – водного раствора, и благодаря достаточной адгезии (липкости) к ЛГМ (химический состав данного огнетушащего вещества соответствует составу широко известного и широко применяемого канцелярского клея), позволяет раствору удерживаться даже на вертикально расположенных поверхностях.

Свойствами образовывать гидрогели обладают многие вещества, оксиды и гидроксиды которых плохо растворимы или нерастворимы в воде, к примеру, оксид и гидроксид алюминия ( $Al_2O_3$ ,  $Al(OH)_3$ ). Указанные вещества можно получить взаимодействием соли алюминия – например, сульфата (хлорида, нитрата и т.п.) алюминия – с водой (гидролизом). Сульфат алюминия  $Al_2(SO_4)_3$  хорошо растворим в воде (38,5 г/100 г воды), что позволяет получить раствор с концентрацией до 38,5 % (мас.). Но водные растворы солей алюминия не существуют, т.к. мгновенно подвергаются гидролизу с образованием гидроксида алюминия. Тем не менее, прежде чем образовать твердую кристаллическую фазу, гидроксид алюминия образует коллоидный раствор – гидрогель, обладающий стабильностью в течение некоторого времени. Усилить процесс гидролиза способно добавление в раствор бикарбоната натрия (кальцинированной соды)  $Na_2CO_3$ . Реакция получения гидроксида алюминия соответствует следующему уравнению:



Выбор наиболее оптимальных технических параметров способа получения алюмогеля и концентрации алюмогеля в водном растворе был осуществлен на основании проведенных экспериментальных испытаний. В качестве объекта моделирующего ЛГМ был использован искусственный очаг возгорания [23], представляющий собой деревянный штабель в виде куба, состоящий из деревянных брусков сечением 40×40 мм и длиной 500 мм, сложенный на металлическом коробе размером 500×500 мм и высотой 500 мм, короб устанавливался горизонтально, внизу под штабель помещали металлический поддон соответствующего

размера таким образом, чтобы центры штабеля и поддона совпадали. Эксперимент проводился при различных влажностях древесины (от свежесрубленной до суховоздушной), влажностях воздуха (30-50 %) и температурах воздуха, измеренных в тени (20-35 °С). В поддон заливался слой воды высотой 30 мм. На слой воды наливалась горячая смесь – автомобильный бензин в количестве 1-1,5 литра. Горячая смесь поджигалась факелом и разогревалась в течение 6-7 минут. По истечении этого времени, когда вся поленица охватывалась пламенем, начинался процесс тушения: огнетушащее вещество подавалась в зону горения до полного исчезновения пламени. Далее засекалось время, необходимое для повторного появления открытого пламени в поленице. Если данное время превысило 10 минут, то пламя считалось погашенным, что свидетельствовало об окончании эксперимента.

Тушение осуществлялось путем подачи огнетушащего раствора в зону горения с помощью лесного ранцевого огнетушителя РП-15 «Ермак» (Россия). Расход огнетушащего средства измерялся по массе ранцевого огнетушителя до и после эксперимента на ручных электронных весах-безмене. Тушение осуществлялось не менее трех раз (для каждого типа огнетушащего состава) для исключения грубых промахов и расчета коридора ошибок.

Концентрацию огнетушащего раствора гидрогеля алюминия в воде подбирали экспериментально, постепенно разбавляя раствор в два раза. Исходный раствор создавался растворением навески сульфата алюминия в 15 литрах воды, что в пересчете на гидроксид с навесками 260, 126, 52 и 26 г. Раствор разбавлялся до тех пор, пока не обнаружилась потеря огнетушащего эффекта. Вода для приготовления раствора использовалась водопроводная (г. Саратов). Навеска сульфата алюминия взвешивалась на электронных технических весах с точностью  $\pm 1$  г. Сульфат алюминия и кальцинированная сода использовались химически чистые. Раствор готовился непосредственно перед проведением эксперимента по огнетушению. В результате проведенного эксперимента были получены следующие экспериментальные результаты: (1) масса огнетушащего вещества, израсходованная на тушение; (2) время, необходимое на огнетушение;

(3) количество операций дотушивания после осуществления первичного огнегашения; (4) общее время тушения. Экспериментальные результаты испытаний огнетушащих составов представлены в табл. 1.

Анализ представленных результатов показывает выявление огнетушащего эффекта гидрогеля на основе гидроксида алюминия. Так, применяя гидрогель с концентрациями 52-260 г/15 кг воды, удалось снизить расход огнетушащего раствора практически в 3 раза с 13,5 кг для воды до 3,5-4 кг для гидрогеля на основе гидроксида алюминия. Кроме этого, отмечено общее снижение времени тушения пожара (см. табл. 1. кол. 4, 6) и количества операций дотушивания (см. табл. 1., кол. 5) при применении огнетушащих составов на основе гидроксида алюминия. При использовании водных растворов гидрогеля на основе гидроксида алюминия с концентрацией ниже 52 г /15 кг воды огнетушащий эффект значительно снижался. Получить гидрогель на основе гидроксида алюминия можно двумя способами:

а) гидролизом сульфата алюминия в воде путем растворения его навески;

б) гидролизом сульфата алюминия в растворе бикарбоната натрия (кальцинированной соды).

Благодаря этому в огнетушащем растворе присутствует еще как минимум один компонент – это продукт гидролиза сульфата алюминия сульфат натрия. При использовании второго способа получения гидрогеля алюминия к нему добавляется еще и бикарбонат натрия, т. е. огнетушащий раствор становится трехкомпонентным.

Для выявления и подтверждения огнетушащего эффекта именно гидрогеля на основе гидроксида алюминия были проведены аналогичные эксперименты с использованием в качестве огнетушащего состава водных растворов каустической соды ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) и сульфата натрия ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) – сода входит в состав исходного раствора для создания среды, оптимальной для проведения гидролиза сульфата алюминия, а сульфат натрия является побочным продуктом взаимодействия сульфата алюминия с каустической содой. Концентрации рас-

творов были подобраны таким образом, что они соответствуют концентрациям указанных компонентов в огнетушащем гидрогеле. Каустическая сода ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) довольно плохо растворима в воде при комнатной температуре и для того чтобы достичь значений растворимости в 9,6 г/100 г воды (насыщенный раствор), указанных в справочниках [24], раствор необходимо нагреть до 80 °С, что довольно трудно реализуемо при приготовлении раствора в полевых условиях, поэтому экспериментальная концентрация раствора соды в воде создавалась близкой к насыщенному – избыточное количество соды помещалось в емкость, и к ней добавлялась вода. Указанную смесь оставляли на 12 часов, осуществляя ее перемешивание, а затем помещали в ранцевый огнетушитель и использовали в качестве огнетушащего состава. Результаты представлены в табл. 1, они показывают отсутствие сколь-нибудь серьезного огнетушащего эффекта при использовании указанных огнетушащих составов. Таким образом, огнетушащий эффект происходит только за счет присутствия гидроксида алюминия, и в основе процесса тушения древесины и древесных материалов предлагаемым огнетушащим составом лежат следующие физико-химические явления:

1. При попадании водного раствора гидрогеля на основе гидроксида алюминия на поверхность горячей древесины происходит смачивание обугленной поверхности водным раствором;

2. При попадании водного раствора гидрогеля на основе гидроксида алюминия на разогретую поверхность горячей древесины происходит активное испарение воды из водного раствора и образование тугоплавкой твердой пленки стеклообразной массы гидроксида алюминия;

3. Твердая стеклообразная пленка гидроксида алюминия препятствует химическому взаимодействию кислорода воздуха с древесиной, не претерпевает изменений на разогретой поверхности;

В результате взаимодействия предлагаемого огнетушащего состава с огнем и разогретыми поверхностями горючего вещества реализуются следующие огнегасящие факторы:

Результаты испытаний огнетушащих составов

№ п/п	Состав огнетушащего средства	Масса огнетушащего вещества, ушедшая на тушение модельного очага пожара, кг	Время на тушение (первый подход), с	Количество подходов	Общее время тушения модельного очага пожара, с
1	Вода	13,5 ± 1.0	186 ± 25	6 ± 2	248 ± 25
2	Сода (насыщенный)	12 ± 1.0	206 ± 30	5 ± 1	276 ± 25
3	Гидрогель (260 г)	4 ± 1.5	63 ± 15	2 ± 1	85 ± 15
4	Гидрогель (130 г)	4 ± 1.5	50 ± 15	2 ± 1	95 ± 15
5	Гидрогель (52 г)	3.5 ± 1.5	38 ± 15	3 ± 1	83 ± 15
6	Гидрогель (26 г)	8 ± 1.5	94 ± 15	4 ± 1	122 ± 20
7	Сульфат натрия (52 г)	11.5 ± 1.0	102 ± 25	6 ± 2	142 ± 20

1. Отъем тепловой энергии из очага пожара на испарение воды из раствора гидрогеля на основе гидроксида алюминия. Тем самым осуществляется передача теплоты, выделяемой при горении, инертному теплоносителю – воде, уменьшая эффективность термического разложения древесины и подавления процесса образования горючих газов и реализации пламенного горения.

2. Устойчивое укрытие твердой поверхности горячей древесины твердой тугоплавкой пленкой оксида алюминия, являющейся диэлектриком и непроницаемой к кислороду воздуха.

Косвенно подтвердить второй огнегасящий фактор можно наблюдением значительного снижения выделения дыма при осуществлении огнетушения с помощью раствора гидроксида алюминия. А после повторного дотушивания дымление практически прекращалось, что свидетельствует о подавлении взаимодействия горючего вещества с кислородом воздуха, осуществляемым в режиме беспламенного горения – являющегося возможным источником повторного воспламенения.

В результате проведенных исследований выявлено:

1. Подобраны оптимальные способы получения гидрогеля и его концентрация в водном растворе, отвечающая минимальному расходу огнетушащего вещества и минимальному количеству реагентов (сульфата алюминия и натриевой соды).

2. Оказалось, что наибольшей огнетушащей способностью и минимальной концентрацией обладает алюмогель, полученный взаимодействием сульфата алюминия с натриевой содой в количествах 52 г сульфата алюминия и 48 г натриевой соды в 15 литрах воды. Использование более высококонцентрированных водных растворов алюмогеля не приводят к существенному уменьшению расхода огнетушащего вещества, а снижение концентрации алюмогеля в водном растворе, наоборот, приводит к перерасходу огнетушащего раствора. Это происходит из-за отсутствия возможности образования сплошной воздухо- непроницаемой тугоплавкой пленки при использовании более разбавленного раствора. Компенсировать это можно увеличением расхода раствора.

3. Таким образом, предлагаемое огнегасящее средство является эффективным для тушения лесных и степных пожаров, а также древесины и древесных изделий. Данное огнегасящее средство пригодно как для работ на открытой местности, так и в закрытых помещениях, а также является недорогим и удобным для использования в ранцевых огнетушителях, транспортировки стандартными пожарными средствами – пожарными автоцистернами и подачи в зону горения стандартным противопожарным оборудованием: пожарными насосами, рукавами, стволами.

## Библиографический список

1. Полевой справочник лесного пожарного [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.forestforum.ru/info/fireman.pdf>.
2. Справочник добровольного лесного пожарного [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://aviales.ru/files/documents/2013/02/spravochnik.pdf>.
3. Бобков, С. А. Физико-химические основы развития и тушения пожаров / С. А. Бобков, А. В. Бабурин, П. В. Комраков. – М. : Академия ГПС МЧС России, 2014. – 210 с.
4. Физико-химические основы развития и тушения пожаров: учеб. пособие / С. С. Тимофеева [и др.]. – Иркутск, 2013. – 178 с.
5. Влияние вязкости огнетушащего раствора на эффективность тушения лесных пожаров с помощью авиации / Н. П. Копылов, Е. А. Москвлин, Д. В. Федоткин, П. А. Стрижак // Лесотехнический журнал. – 2016. – № 4. – С. 62-67.
6. Лобанов, Ф. И. Применение полимерных материалов для повышения эффективности пожаротушения / Ф. И. Лобанов // Пожаровзрывобезопасность. – 2004. – № 1. – С. 64-69.
7. Jimenez, M. Intumescent fire protective coating: Toward a better understanding of their mechanism of action / M. Jimenez, S. Duquesne, S. Bourbigot // *Thermochimica Acta*. – 2006. – Vol. 449. – P. 16-26.
8. Testing the retardancy effect of various inorganic chemicals on smoldering combustion of *Pinus halepensis* needles / S. Liodakis, D. Vorisis, I. P. Agiovlasis // *Thermochimica Acta*. – 2006. – Vol. 444. – P. 157-165.
9. Ash properties of *Pinus halepensis* needles treated with diammonium phosphate / S. Liodakis, G. Katsigiannis, T. Lympelopoulou // *Thermochimica Acta*. – 2007. – Vol. 453. – P. 136-146.
10. Testing the fire retardancy of Greek minerals hydromagnesite and huntite on WUI forest species *Phillyrea latifolia* L. / S. Liodakis, I. Antonopoulos, I. P. Agiovlasis, T. Kakardakis // *Thermochimica Acta*. – 2008. – Vol. 469. – P. 43-51.
11. Fire retardancy impact of sodium bicarbonate on ligno-cellulosic materials / D. Bakirtzis, M. A. Delichatsios, S. Liodakis, W. Ahmed // *Thermochimica Acta*. – 2009. – Vol. 486. – P. 11-19.
12. Synergistic effect of iron and intumescent flame retardant on shape-stabilized phase change material / P. Zhang, Y. Hu, L. Song, H. Lu, J. Wang, Q. Liu // *Thermochimica Acta*. – 2009. – Vol. 487. – P. 74-79.
13. Flame retardancy mechanisms of bisphenol A bis(diphenyl phosphate) in combination with zinc borate in bisphenol A polycarbonate/acrylonitrile–butadiene–styrene blends / K. H. Pawlowski, B. Schartel, M. A. Fichera, C. Joger // *Thermochimica Acta*. – 2010. – Vol. 498. – P. 92-99.
14. A novel durable flame-retardant cotton fabric using sodium hypophosphite, nano TiO<sub>2</sub> and maleic acid [Text] / F. Lessan, M. Montazer, M.B. Moghadam // *Thermochimica Acta*. – 2011. – Vol. 520. – pp. 48–54.
15. Synthesis and carbonization chemistry of a phosphorous–nitrogen based intumescent flame retardant / H. Ma, Z. Fang // *Thermochimica Acta*. – 2012. – Vol. 543. – P. 130-136.
16. The effect of some wood preservatives on the thermal degradation of Scots pine / E. D. Tomaka, E. Baysal, H. Peker // *Thermochimica Acta*. – 2012. – Vol. 547. – P. 76-82.
17. ATR investigation of the mass residue from the pyrolysis of fire retarded lignocellulosic materials / D. Bakirtzis, V. Tsapara, S. Liodakis, M.A. Delichatsios // *Thermochimica Acta*. – 2012. – Vol. 550. – P. 48-52.
18. Thermal characterization of new fire-insulating materials from industrial inorganic TiO<sub>2</sub> wastes / S.M. Perez-Moreno, M. J. Gazquez, A. G. Barneto, J. P. Bolivar // *Thermochimica Acta*. – 2013. – Vol. 552. – P. 114-122.
19. Thermal analysis of *Pinus sylvestris* L. wood samples treated with anew gel-mineral mixture of short- and long-term fire retardants [Text] / S. Liodakis, V. Tsapara, I. P. Agiovlasis, D. Vorisis // *Thermochimica Acta*. – 2013. – Vol. 568. – P. 156-160.
20. Aluminium diethylphosphinate versus ammonium polyphosphate: A comprehensive comparison of the chemical interactions during pyrolysis in flame-retarded polyolefine/poly(phenylene oxide) / A. Sut, S. Greiser, C. Jager, B. Schartel // *Thermochimica Acta*. – 2016. – Vol. 640. – P. 74-84.

21. Стромберг, А. Г. Физическая химия: учеб. для хим. спец. Вузов / А. Г. Стромберг, Д. Л. Семченко ; под ред. А. Г. Стромберга. – 3-е изд., испр. и доп. – М. : Высш. шк., 1999. – 527 с.
22. Водный раствор для тушения пожаров: пат. 2275951 Рос. Федерация: А62D1/00/ Лотов В. А., Смирнов А. П., Лотова Л. Г.; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Томский политехнический ун-т. – № 2004132686/15; заявл. 09.11.04 ; опубли. 10.05.06, Бюл. № 13.
23. ГОСТ Р 53280.4-2009. Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащие вещества. Часть 4. Порошки огнетушащие общего назначения. Общие технические требования и методы испытаний – Введ. 2009-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2008. – 27 с.
24. Справочник химика: в 7 т. Т. 3 /под ред. Б. П. Никольского. – Л. : Химия, 1966. – 1143 с.

### References

1. *Polevoj spravochnik lesnogo pozharnogo* [Wild fireman handbook]. Available at: <http://www.forestforum.ru/info/fireman.pdf> (In Russian) (accessed 01 November 2018).
2. *Spravochnik dobrovol'nogo lesnogo pozharnogo* [Wild fireman volunteer handbook] Available at: <https://aviales.ru/files/documents/2013/02/spravochnik.pdf> (In Russian) (accessed 01 November 2018).
3. Bobkov S. A. *Fiziko-himicheskie osnovy razvitiya i tusheniya pozharov* [Physical and chemical basis of fires and fire extinguishing]. Moscow, 2014, 210 p. (In Russian).
4. *Fiziko-himicheskie osnovy razvitiya i tusheniya pozharov: A Tutorial* [Physical and chemical basis of fires and fire extinguishing]. Irkutsk, 2013, 178 p. (In Russian).
5. Kopylov N. P., Moskvilin E. A., Fedotkin D. V. et al. *Vliyanie vyazkosti ognetchashchego rastvora na ehffektivnost' tusheniya lesnyh pozharov s pomoshch'yu aviatsii* [The effect of the viscosity of the fire extinguishing solution on the effectiveness of extinguishing forest fires with the help of aviation]. // *Lesotekhnicheskij zhurnal* [Forest engineering journal]. 2016, no. 4, pp. 62-67.
6. Lobanov F. I. *Primenenie polimernykh materialov dlya povysheniya ehffektivnosti pozharotusheniya* [Polymeric materials to improve the efficiency of fire extinguishing usage]. *Pozharovzryvobezopasnost'* [Fire and explosion safety], 2004, no. 1, pp. 64-69.
7. Jimenez M., Duquesne S., Bourbigot S. *Intumescent fire protective coating: Toward a better understanding of their mechanism of action*. *Thermochimica Acta*, 2006, Vol. 449, pp. 16-26.
8. Liidakis S., Vorisis D., Agiovlasis I. P. *Testing the retardancy effect of various inorganic chemicals on smoldering combustion of *Pinus halepensis* needles*. *Thermochimica Acta*, 2006, Vol. 444, pp. 157-165.
9. Liidakis S., Katsigiannis G., Lympelopoulou T. *Ash properties of *Pinus halepensis* needles treated with diammonium phosphate*. *Thermochimica Acta*, 2007, Vol. 453, pp. 136-146.
10. Liidakis S., Antonopoulos I., Agiovlasis I. P., Kakardakis T. *Testing the fire retardancy of Greek minerals hydromagnesite and huntite on WUI forest species *Phillyrea latifolia* L.* *Thermochimica Acta*, 2008, Vol. 469, pp. 43-51.
11. Bakirtzis D., Delichatsios M. A., Liidakis S., Ahmed W. *Fire retardancy impact of sodium bicarbonate on ligno-cellulosic materials*. *Thermochimica Acta*, 2009, Vol. 486, pp. 11-19.
12. Zhang P., Hu Y., Song L., Lu H., Wang J., Liu Q. *Synergistic effect of iron and intumescent flame retardant on shape-stabilized phase change material*. *Thermochimica Acta*, 2009, Vol. 487, pp. 74-79.
13. Pawlowski K. H., Scharfel B., Fichera M. A., Joger C. *Flame retardancy mechanisms of bisphenol A bis(diphenyl phosphate) in combination with zinc borate in bisphenol A polycarbonate/acrylonitrile-butadiene-styrene blends*. *Thermochimica Acta*, 2010, Vol. 498, pp. 92-99.
14. Lessan F., Montazer M., Moghadam M. B. *A novel durable flame-retardant cotton fabric using sodium hypophosphite, nano TiO<sub>2</sub> and maleic acid*. *Thermochimica Acta*, 2011, Vol. 520, pp. 48-54.



15. Ma H., Fang Z. Synthesis and carbonization chemistry of a phosphorous–nitrogen based intumescent flame retardant. *Thermochimica Acta*, 2012, Vol. 543, pp. 130-136.
16. Tomaka E. D., Baysal E., Peker H. The effect of some wood preservatives on the thermal degradation of Scots pine. *Thermochimica Acta*, 2012, Vol. 547, pp. 76-82.
17. Bakirtzis D., Tsapara V., Liodakis S., Delichatsios M. A. ATR investigation of the mass residue from the pyrolysis of fire retarded lignocellulosic materials. *Thermochimica Acta*, 2012, Vol. 550, pp. 48-52.
18. Perez-Moreno S. M., Gazquez M. J., Barneto A. G., Bolivar J. P. Thermal characterization of new fire-insulating materials from industrial inorganic TiO<sub>2</sub> wastes. *Thermochimica Acta*, 2013, Vol. 552, pp. 114-122.
19. Liodakis S., Tsapara V., Agiovlasis I. P., Vorisis D. Thermal analysis of *Pinus sylvestris* L. wood samples treated with a new gel–mineral mixture of short- and long-term fire retardants. *Thermochimica Acta*, 2013, Vol. 568, pp. 156-160.
20. Sut A., Greiser S., Jager C., Scharfel B. Aluminium diethylphosphinate versus ammonium polyphosphate: A comprehensive comparison of the chemical interactions during pyrolysis in flame-retarded polyolefine/poly(phenylene oxide). *Thermochimica Acta*, 2016, Vol. 640, pp. 74-84.
21. Stromberg A. G., Semchenko D. L. *Fizicheskaya himiya [Physical chemistry]. A tutorial. Third edition.* Moscow, 1999, 527 p. (In Russian).
22. Lotov V. A. et al. *Vodnyj rastvor dlya tusheniya pozharov [Water solution for extinguishing fires]. Patent RF, no. 2275951, 2006.*
23. State Standard 53280.4-2009. Installation of fire extinguishing automatic. Extinguishing agents. Part 4. General purpose fire extinguishing powders. General technical requirements and test methods Moscow, Standartinform Publ., 2008. 27 p. (In Russian)
24. *Spravochnik himika [Chemical directory]: in 7 vol. Vol. 3. Leningrad, 1966, 1143 p.*

### Сведения об авторах

*Ивченко Ольга Александровна* – аспирант факультета инженерии и природообустройства ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов, Российская Федерация; e-mail: olgalexan@yandex.ru.

*Панкин Кирилл Евгеньевич* – доцент ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», кандидат химических наук, г. Саратов, Российская Федерация; e-mail: texmexium@mail.ru.

### Information about authors

*Ivchenko Olga Aleksndrovna* – PhD student, Department of technosphere safety and transport-technology machines, FSBEI HE –Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov”, Saratov, Russian Federation, e-mail: olgalexan@yandex.ru.

*Pankin Kirill Evgen'evich* – Associated Professor of Safety, Department of technosphere safety and transport-technology machines, FSBEI HE –Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov” PhD (Chemistry), Associated Professor, Saratov, Russian Federation, e-mail: texmexium@mail.ru.

DOI: 10.12737/article\_5ca1d51f157301.78715280

УДК 630\*116.21+630\*181.22

## ОЦЕНКА ЗИМОСТОЙКОСТИ ВИДОВ ОРЕХОВ РОДА *JUGLANS* В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

кандидат сельскохозяйственных наук **В.А. Славский**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»,  
г. Воронеж, Российская Федерация

Учитывая высокую ценность орехов рода *Juglans*, которая не оспаривается практически никем из селекционеров, необходимо не только выявление и разведение лучших сортов и форм, но также их повсеместное культивирование в «новые», более северные районы, где орехи в настоящее время не имеют широкого распространения. Одним из таких регионов в ближайшее время должна стать Воронежская область. Однако введение интродуцированных пород сопряжено с рядом лимитирующих факторов, наиболее значимый из которых – недостаточная зимостойкость. Для полноценной адаптации все компоненты зимостойкости растений должны быть на высоком уровне. Основной целью работы является изучение зимостойкости растений, проводимое различными методами. Изучены местные формы орехов грецкого, маньчжурского, черного, серого и сердцевидного, произрастающие в насаждениях и плантациях различного целевого назначения. При определении зимостойкости растений использованы общепринятые методики, а также комплексный подход, основанный на искусственном моделировании неблагоприятных условий. Установлено, что орех грецкий наименее устойчив к низким отрицательным температурам по сравнению с другими изучаемыми видами орехов (морозостойкость и морозоустойчивость более 2 баллов). Для полноценного роста и стабильного плодоношения ореха грецкого в Воронежской области (особенно в северных районах) необходимо полное соответствие условиям произрастания. Орехи маньчжурский, черный и серый переносят низкие отрицательные температуры без существенных повреждений (средний балл по обоим признакам варьируется от 1,51 до 1,67). Предложенный комплексный подход к определению зимостойкости форм, сортов и видов орехов заключается в интегральной оценке основных компонентов растений, что имеет преимущество перед полевым способом оценки, так как достоверное определение устойчивости в полевых условиях требует длительного наблюдения (иногда нескольких лет).

**Ключевые слова:** орехи рода *Juglans*, зимостойкость, интродукция, селекция.

## ESTIMATION OF WINTER RESISTANCE OF JUGLANS GENUS NUTS IN THE VORONEZH REGION

PhD (Agriculture) **V.A. Slavsky**

FSBEI HE Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russian Federation

### Abstract

Given the high value of *Juglans* nuts, which is not disputed by almost any of the plant breeders, it is necessary not only to identify and cultivate the best varieties and forms, but also their widespread cultivation in the “new”, more northern areas, where the nuts are currently not widely distributed. The Voronezh region should become one of such regions in the near future. However, the introduction of introduced species is associated with a number of limiting factors; insufficient winter hardiness is the most significant of them. All the components of plants winter hardiness must be at a high level for full-fledged adaptation. The main purpose of the work is to study the winter hardiness of plants, conducted by various methods. Local forms of European, Manchurian, black walnut, bitternut and heartnut, growing in plantations of various purposes, have been studied. Generally accepted methods as well as an integrated approach based on artificial modeling of adverse conditions have been used in determining plants winter hardiness. It has been established that European walnut is least resistant to low negative temperatures in comparison with the other studied types of

nuts (frost hardiness and frost resistance more than 2 points). Full growth and stable fruiting of walnuts in the Voronezh region (especially in the northern regions) require full compliance with the growing conditions. Manchuria, black, bitternut walnuts tolerate low negative temperatures without significant damage (the average score for both signs varies from 1.51 to 1.67). Integrated approach to determining the winter hardiness of forms, varieties and types of nuts has been proposed, which consists in the integral assessment of the main components of plants, which has an advantage over the field assessment method, since a reliable determination of resistance in field conditions requires a long observation (sometimes several years).

**Keywords:** *Juglans* nuts, frost resistance, introduction, selection.

Зимостойкость – важнейшее свойство растений, позволяющее переносить зимние отрицательные температурные понижения без существенных повреждений. Важно определить показатели зимостойкости для древесных пород, интродуцированных в более северные регионы, поскольку данный процесс сопряжен с рядом трудностей, связанных с нехваткой тепла. Выявление закономерностей, обуславливающих зимостойкость новых форм орехоплодовых культур по ее компонентам, позволит существенно повысить эффективность создания плодовых плантаций в Воронежской области. Данная тема является особенно актуальной, учитывая повышенную ценность орехов рода *Juglans*.

О наличии зимостойких форм и видов орехов в исследуемом регионе писали многие авторы [1, 5, 8, 9]. На уровень зимостойкости у плодовых культур может повлиять воздействие комплекса неблагоприятных факторов во время вегетационного периода [3, 12], но основное воздействие происходит в зимний период и очень сильно связано с устойчивостью к морозам [4, 9, 12, 14].

**Объектами исследований** являлись садовые, парковые и полевые насаждения, лесные и плодовые плантации местных форм орехов грецкого, маньчжурского, серого, черного и сердцевидного, произрастающие в Воронежской области. Схема их расположения приведена на рис. 1.

Объекты, на которых произрастают интродуцированные древесные породы, могут быть крайне разнородными и не подвергаться общей единой оценке. В связи с этим для подтверждения сравнительности были проанализированы основные показатели видов орехов (рис. 2-5).

На рис. 2-5 показано, что обследованные насаждения произрастают на черноземах разных видов (с преобладанием выщелоченного чернозема – 47%), имеют возраст не менее 20 лет, при наиболее

часто встречающихся 41-60-летних насаждениях (75 % случаев). Изучаемые формы орехов рода *Juglans* преимущественно выращены из посадочного материала местного происхождения или семян из ближайших районов.

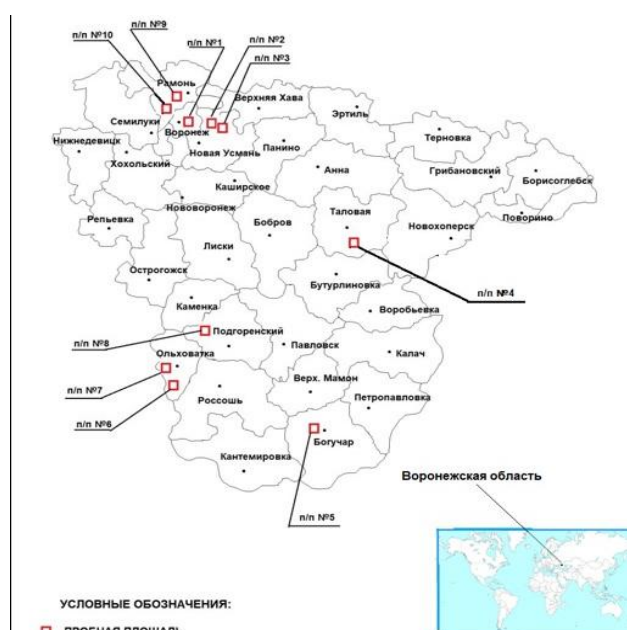


Рис. 1. Схема расположения объектов исследования



Рис. 2. Распределение орехов рода *Juglans* по породному составу



Рис. 3. Распределение орехов рода *Juglans* по возрастной структуре



Рис. 4. Распределение орехов рода *Juglans* по происхождению посадочного материала



Рис. 5. Распределение орехов рода *Juglans* в зависимости от почвенных условий

### Методика исследований

При определении зимостойкости использовалась стандартная полевая методика [10], а также предлагаемый подход, основанный на определении

компонентов зимостойкости (морозоустойчивости и морозостойкости) растений лабораторными методами ускоренной оценки, основанными на искусственном промораживании [3, 4, 6, 11, 12].

Зимостойкость, определяемая полевым способом, проводится визуально в период вегетации и осуществляется согласно существующей шкале [10], которая была видоизменена для максимальной сравнительности с другими оценочными шкалами.

0 – повреждений нет (растение не обмерзает);

1 – повреждены верхушечные почки;

2 – повреждены однолетние побеги;

3 – повреждена двухлетняя и более старшего возраста древесина;

4 – повреждены скелетные ветви;

5 – поврежден штамп (появление поросли возможно).

Эксперименты по искусственному промораживанию выполнены по методике М.М. Тюриной и Г.А. Гоголевой [11]. Повторность анализов – двукратная. В качестве опытного материала использовали однолетние побеги с плодоносящих деревьев, которые заготавливали в конце осеннего периода до наступления сильных морозов.

Устойчивость к низким температурам определяли по степени повреждения древесины на длинных косых срезах в середине ветвей [6, 12]:

0 – изменений окраски нет, ткань светло-зеленая;

1 – легкое пожелтение ткани;

2 – древесина светло-коричневая, имеются отдельные погибшие участки (от 20 до 40 %);

3 – древесина светло-коричневая, погибло не менее половины ткани (от 40 до 60 %);

4 – древесина вся коричневая;

5 – древесина погибла.

Морозостойкость и устойчивость к резким перепадам зимних температур определяли на основании следующих вариантов опыта [12]:

- устойчивость к ранним морозам в осенне-зимний период – закалка при  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , промораживание при  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

- максимальная морозостойкость – закалка при  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , промораживание при  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

- устойчивость к резким перепадам температуры – оттепель  $+3\text{ }^{\circ}\text{C}$  в течение 5 дней, промора-

живание при  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Экспозиция во всех вариантах составляла 18 часов, скорость снижения температуры  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  в час [4, 6, 9, 16].

В программе STATISTICA-6.0 выполнены требуемые расчеты, проведены корреляционный и регрессионный анализы для подтверждения статистической достоверности данных [2, 13].

### Результаты исследований и выводы

Недостаточная зимостойкость, безусловно, основной лимитирующий фактор при интродукции. Однако для достоверного определения зимостойкости полевым методом требуется несколько лет; при этом желательно определять данный показатель после зим с экстремально низким температурным режимом.

Устойчивость растений к низким температурам принято рассматривать как составляющую из 4 компонентов, которые не могут быть заменены никаким другим. В упрощенном виде комплекс адаптивных признаков, составляющих зимостойкость, можно разделить на холодостойкость, морозостойкость, морозоустойчивость и устойчивость к резким перепадам температуры [9]. Холодостойкость свойственна всем древесным растениям умеренной полосы [15], в связи с чем данный адаптивный признак, не оказывающий значительного влияния, может быть исключен из анализа общей зимостойкости. Значения морозостойкости и морозоустойчивости обработаны методами математической статистики и приведены в табл. 1.

Из табл. 1 следует, что средние показатели морозоустойчивости ореха грецкого в Воронежской области самые низкие из числа исследуемых видов орехов – 2,08 балла, что не позволяет считать данный древесный вид очень устойчивым к низким отрицательным температурам. Однако высокий коэффициент изменчивости по признаку морозостойкости ( $C = 45\%$ ) гарантирует возможность отбора наиболее устойчивых форм, которые смогут безболезненно переносить низкие зимние температуры. Именно они могут и должны составлять основу селекционно-семенного фонда при культивировании в исследуемом регионе.

Наиболее приспособленным к зимним условиям Воронежской области являются орехи серый

и маньчжурский (морозоустойчивость и морозостойкость не превышают 1,6 балла). Орех черный также отличается морозостойкостью. Длительные понижения температуры воздуха в пределах  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а также кратковременные понижения до  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  не причиняют ущерба плодоносящим деревьям.

Орех сердцевидный не отличается повышенными адаптивными свойствами в зимний период, однако вполне может успешно расти в исследуемом регионе – морозоустойчивость и морозостойкость соответственно составляют 1,83 и 1,79 балла.

Необходимо отметить, что показатели морозостойкости у всех видов орехов рода *Juglans* были выше значений морозоустойчивости.

Достоверность различий между средними значениями адаптивных признаков, наиболее сильно влияющими на зимостойкость, рассчитана при уровне вероятности 0,95 и приведена в табл. 2. Из данных табл. 2 следует, что между показателями морозостойкости и морозоустойчивости орехов серого, маньчжурского и черного не выявлено существенных различий при вероятности 0,95.

Зимой на растения действуют различные экстремальные факторы, связанные не только с вымерзанием разных органов и тканей. Большой урон наносят оттепели, а избыточная влажность тканей при резких сменах положительных температур отрицательными может привести к гибели не только побегов, но и многолетних ветвей [1, 9, 14]. Полученные средние значения устойчивости орехов рода *Juglans* к перепадам температурного режима в исследуемом регионе рассчитаны при уровне вероятности 0,95 и приведены в табл. 3.

Из данных табл. 3 видно, что достоверность различий между средними показателями устойчивости к перепадам температуры в большинстве случаев признается случайной. Отмечены незначительные различия между средними показателями орехов серого и сердцевидного (2,07), орехов грецкого и сердцевидного (2,00) и орехов грецкого и черного (2,04), что незначительно превышает стандартный критерий Стьюдента ( $t_{0,05} = 1,96$ ).

Среднестатистические показатели морозоустойчивости и морозостойкости орехов рода *Juglans* в Воронежской области [9]

Виды орехов	Морозоустойчивость, балл				Морозостойкость, балл			
	M±m	C, %	P	t	M±m	C, %	P	t
Грецкий	2,10±0,060	38,0	2,7	35,6	1,91±0,063	45,0	3,2	32,5
Маньчжурский	1,56±0,045	41,0	2,9	34,7	1,51±0,044	41,7	2,9	34,3
Черный	1,66±0,056	49,7	3,4	29,3	1,57±0,045	43,0	2,9	34,4
Серый	1,58±0,051	39,5	3,1	32,2	1,52±0,043	39,7	2,8	35,3
Сердцевидный	1,83±0,061	45,2	3,0	32,9	1,79±0,060	34,9	3,3	31,1

где: M – среднее значение признака, m – ошибка среднего значения, C – коэффициент варьирования, P – возможная погрешность исследования, t – достоверность исследования.

Таблица 2

Оценка достоверности различий между средними значениями морозоустойчивости и морозостойкости видов орехов рода *Juglans* в Воронежской области

Виды орехов	Разности между средними значениями									
	морозоустойчивость					морозостойкость				
	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	t <sub>0,05</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	t <sub>0,05</sub>
Грецкий (M <sub>1</sub> )	–	–	–	–	1,96	–	–	–	–	1,96
Маньчжурский (M <sub>2</sub> )	6,20	–	–	–	1,96	6,00	–	–	–	1,96
Черный (M <sub>3</sub> )	5,45	1,37	–	–	1,96	3,96	0,96	–	–	1,96
Серый (M <sub>4</sub> )	5,76	0,41	1,20	–	1,96	4,92	0,17	0,91	–	1,96
Сердцевидный (M <sub>5</sub> )	3,08	4,19	2,75	4,11	1,96	1,27	3,72	2,62	3,57	1,96

Таблица 3

Оценка достоверности различий между средними значениями устойчивости орехов рода *Juglans* к перепадам температуры

Виды орехов	Разности между средними значениями				
	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	t <sub>0,05</sub>
Грецкий (M <sub>1</sub> )	–	–	–	–	1,96
Маньчжурский (M <sub>2</sub> )	1,07	–	–	–	1,96
Черный (M <sub>3</sub> )	2,04	1,04	–	–	1,96
Серый (M <sub>4</sub> )	0,13	1,15	1,93	–	1,96
Сердцевидный (M <sub>5</sub> )	2,00	0,88	0,16	2,07	1,96

Следовательно, температурные перепады и зимнее иссушение оказывают меньшее влияние на общую зимостойкость плодоносящих растений, по сравнению с низкими устойчивыми температурами, хотя определенный вред все же наносят. Подобная зависимость характерна для всех изучаемых видов орехов. В ходе регрессионного анализа подобраны универсальные коэффициенты устойчивости к перепадам температуры (смена отрицательных температур положительными), которые равняются:

- 1,25 – для зимних периодов с температурными перепадами в течение 3-5 дней;
- 1,37 – для периодов с температурными перепадами в течение 6-10 дней;
- 1,5 – для зимних условий с экстремальным температурным режимом (более 10 дней).

В ходе проведения регрессионного анализа было найдено уравнение зависимости зимостойкости с другими признаками устойчивости. Полученные регрессионные модели оказались полностью адекватны экспериментальным данным. Уровень

значимости ( $F_{0,05}$ ) морозостойкости имел максимальные значения для всех видов орехов – 9,6-14,0.

Для орехов грецкого и маньчжурского значимым фактором является устойчивость к температурным перепадам в течение зимнего периода ( $F = 5,2$ ). Зимостойкость остальных видов в меньшей степени связана с перепадами температур, поскольку полученные расчетные значения  $F$  не превышали стандартное  $F_{st}$ .

В результате вычислений для каждого вида орехов были получены следующие уравнения:

Орех грецкий:

$$y = -0,255 + 0,426x + 0,585x_2 + 0,259x_3$$

Орех маньчжурский:

$$y = 0,081 + 0,251x + 0,628x_2 + 0,171x_3$$

Орех черный:

$$y = 0,129 + 0,201x + 0,658x_2 + 0,110x_3$$

Орех серый:

$$y = 0,137 + 0,277x + 0,636x_2 + 0,108x_3$$

Орех сердцевидный:

$$y = 0,168 + 0,244x + 0,601x_2 + 0,076x_3,$$

где  $y$  – зимостойкость растений (балл);

$x$  – морозоустойчивость (балл);

$x_2$  – морозостойкость (балл);

$x_3$  – устойчивость к перепадам температуры (балл).

Для полученных уравнений по видам орехов рассчитаны значения Дарбина-Уотсона (DW) и серийная корреляция остатков (SK) [13], которые равняются:

орех грецкий – DW = 1,623, SK = 0,248;

орех маньчжурский – DW = 2,13, SK = -0,06;

орех черный – DW = 2,136, SK = -0,068;

орех серый – DW = 1,872, SK = 0,063;

орех сердцевидный – DW = 1,84, SK = 0,077.

Значения Дарбина-Уотсона во всех случаях попадают в диапазон 1,5-2,5. Коэффициент детерминации ( $R^2$ ), рассчитанный для всех видов орехов, превышает 0,95, что подтверждает высокую точность полученных уравнений регрессии.

Для апробации предложенного метода проведено сравнение расчетной зимостойкости с аналогичным показателем, определенным полевым методом. Результаты приведены на рис. 6.

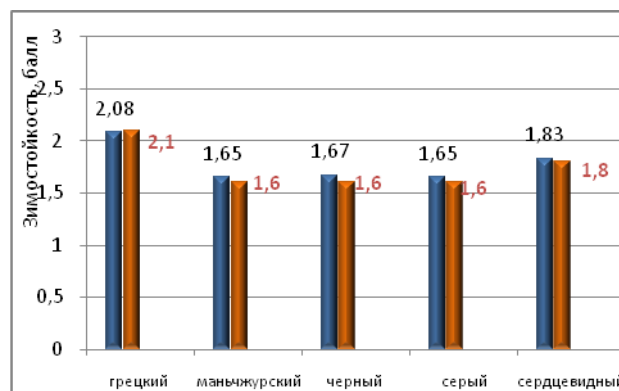


Рис. 6. Сравнение значений расчетной (синий) и полевой (красный) зимостойкости (балл)

При подстановке в уравнение средних значений адаптивных признаков выявлено, что исследуемые виды орехов рода *Juglans* можно расставить по мере увеличения зимостойкости в следующем порядке: орех грецкий, орех сердцевидный, орех серый, орех черный, орех маньчжурский. Последние 3 вида орехов имеют примерно одинаковую теоретическую зимостойкость (соответственно 1,66; 1,67 и 1,65 балла) и рекомендуются к выращиванию во всех районах Воронежской области без ограничений.

### Выводы

Предложен комплексный подход к определению зимостойкости форм, сортов и видов орехов, заключающийся в интегральной оценке основных компонентов зимостойкости растений, проводимой на основе учета влияния адаптивных признаков, параметры которых устанавливаются лабораторными методами. Это имеет преимущество перед обычным полевым способом оценки, так как достоверное определение устойчивости в полевых условиях требует много времени (иногда нескольких лет). Уровень точности определения зимостойкости не отличается от точности, полученной в ходе полевого метода.

Исходя из приведенных расчетов и установленных зависимостей, согласно среднему показателю расчетной зимостойкости (балл) орехи рода *Juglans* в порядке возрастания можно расставить следующим образом: орех грецкий – 2,08; орех сердцевидный – 1,83; орех черный – 1,67; орех серый – 1,66; орех маньчжурский – 1,65.

## Библиографический список

1. Вересин, М. М. Селекция ореха грецкого на зимостойкость методом отбора и гибридизации / М. М. Вересин, М. К. Улюкина // *Лесная генетика, селекция и семеноводство*. – Петрозаводск, 1970. – С. 365-369.
2. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта: учеб. / Б. А. Доспехов. – М. : Колос, 2011. – 547 с.
3. Кашин, В. И. Научные основы адаптивного садоводства / В. И. Кашин. – М. : Колос, 1995. – С. 137-145.
4. Кичина, В. В. Селекция плодовых и ягодных культур на высокий уровень зимостойкости (концепция, приемы и методы) / В. В. Кичина. – М. : ВСТИСП, 1999. – 126 с.
5. Николаев, Е. А. Интродукция и селекция ореха грецкого в Воронежской области / Е. А. Николаев, В. А. Славский, В. В. Тищенко. – Воронеж, 2007. – 152 с.
6. Состояние растений коллекции *Juglans* и *Carya* (семейство Juglandaceae) в Главном ботаническом саду им. Н. В. Цицина РАН / Л. Н. Мухина [и др.] // *Лесохозяйственная информация*. – 2017. – № 3. – С. 35-43.
7. Резвякова, С. В. Теоретические и практические основы повышения биоресурсного потенциала устойчивости садовых культур к температурным факторам: дис. ... д-ра с.-х. наук: 03.02.14 / С. В. Резвякова. – Орел, 2015. – 385 с.
8. Славский, В. А. Интродукция, селекция и культивирование орехов рода *Juglans* в Центральном Черноземье / В. А. Славский, Е. А. Николаев, В. Н. Калаев. – Воронеж: «Роза ветров», 2013. – 262 с.
9. Славский, В. А. Районирование ореха грецкого в Воронежской области по зонам устойчивости к неблагоприятным факторам / В. А. Славский, Д. А. Тимащук, А. В. Мироненко // *Лесотехнический журнал*. – 2017. – Т. 7. – № 3 (27). – С. 143-150.
10. Славский, В. А. Устойчивость орехов рода *Juglans* к отрицательным зимним температурам в Воронежской области / В. А. Славский, М. П. Чернышов // *Лесотехнический журнал*. – 2018. – Т. 8. – № 1 (29). – С. 72-80.
11. Сухоруких, Ю. И. Программа и методика селекции ореха грецкого / Ю. И. Сухоруких, А. П. Луговской, С. Г. Биганова. – Майкоп : Качество, 2007. – 54 с.
12. Тюрина, М. М. Ускоренная оценка зимостойкости плодовых и ягодных культур / М. М. Тюрина, Г. А. Гоголева. – М., 1978. – 48 с.
13. Юшков, А. Н. Адаптивный потенциал и селекция плодовых растений на устойчивость к абиотическим стрессорам : дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.05 / А. Н. Юшков. – Мичуринск, 2017. – 394 с.
14. Anatolyev, S. A. Intermediate and advanced econometrics: problems and solutions / S. A. Anatolyev. – Moscow, New Economic School, 2005. – 164 p.
15. Frost acclimation in different organs of walnut trees *Juglans regia* L.: how to link physiology and modelling / G. Charrier, M. Poirier, M. Bonhomme, A. Lacoïnte, T. Améglio // *Tree Physiol*. – 2013. – № 33. – P. 1229-1241.
16. Poirier, M. A semi-physiological model of cold hardening and dehardening in walnut stem [Text] / M. Poirier, A. Lacoïnte, T. Améglio // *Tree Physiol*. – 2010. – Vol. 12. – P. 1555-1569.
17. Sharma, S. D. Studies on the Variability in Nuts of Seedling Walnut (*Juglans regia* L.) in Relation to the Tree Age / S. D. Sharma, O. C. Sharma // *Fruit Varieties Journal* (521). – 1998. – P. 20-23.

## References

1. Veresin M. M., Ulyukina M. K. *Selektsiya gretskogo orekha na zimostoykost' metodom selektsii i gibridizatsii* [Walnut breeding for winter hardiness by the method of selection and hybridization] // *Lesnaya genetika, selektsiya i semenovodstvo* [Forest genetics, selection and seed production]. Petrozavodsk, 1970. P. 365-369. (in Russian).



2. Dospekhov B. A. *Metodologiya polevogo opyta: uchebnik* [Methodology of field experience: a textbook]. M.: Kolos, 2011. 547 p. (in Russian).
3. Kashin V. I. *Nauchnyye osnovy adaptivnogo sadovodstva* [Scientific bases of adaptive gardening]. M.: Kolos, 1995. P. 137-145. (in Russian).
4. Kichina V. V. *Selektsiya plodovo-yagodnykh kul'tur na vysokiy uroven' zimostoykosti (kontseptsiya, metody i metodiki)* [Selection of fruit and berry crops for a high level of winter hardiness (concept, methods and techniques)]. M.: VSTISP, 1999. 126 p. (in Russian).
5. Nikolayev E. A., Slavskiy V. A., Tishchenko V. V. *Introduktsiya i selektsiya gretskogo orekha v Voronezhskoy oblasti* [Introduction and selection of walnut in the Voronezh region]. Voronezh, 2007. 152 p. (in Russian).
6. Muhina L. N., Seraya L. G., Kashtanova O.A., Yacenko I. O., Trusov N. A., Sokolova V. V., Mamontov A. K., Polityko V. A. *Sostoyanie rastenij kolleksii Juglans i Carya (semejstvo Juglandaceae) v Glavnom botanicheskom sadu im. N. V. Cicina RAN// Lesohozyajstvennaya informatsiya.-2017.-№3.- s. 35-43*
7. Rezvyakova S.V. *Teoreticheskiye i prakticheskiye osnovy povysheniya bioresurnogo potentsiala ustoychivosti sadovykh kul'tur k temperaturnym faktoram* [Theoretical and Practical Basis for Increasing the Bioresource Potential of the Resistance of Garden Crops to Temperature Factors]: *Dis. ... Doktor s.-h. nauk* [Dis. ... Dr. agr. Sciences]: 03.02.14 / Rezvyakova Svetlana Viktorovna. - Orel, 2015. – 385 p. (in Russian).
8. Slavskiy V.A., Nikolayev E.A., Kalayev V.N. *Introduktsiya, selektsiya i vyrashchivaniye orekhov roda Juglans v Tsentral'nom Chernozem'ye: monografiya* [Introduction, selection and cultivation of nuts of the genus Juglans in the Central Chernozem region]/ Voronezh, "Roza vetrov", 2013. - 262 p. (in Russian).
9. Slavskiy V.A., Timashchuk D.A., Mironenko A.V. *Zonirovaniye gretskogo orekha v Voronezhskoy oblasti po zonam ustoychivosti k neblagopriyatnym faktoram* [Walnut zoning in the Voronezh region by zones of resistance to adverse factors] / *Lesotekhnicheskij zhurnal* [Forest Engineering Journal]. – 2017. – T. 7. - № 3 (27). – P. 143-150. (in Russian).
10. Slavskiy, V. A., Chernyshov M. P. *Ustoychivost' orekhov roda Juglans k otritsatel'nym zimnim temperaturam v Voronezhskoy oblasti* [Resistance of nuts of the genus Juglans to negative winter temperatures in the Voronezh region] / *Lesotekhnicheskij zhurnal* [Forest Engineering Journal]. – 2018. - № 1 (29). – T. 8. – P. 72-80. (in Russian).
11. Sukhorukikh Yu. I., Lugovskoy A. P., Biganova S. G. *Programma i metody selektsii gretskogo orekha* [Program and methods of walnut selection] / Maykop: Kachestvo, 2007. – 54 p. (in Russian).
12. Tyurina, M. M., Gogoleva G. A. *Uskorennaya otsenka zimostoykosti plodovykh i yagodnykh kul'tur* [Accelerated assessment of winter hardiness of fruit and berry crops] / M.: VASKhNIL, 1978. – 48 p.
13. Yushkov, A. N. *Adaptivnyy potentsial i selektsiya plodovykh rasteniy na ustoychivost' k abioticheskim stressoram* [Adaptive potential and selection of fruit plants for resistance to abiotic stressors]: *Dis. ... Doktor s.-h. nauk* [Dis. ... Dr. agr. Sciences]: 06.01.05 / Yushkov Andrey Nikolayevich. – Michurinsk, 2017. – 394 p. (in Russian).
14. Anatolyev, S. A. *Intermediate and advanced econometrics: problems and solutions* / Moscow, New Economic School, 2005 – 164 p.
15. Charrier, G., Poirier, M., Bonhomme M., Lacoïnte A., Améglio T. Frost acclimation in different organs of walnut trees *Juglans regia* L.: how to link physiology and modelling / *Tree Physiol.*, 2013. – № 33. – P. 1229- 1241.
16. Poirier, M., Lacoïnte A., Améglio T. A semi-physiological model of cold hardening and dehardening in walnut stem / *Tree Physiol.* – 2010. – Vol. 12. – P. 1555-1569.
17. Sharma S. D., Sharma O. C *Studies on the Variability in Nuts of Seedling Walnut (Juglans regia L.) in Relation to the Tree Age* / *Fruit Varieties Journal* (521). – 1998. – P. 20-23.

## Сведения об авторе

*Славский Василий Александрович* – доцент кафедры лесоводства, лесной таксации и лесоустройства ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», кандидат сельскохозяйственных наук, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: slavskiyva@yandex.ru.

## Information about the author

*Slavskiy Vasily Aleksandrovich* – Associate Professor of forestry, forest taxation and forest management, FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», PhD (Agriculture), Voronezh, Russian Federation; e-mail: slavskiyva@yandex.ru.

DOI: 10.12737/article\_5c92016e6498a5.38774878

УДК: 630\*165.6

## СОРТОИСПЫТАНИЕ И ОТБОР ГИБРИДОВ ТОПОЛЯ ДЛЯ ПОЛЕЗАЩИТНЫХ НАСАЖДЕНИЙ

доктор сельскохозяйственных наук, профессор **А.П. Царев**<sup>1</sup>

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник **Р.П. Царева**<sup>1</sup>

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент **В.А. Царев**<sup>1</sup>

**О.Ю. Ленченкова**<sup>1</sup>

**Е.Н. Милигула**<sup>1</sup>

1 – ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии», г. Воронеж, Российская Федерация

Представлены итоги многолетнего сортоиспытания новых гибридов тополя селекции Всероссийского НИИ лесной генетики, селекции и биотехнологии в полезащитной лесной полосе в Хохольском лесничестве Воронежской области. Полезащитная лесная полоса заложена весной 1985 года. Посадка осуществлена 1-летними укорененными саженцами семи гибридов тополя: *Ведуги*' (гибрид белых тополей), *Вертикали*' и *Гелия*' (гибриды черных тополей) и четырех межсекционных сложных гибридов *Артура*', *Арты*', *Версии*' и *Эриды*'. В качестве контроля был высажен тополь бальзамический, а после его полного усыхания за контроль была принята средняя совокупность всех деревьев на участке. Размещение было 2×2,75 м, смещение – рендомизированным. Почва – чернозем обыкновенный. Участок заложен в 3-кратной повторности. Полосы из 3 рядов длиной 524 м, шириной 11,0 м, густота посадки была 1800 шт./га. При анализе роста и продуктивности гибридов тополя определялись рост тополей по диаметру и высоте, сохранность их в динамике, объемы стволов и запасы древесины в пересчете на 1 га. Установлено, что приживаемость гибридов была высокой (72-98 %). Сохранность в 34 года самая высокая была у *Эриды*' (93 %), самая низкая (6 %) – у *Вертикали*'. Сохранность у *Ведуги*' и *Арты*' была 60-65 %. Наибольшая высота отмечена у *Вертикали*' и *Ведуги*' (около 22 м), наименьшая – у *Арты*' (19,7 м). Запасы древесины достоверно высокими были у *Ведуги*' и *Эриды*' (775 и 988 м<sup>3</sup>/га), несколько ниже у *Гелия*' (574 м<sup>3</sup>/га). Именно эти 3 гибрида и могут быть рекомендованы для дальнейшего их размножения и массового внедрения в производственные полезащитные полосы.

**Ключевые слова:** тополь, селекция, сортоиспытание, гибриды, сохранность, быстрота роста, продуктивность.

## VARIETY TESTING AND SELECTION OF POPLAR HYBRIDS FOR FIELD-PROTECTIVE PLANTINGS

DSc (Agriculture), Professor **A.P. Tsarev**<sup>1</sup>

PhD (Agriculture), senior researcher **R.P. Tsareva**<sup>1</sup>

PhD (Agriculture), Associate Professor **V.A. Tsarev**<sup>1</sup>

**O.Y. Lenchenkova**<sup>1</sup>

**E.N. Miligula**<sup>1</sup>

1 – FSBI All-Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology, Voronezh, Russian Federation

### Abstract

The results of the long-term varietal testing of poplar hybrids of the All-Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology in the forest shelter belt in Khokholsky forest area of the Voronezh region are presented. Protective forest belt was laid in the spring of 1985. The planting was carried out by 1-year-old rooted seedlings of seven poplar hybrids: Veduga (white poplar hybrid), Vertical and Helium (black poplar hybrids) and 4 intersectional complex hybrids Arcturus, Arta, Version and Erida. A balsamic poplar was planted as a control one, and after its complete drying out, an average of all the trees in the area was taken as a control one. The espacement was  $2 \times 2.75$  m, the mix was randomized. The soil is ordinary black soil. The plot is laid in 3 times. The stripes of 3 rows of 524 m long, 11.0 m width. The planting density was 1,800 pcs/ha. When analyzing the growth and productivity of poplar hybrids, the growth of poplars was determined by diameter and height, their preservation - over time, trunk volumes and timber reserves - per 1 ha. It was established that the survival rate of hybrids was high (72-98 %). Erida had the highest (93 %) safety; Vertical had the lowest (6 %) safety. Preservation of Veduga and Arta was 60-65 %. The highest altitude is noted in Vertical and Veduga plantations (about 22 m), the smallest one – in Arta (19.7 m). Wood reserves were significantly high in Veduga and Erida stands (775 and 988 m<sup>3</sup>/ha), and it is slightly lower in Helium stands (574 m<sup>3</sup>/ha). It is these 3 hybrids that can be recommended for their further reproduction and mass introduction into field-protective plantings.

**Keywords:** poplar, selection, variety testing, hybrids, preservation, rapid growth, productivity.

### Введение

В системе мероприятий по охране природных ресурсов и повышения урожайности сельскохозяйственных культур важную роль играет защитное лесоразведение, особенно в Центрально-Черноземном регионе (ЦЧР) с его широкой сетью овражно-балочных систем, с периодичностью засух и суховеев. Из всех созданных в регионе защитных лесонасаждений 22 % площадей приходится на полезащитные полосы. Полезащитные полосы существенно улучшают микроклимат сельхозугодий (снижают скорость ветра, температуру воздуха, испаряемость, увеличивают влажность воздуха и т. д.) и повышают урожайность культур (Шаталов, 1997, Трещевский, 1982, 1982, Павловский, 1986, Михин, 1994, Михин и др., 2012, Турусов и др., 2017) [1-7].

В качестве главных пород, наряду с березой, дубом, сосной и лиственницей, рекомендуется ис-

пользовать и тополя. Доля тополей в защитных насаждениях ЦЧР в отдельные годы составляла свыше 32 %, что объясняется их быстрым ростом, способностью вегетативно размножаться, ранней эффективностью действия, начиная с 2-летнего возраста, и коротким периодом окупаемости (Трещевский, 1982, Шаталов, 1997, Царева, Ковалев, 1983) [1, 4, 8].

### Методика исследований

Хохольский сортоиспытательный участок был заложен весной 1985 г. Посадка осуществлена 1-летними укорененными саженцами в 3-кратной повторности. Размещение было  $2,0 \times 2,75$  м, смешение – рендомизированное.

Для испытания в насаждения были включены семь гибридов тополя, выведенных проф. А.П. Царевым в 1975-76 гг. В испытание вошел гибрид *'Ведуга'*, полученный при опылении *P. alba* (местного произрастания) пыльцой *P. bolleana* (из

Астрахани). Данный гибрид в настоящее время запатентован и имеет статус сорта. Патентообладателем является «ВНИИЛГИСбиотех».

Кроме того на экспериментальном участке испытывались еще два сложных гибрида черных тополей (*Вертикаль'* и *Гелий'*), полученные от скрещивания *P. deltoides* с *Пирамидально-осокоревым Камышинским'* ('*ПОК'*). Тополь *ПОК'* в свою очередь был выведен на Камышинском стационаре ВНИАЛМИ (Волгоградская область) А.В. Альбенским.

В испытания включены еще 4 межсекционных сложных гибрида (*Арктур'*, '*Арта'*, '*Версия'* и '*Эрида'*), которые были отобраны из семьи *Пионер'* × *P. balsamifera*. Тополь *Пионер'* в свою очередь был получен А.С. Яблоковым (ВНИИЛМ) от скрещивания тополя черного пирамидального с осокорем. Краткая характеристика отобранных для испытания тополей представлена в табл. 1.

В качестве контроля высажен *P. balsamifera*, широко культивируемый в данном регионе. Последующие наблюдения показали, что *P. balsamifera* существенно отставал по росту от всех других испытываемых гибридов, а на 5-м году роста он полностью выпал из насаждений. Поэтому в дальнейшем за контроль была принята средняя совокупности всех испытываемых тополей [9].

При последней инвентаризации участка (июль 2018) определены сохранность гибридов, проанализирован их рост по высоте и диаметру, определены объемы стволов и запасы древесины. Замеры высот и окружностей ствола проводились по дереву.

Окружность ствола определялась мерной лентой. Диаметры ( $D$ , см) рассчитывались путем деления окружности ствола на 3,14, т. е. по формуле

$$D = C/\pi, \quad (1)$$

где  $C$  – окружность ствола, см.

Высоты тополей ( $H$ , м) измерялись высотомером *Blume-Leiss*. Рабочий график высот по 28-ми деревьям представлен на рис. 1. По материалам графика была получена следующая формула определения высот тополей ( $H$ , м):

$$H = 5,2045 \ln(D) + 3,5693. \quad (2)$$

По данной формуле сделан расчет высот для каждого дерева по всем испытываемым гибридам.

Объемы стволов ( $V$ , м<sup>3</sup>) определялись по формуле

$$V = \frac{\pi \times b^2}{4} \times H \times f, \quad (3)$$

где  $f$  – видовое число (для тополя по Г. Готзагерсу составляет 0,39) [10].

Запасы древесины ( $W$ , м<sup>3</sup>/га) в пересчете на 1 га рассчитывались по формуле

$$W = \frac{V \times N \times 10000}{S}, \quad (4)$$

где  $N$  – количество деревьев на делянке (шт.);

$S$  – площадь делянки, м<sup>2</sup>.

Статистическая обработка данных проводилась по Снедекору [11].

В первые 8 лет наблюдения на полосе проводились ежегодно. В последующие годы они осуществлялись через 2 года, а с 14 лет были прекращены и только в 2018 г. (возраст 34 года) возобновлены полностью.

### Результаты и их обсуждение

Анализ сохранности гибридных тополей показал, что она в 8 лет была высокой и варьировала от 72 до 98 %, а в среднем составляла 86 %. Сохранность контроля была 69 % (табл. 2).

Сохранность гибридных тополей в последующие годы роста представлена на рис. 2.

Как видно из данных рис. 2, максимально сохранились в первые 8 лет роста гибриды *Арта'* и *Эрида'* (95-96 %), минимальная сохранность (41-49 %) наблюдалась у гибридов *Арктур'*, *Версия'* и *Гелий'*. Сохранность гибридов в 34 года отражена на рис. 3.

Как видно из рис. 3, сохранность гибрида *Эрида'* оставалась высокой (93 %), а у гибрида *Арта'* она снизилась до 60 %. В то же время к 34 годам почти полностью выпал из насаждения гибрид *Вертикаль'* (сохранилось всего 4 дерева, или 6 %). Сохранность деревьев т. *Арктур'* в этом возрасте также была низкой, всего 18 %. Гибриды *Ведуга'* и *Гелий'* по данному показателю занимали промежуточное место (49-65 %), и несколько ниже сохранность в 34 года (37 %) была у гибрида *Версия'*.

Таблица 1

Краткая характеристика испытываемых гибридов на сортоиспытательном участке в Хохольском лесничестве Воронежской области

№	Наименование гибрида	Селекционный номер	Родители	Секционная принадлежность гибрида
1	'Ведуга'	76.Б31-26.07	<i>P. alba</i> × <i>P. bolleana</i>	белый
2	'Вертикаль'	75.13-32.03	<i>P. deltoides</i> × 'ПЮК'*	черный
3	'Гелий'	75.13-32.08	—''—	—''—
4	'Арктур'	75.41-25.05	'Пионер' × <i>P. balsamifera</i>	межсекционный сложный гибрид
5	'Арта'	75.41-21.10	—''—	—''—
6	'Версия'	75.41-23.07	—''—	—''—
7	'Эрида'	75.41-25.04	—''—	—''—
8	<i>P. balsamifera</i> (контроль)	б/№	вид	бальзамический

\* - Пирамидально-осокоревый Камышинский

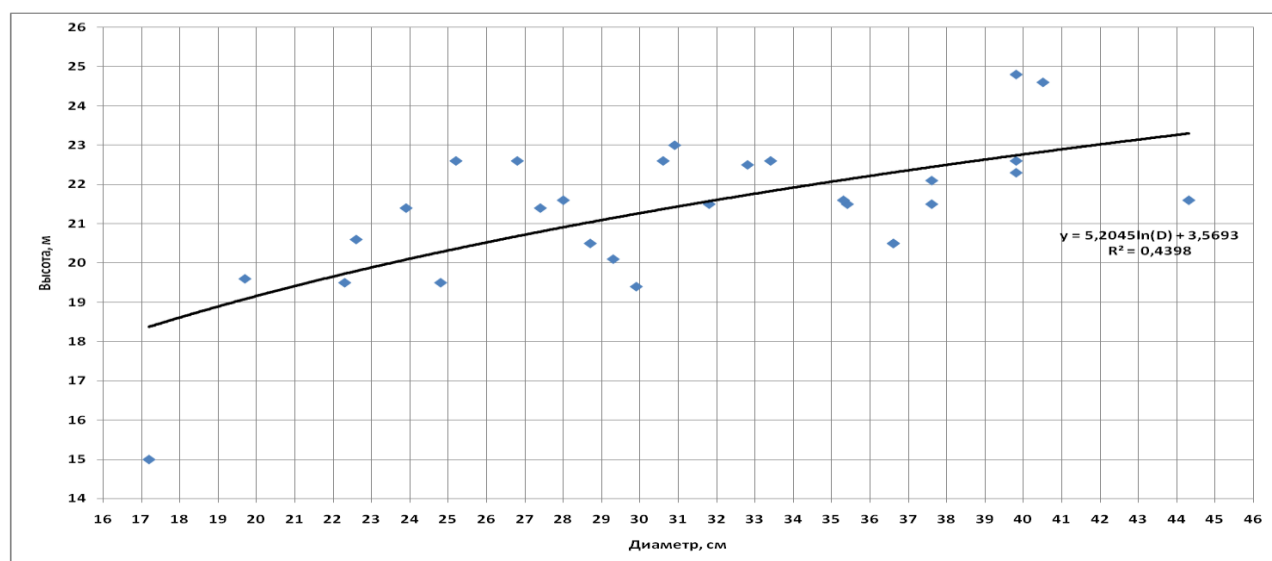


Рис. 1. График высот гибридов тополей в возрасте 34 лет, произрастающих в Хохольском лесничестве в Воронежской области

Таблица 2

Сохранность гибридных тополей на Хохольском участке в 8-летнем возрасте

№	Наименование гибрида	Высажено, шт.	Сохранность	
			шт.	%
1	'Ведуга'	139	109	78
2	'Вертикаль'	70	64	91
3	'Гелий'	85	61	72
4	'Арктур'	140	136	97
5	'Арта'	95	88	98
6	'Версия'	170	137	81
7	'Эрида'	55	52	95
<b>Итого и среднее по участку</b>		<b>754</b>	<b>647</b>	<b>86</b>
8	<i>P. balsamifera</i> (контроль)	36	25	69
<b>Всего</b>		<b>790</b>	<b>672</b>	<b>85</b>

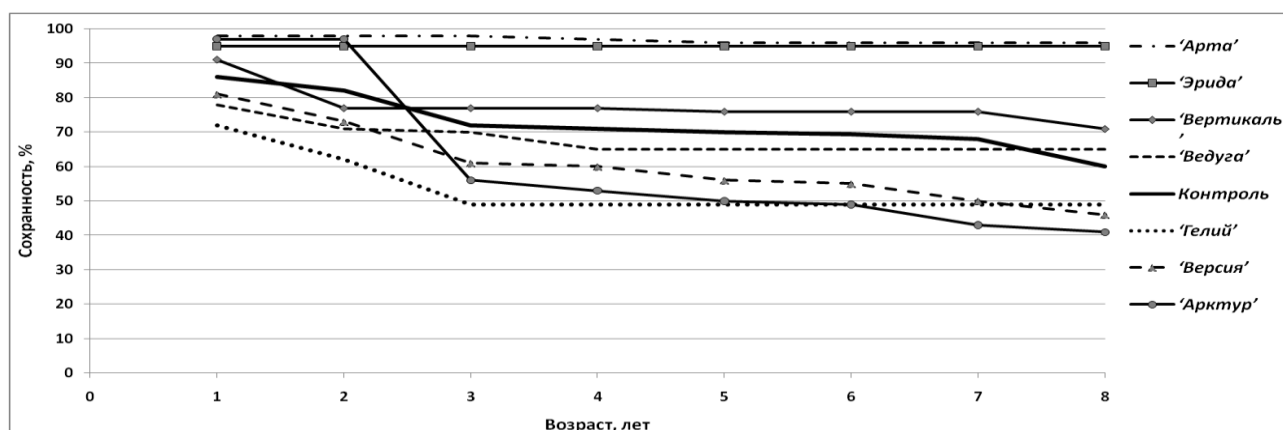


Рис. 2. Приживаемость гибридных тополей в первые годы роста на Хохольском участке

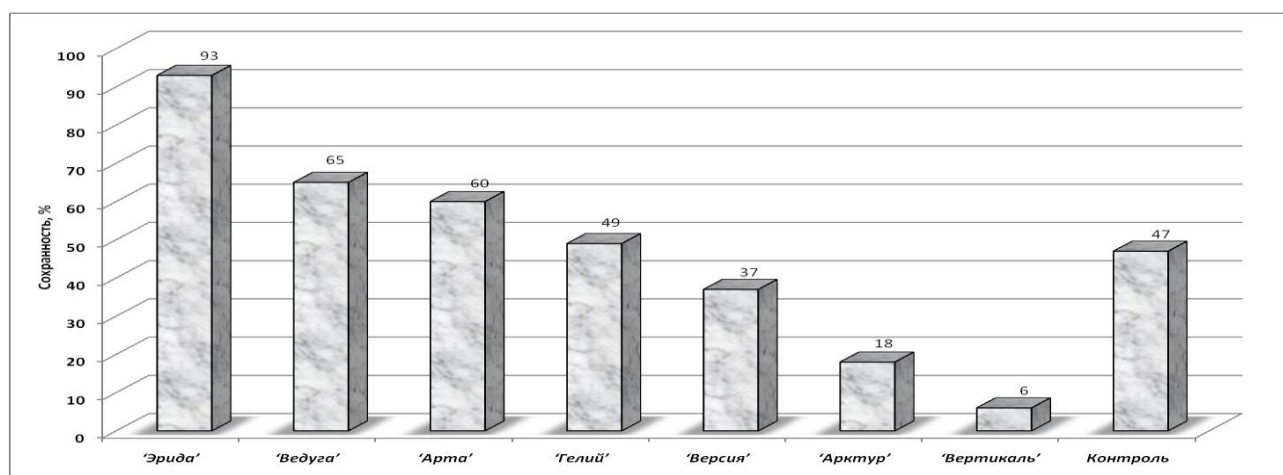


Рис. 3. Сохранность гибридных тополей на Хохольском участке в 34 года

Следует отметить, что резкое снижение сохранности и выпадение деревьев из насаждений в 34-летнем возрасте, по всей видимости, наступило гораздо раньше, т. е. после сильной засухи 2010 года. К сожалению, в этот период исследования по ряду причин были приостановлены и данные по ним не были получены.

Данные роста тополей в динамике по высоте за 13 лет наблюдений на Хохольском участке отображены на рис. 4. Как видно из данных рис. 4, лучшие тополя уже в 13 лет достигают высоты более 11 м. В 34 года средняя высота перспективных гибридов в этом возрасте достигает 20-22 м (табл. 3).

Анализ роста и сохранности в первые годы роста показал, что все введенные в испытания новые гибриды тополя селекции «ВНИИЛГИСбиотех» росли лучше тополя бальзамического (контроля), начиная с первого года роста. Средние высоты

большинства испытываемых гибридов во все годы наблюдений в период до 13 лет были близкими. Вариация высот в 9 лет составляла от 7,1 до 8,2 м, в 13 лет – от 11,0 до 11,7 м, то есть разница между гибридами по высоте была примерно в 1 метр, исключение составлял только тополь 'Арктур'.

Вариация высот в 34-летнем возрасте была несколько выше (от 19,7 до 21,8 м), то есть разница составила более 2 м. Диаметры гибридов тополя в этом возрасте в зависимости от генотипа варьировали от 22,8 до 33,3 см, а объемы стволов – от 0,39 до 0,83 м<sup>3</sup>. Различия по этому показателю были более существенными, что позволяет отбирать более продуктивные гибриды.

В табл. 3 приведены данные инвентаризации Хохольского сортоучастка, проведенной в 2018 году в возрасте 34 лет.

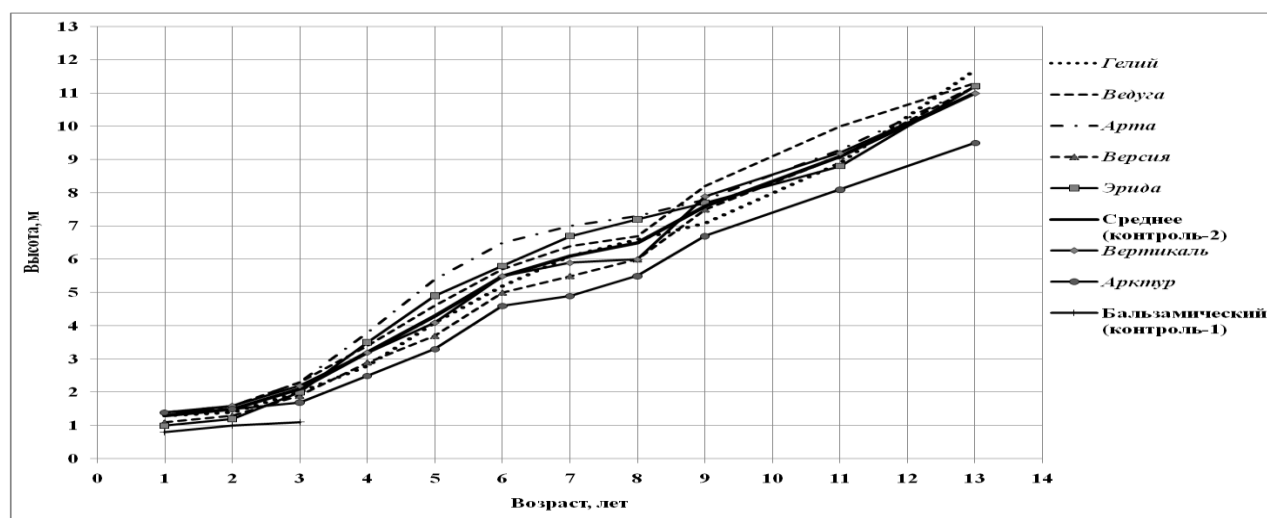


Рис. 4. Динамика роста гибридных тополей (по высоте) в Хохольской полезащитной лесной полосе

Таблица 3

Таксационные показатели роста гибридных тополей, произрастающих на Хохольском сортоучастке (возраст 34 года)

№	Наименование гибрида	Селекцион-ный номер	Сохрани-лось		Высота		Диаметр		Объем ствола	
			шт	%	H, м	±m	D, см	±m	V, м <sup>3</sup>	±m
1	'Ведуга'	76.Б31-26.07	90	65	21,3*	0,14	31,2*	0,18	0,83*	0,05
2	'Вертикаль'	75.13-32.03	4	6	21,8*	0,10	33,3*	0,67	0,74*	0,03
3	'Гелий'	75.13-32.08	42	49	20,7	0,25	28,2	1,22	0,62	0,05
4	'Арктур'	75.41-21.10	25	18	21,3	0,28	31,1	1,52	0,69	0,07
5	'Арта'	75.41-25.05	57	60	19,7	0,15	22,8	0,69	0,39	0,03
6	'Версия'	75.41-23.07	63	37	20,9	0,16	28,6	0,80	0,67	0,04
7	'Эрида'	75.41-25.04	51	93	20,4	0,21	26,4	0,98	0,56	0,05
<b>Итого и среднее (контроль)</b>			<b>332</b>	<b>42</b>	<b>20,7</b>	<b>0,08</b>	<b>28,1</b>	<b>0,41</b>	<b>0,64</b>	<b>0,02</b>

\* Различия достоверности при  $P_{0,05} \geq 1,96$

Как видно, максимальная высота в 34 года на участке на достоверном уровне была у 'Ведуги' и 'Вертикали' (21,3 и 21,8 м). Достоверно выше у них были диаметры (31,2 и 33,3 см) и объемы ствола (0,74 и 0,83 м<sup>3</sup>). Достоверно хуже на данном участке рос гибрид 'Арта' (высота – 19,7 м, диаметр – 22,8 см, объем ствола – 0,39 м<sup>3</sup>).

Более существенным и наглядным показателем роста и продуктивности гибридов тополя кроме высоты является запас древесины на участке, который рассчитывается, исходя из данных роста (высота и диаметр), объема ствола и сохранности деревьев. Самые высокие запасы древесины в 34-летнем возрасте отмечены у 'Эриды' и 'Ведуги' (944 и 988 м<sup>3</sup>/га), самые низкие (77 и 233 м<sup>3</sup>/га) – у тополей 'Вертикали' и 'Арктур' (рис. 5). По запа-

су древесины тополя 'Арта', 'Версия' и 'Гелий' занимали промежуточное место (423-474 м<sup>3</sup>/га).

Следует отметить, что гибрид 'Эрида' на данном участке полностью произрастает в опушечном крайнем ряду. В связи с этим его запас завышен. Анализ продуктивности других гибридов, произрастающих как во внутреннем ряду полосы, так и в опушечном, показал, что объемы стволов опушечных деревьев превышают над внутренними. Так, к примеру, у гибрида 'Версия' средний объем ствола во внутреннем ряду составлял 0,60 м<sup>3</sup>, в опушечном – 0,75 м<sup>3</sup>. Такая же тенденция наблюдалась и у гибрида 'Арктур' (0,55 и 0,64 м<sup>3</sup> соответственно). То есть превышение составляет около 20 %. В связи с этим запас древесины у гибрида 'Эрида' при произрастании внутри полосы может

быть ниже и составлять 775 м<sup>3</sup>/га, а не 944 м<sup>3</sup>/га, как указано на рис. 5.

Гибриды белых тополей по высоте выбились в лучшие и на других объектах, начиная с 5-летнего возраста. Так, в Семилукской коллекции они достигали в 10 лет 11 м, диаметр – 16 см, а в 24 года – 21 м и 33 см соответственно [12]. Тополь *Ведуга* из этой семьи на Семилукской коллекции в 19 лет имел высоту 20,5 м, диаметр – 32 см, объем ствола – 0,66 м<sup>3</sup> [13].

Высоты тополей *Эриды*, *Версии* и *Гелия* на Аннинском сортоучастке, по данным Н.С. Русина и др., в 17-летнем возрасте варьировались от 16,5 до 18,2 м, диаметры – от 15,5 до 16,9 см и существенно превышали родительские формы, которые имели высоту 11,9 м и диаметр 15 см. Эти гибриды на данном участке вошли в тройку лучших [14].

Гибрид *Гелий* на Семилукской коллекции в этом возрасте достигал высоты 16,7 м, диаметра 33 см, объема ствола 0,66 м<sup>3</sup> [13].

### Заключение

Анализ сохранности и продуктивности новых гибридов тополя селекции «ВНИИЛГИСбиотех», произрастающих на Хохольском сортоучастке, позволил определить наиболее устойчивые (с высокой сохранностью) и наиболее продуктивные (с высоким запасом древесины).

Сохранность испытываемых гибридов тополя в первые 8-13 лет наблюдений была достаточно высокой (65-96 %). Резкое снижение сохранности и выпадение деревьев из насаждений, по всей види-

мости, наступило после жары 2010-го года. Инвентаризация опытного объекта показала, что наибольшая сохранность (93 %) в 34-летнем возрасте была у гибрида *Эрида*, наименьшая – у *Вертикали* (6 %). Сохранность гибридов *Арты* и *Ведуги* составляла 60-65 %. В целом же сохранность гибридов на участке на момент обследования была 47 %. Полностью выпал из насаждений тополь бальзамический, включенный в опыт как контроль.

Средняя высота гибридов в 13 лет варьировалась от 9,5 м (*Арктур*) до 11,7 м (*Гелий*). Высота тополей в 34 года составляла 20-22 м. Достоверно лучшими по высоте на участке были гибриды *Ведуга* и *Вертикаль* (21,3-21,8 м).

Диаметры стволов у гибридов варьировались от 22,8 до 23,3 м. Достоверно лучшими по этому показателю также были *Ведуга* и *Вертикаль* (31,0-33,0 см). У этих гибридов были самыми высокими и объемы стволов (0,74-0,83 м<sup>3</sup>).

Достоверно хуже рос гибрид *Арта* (высота – 19 см, диаметр – 23 см, объем ствола – 0,39 м<sup>3</sup>).

Самые высокие запасы древесины отмечены у *Эриды* и *Ведуги* (775-988 м<sup>3</sup>/га), самые низкие – *Вертикали* и *Артура* (77-233 м<sup>3</sup>/га).

Анализ роста, сохранности и продуктивности новых гибридов тополя селекции «ВНИИЛГИСбиотех» позволил рекомендовать в массивные, защитные и озеленительные насаждения ЦЧР гибриды *Ведуга*, *Эрида* и *Гелий*, превышающие контроль по запасам древесины в 1,2-2,0 раза.

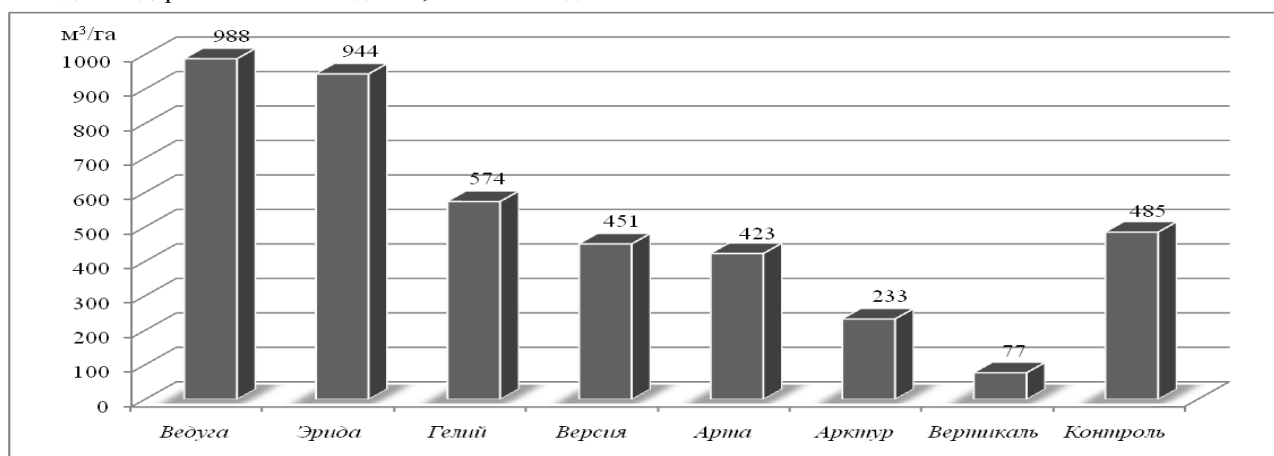


Рис. 5. Запасы древесины у гибридов тополей, произрастающих в Хохольской лесной полезащитной полосе в возрасте 34 лет



## Библиографический список

1. Трещевский, И. В. Лесные мелиорации и зональные системы противоэрозионных мелиораций : учеб. пособие / И. В. Трещевский, В. Г. Шаталов. – Воронеж, 1982. – 264 с.
2. Михин, В. И. Рост и агролесомелиоративная эффективность полезащитных насаждений Белгородской области : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / В. И. Михин. – Воронеж, 1994. – 25 с.
3. Народно-хозяйственное значение защитного лесоразведения / Е. С. Павловский [и др.] // Защитное лесоразведение в СССР. – М.: Агропромиздат, 1986. – С. 5-13.
4. Шаталов, В. Г. Лесные мелиорации : учеб. / В. Г. Шаталов. – Воронеж : Квадрат, 1997. – 220 с.
5. Турусов, В. И. Опыт лесной мелиорации степных ландшафтов (к 125-летию «Особой экспедиции...») В.В. Докучаева) / В. И. Турусов, А. А. Лепехин, А. С. Чеканьшкин ; под ред. акад. РАН Турусова В. И. – Воронеж – Каменная Степь : Истоки, 2017. – 228 с.
6. Михин, Д. В. Полезащитное лесоразведение Воронежской области [Электронный ресурс] / Д. В. Михин, В. И. Михин, В. В. Кругляк // Политематический сетевой электронный журнал КубГАУ. – 2012. – № 79 (05). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/05/pdf/42.pdf>.
7. Царева, Р. П. Использование тополей отечественной и зарубежной селекции в защитном лесоразведении Воронежской области / Р. П. Царева, П. В. Ковалев // Лесная интродукция. – Воронеж, ЦНИИЛГиС, 1983. – С. 60-65.
8. Council directive 1999 / 105 / EC of 22 December 1999 on Marketing of forest productive material Official J. of the European Communities, 15 January 2000, vol. 43, 11, pp. 17-40 (in English).
9. Houtzagers G. Die Gattung Populus und ihre forstliche Bedeutung. – Hannover: Verlag M.&H. Schaper, 1941. 196 pp. (in German).
10. Снедекор, Дж. У. Статистические методы в применении к исследованиям в сельском хозяйстве и биологии / Дж. У. Снедекор. – М. : Изд-во сельскохозяйственной литературы, журналов и плакатов, 1961. – 503 с.
11. Царев, А. П. Селекция лесных и декоративных древесных растений : учеб. / А. П. Царев, С. П. Погиба, Н. В. Лаур ; под ред. А. П. Царева. – М., 2014. – 552 с.
12. Царева, Р. П. Гибридизация тополей в Центральном Черноземье и результаты первичного испытания потомств / Р. П. Царева // Генетика и селекция – на службе лесу : матер. Междунар. науч.-практ. конференции (28-29 июня 1996 г., Воронеж). – НИИ лесной генетики и селекции. – Воронеж, 1997. – С. 223-228.
13. Русин, Н. С. Сортоиспытание генофонда новых гибридов и интродуцированных клонов тополей в ЦЧО / Н. С. Русин, Л. М. Русина, С. Ю. Горевалова // Сохранение, изучение и воспроизводство генетических ресурсов лесных древесных растений. – Воронеж, 2007. – С. 69-78.

## References

1. Treshchevskiy I. V., Shatalov V. G. *Lesnye melioracii i zonalnye sistemy protivoerozionnykh melioraciy* [Forest reclamation and zonal anti-erosion reclamation systems]. *Izdatel'stvo VGU* [Publishing house VSU]. Voronezh, 1982, 264 pp. (In Russian).
2. Mikhin V. I. *Rost i agrolesomeliiorativnaya effektivnost' polezashchitnykh nasazhdeniy Belgorodskoy oblasti*. Avtoref. diss. kand. s.-kh. n. [Growth and agroforestry efficiency of shelter plantations in the Belgorod Region. Dr. agri-cult. sci. diss.]: Voronezh, VSFTU, 1994, 25 pp. (In Russian).
3. Pavlovskiy E. S., Abokumov B. A., Babenko D. K., Bartenev I. M. et al. *Narodno-khozyaystvennoe znachenie zashchitnogo lesorazvedeniya* [National economic value of protective afforestation] // *Zashchitnoe lesorazvedenie v SSSR*. Agropromizdat [Protective afforestation in the USSR. Publishing house 'Agropromizdat']. Moscow, 1986. Pp. 5-13. (In Russian).

4. Shatalov V. G. *Lesnye melioracii* [Forest land reclamation]. Izdatel'stvo «Kvadrat» [Publishing house \_Kvadrat\_]. Voronezh 1997. 220 pp. (In Russian).
5. Turusov V. I., Lepekhin A. A., Chekanyshkin A. S. *Opyt lesnoy melioracii stepnykh landshaftov* (k 125-letiyu «Osoboy ekspeditsii...» V.V. Dokuchaeva) [Testing of forest reclamation of steppe landscapes (to the 125th anniversary of the «Special Expedition ...» by V.V. Dokuchaev)]. Voronezh, Kamennaya Step'. Izdatel'stvo «Istoki» [Publishing house \_Origins\_], 2017. 228 pp. (In Russian).
6. Mikhin D. V., Mikhin V. I., Kruglyak V. V. *Polezashchitnoe lesorazvedenie Voronezhskoy oblasti* [Protective afforestation of the Voronezh region]. Politematicheskiy setevoy elektronnyy zhurnal KubGAU [Polythematic network electronic journal Kuban' State Agro University]. № 79 (05). 2012. Available at: <http://ej.kubagro.ru/2012/05/pdf/42.pdf>. (In Russian).
7. Tsareva R. P., Kovalev P. V. *Ispolzovanie topoley otechestvennoy i zarubezhnoy selekcii v zashchitnom lesorazvedenii Voronezhskoy oblasti* [The use of poplars of domestic and foreign breeding in protective afforestation of the Voronezh region]. Lesnaya introdukciya [Forest introduction]. Voronezh, TsNIILGiS, 1983, pp. 60-65. (In Russian).
8. Council directive 1999/105 / EC of 22 December 1999 on Marketing of forest productive material Official J. of the European Communities 15 January 2000 vol. 43 11 pp. 17-40. (In English).
9. Houtzagers G. *Die Gattung Populus und ihre forstliche Bedeutung*. Hannover: Verlag M.&H. Schaper, 1941. 196 pp. (In German).
10. Snedekor Dzh. U. *Statisticheskie metody v primeneni k issledovaniyam v selskom khozyaystve i biologii* [Statistical methods applied to research in agriculture and biology]. Izdatel'stvo selskokhozyajstvennoj literatury, zhurnalov i plakatov [Publishing house of agricultural literature, magazines and posters]. Moscow, 1961. 503 pp. (In Russian).
11. Tsarev A. P., Pogiba S. P., Laur N. V. *Selekciya lesnykh i dekorativnykh drevesnykh rasteniy* [Breeding of for-est and ornamental woody plants]. Moscow, MSFU, 2014. 552 pp. (In Russian).
12. Tsareva R. P. *Gibridizaciya topoley v Centralnom Chernozem'e i rezultaty pervichnogo ispytaniya potomstv* [Hybridization of poplars in the Central Black Earth and the results of the initial testing of offspring]. Genetika i selekciya – na sluzhbe lesu. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferencii (28-29 iyunya 1996 g., Voronezh) [Genetics and breeding - in the service of the forest. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference (June 28-29, 1996, Voronezh)]. NII Lesnoy Genetiki i Selekcii, Voronezh, 1997. Pp. 223-228. (In Russian).
13. Rusin N. S., Rusina L. M., Gorevalova S. Yu. *Sortoispytanie genofonda novykh gibridov i introducirovannykh klonov topoley v TsChO* [Genetic testing of gene pool of new hybrids and introduced poplar clones in the Central Black Earth District]. Sokhranenie, izuchenie i vosproizvodstvo geneticheskikh resursov lesnykh drevesnykh rasteniy [Survival, study and reproduction of genetic resources of forest woody plants]. Voronezh, NII Lesnoy Genetiki i Selekcii, 2007. Pp. 69-78. (In Russian).

### Сведения об авторах

*Царев Анатолий Петрович* – главный научный сотрудник отдела биоразнообразия, рационального лесопользования и лесовыращивания ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии», доктор сельскохозяйственных наук, профессор, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: antsa-55@yandex.ru.

*Царева Раиса Петровна* – ведущий научный сотрудник лаборатории селекции ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии», кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: tsarais42@mail.ru.

*Царев Вадим Анатольевич* – старший научный сотрудник лаборатории селекции ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии», кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: vad.tsareff@yandex.ru.

*Ленченкова Ольга Юрьевна* – инженер отдела биоразнообразия, рационального лесопользования и лесовыращивания ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии», г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: olgalenchenkova@mail.ru.

*Милигула Елена Николаевна* – лаборант-исследователь научно-технического отдела ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии», г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: miligula.lena@yandex.ru.

### Information about authors

*Tsarev Anatoliy Petrovich* – Chief Researcher of Biodiversity, Sustainable Forest Management and Forest Growing department, Federal State Budget Institution —*М*-Russian Research Institution of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology”, Grand Doctor of agricultural Sciences, Professor, Voronezh, Russian Federation; e-mail: antsa-55@yandex.ru.

*Tsareva Raisa Petrovna* – Leading Researcher of Forest Tree Breeding Laboratory, Federal State Budget Institution —*М*-Russian Research Institution of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology”, PhD (Agriculture), Senior Research Officer, Voronezh, Russian Federation; e-mail: tsarais42@mail.ru.

*Tsarev Vadim Anatol'evich* – Senior researcher of Breeding laboratory, Federal State Budget Institution —*М*-Russian Research Institution of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology”, PhD (Agriculture), Associate professor, Voronezh, Russian Federation; e-mail: vad.tsareff@yandex.ru.

*Lenchenkova Olga Yurevna* – Engineer of Biodiversity, Sustainable Forest Management and Forest Growing department, Federal State Budget Institution —*М*-Russian Research Institution of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology”, Voronezh, Russian Federation; e-mail: olgalenchenkova@mail.ru.

*Miligula Elena Nikolaevna* – Research Assistant of Science and Technology department, Federal State Budget Institution —*М*-Russian Research Institution of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology”, Voronezh, Russian Federation; e-mail: miligula.lena@yandex.ru.

DOI: 10.12737/article\_5c92016edc4eb3.39242637

УДК 630\*176.232.3

### МНОГОЛЕТНЕЕ СОРТОИСПЫТАНИЕ МЕЖСЕКЦИОННЫХ ГИБРИДОВ ТОПОЛЯ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ЛЕСОСТЕПИ

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент **В.А. Царев**

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии»,  
г. Воронеж, Российская Федерация

Актуальность проблемы сортоиспытания и гибридизации тополей обусловлена необходимостью выведения и отбора наиболее продуктивных и устойчивых гибридов быстрорастущих древесных пород с целью создания плантаций быстрорастущего леса для покрытия постоянно растущего дефицита древесины в густонаселенной, но малолесной юго-восточной части европейской территории России. Основные цели исследований заключались в изучении роста, устойчивости и продуктивности межсекционных гибридов тополей, полученных от контролируемых скрещиваний бальзамических тополей с черными и черных тополей с бальзамическими, в условиях Центрально-Черноземного региона лесостепной зоны России и в отборе лучших из них. Объектом исследований являлся коллекционно-испытательный участок (популетум), созданный в 1974 г. в Семилукском лесном питомнике Воронежской области на типичном черноземе стеблевыми черенками при размещении 5×4 м. В испытание были введены 13 клонов. В работе представлены результаты 40-летних исследований динамики их сохранности, роста по высоте и диаметру, объему ствола и запасам древесины, позволившие выявить

наиболее перспективные гибриды тополей, которые предложены в ассортименты для создания наиболее быстрорастущих и устойчивых плантационных и защитных насаждений в регионе исследований. В перспективные ассортименты в условиях лесостепной и степной зон ЦЧР рекомендованы следующие межсекционные гибриды: *Э.с.-38* селекции М.М. Вересина, созданный в Воронежском ЛТИ; *Берлинский*; *Гибрид № 10* селекции П.Л. Богданова, выведенный в Ленинградской ЛТА; *Гибрид № 300* селекции И.А. Казарцева, полученный им во ВНИИЛМе и *Гибрид 3Б* селекции А.М. Березина, созданный в Башкирской ЛОС. К возрасту количественной спелости древесины (25 лет) их сохранность составляла 83-96 %, а запас древесины – 462-641 м<sup>3</sup>/га. К 40 годам их устойчивость и продуктивность оставались довольно высокими (сохранность 63-96 %, запас древесины – 417-764 м<sup>3</sup>/га).

**Ключевые слова:** тополь, межсекционные гибриды, сортоиспытание, рост, устойчивость, сохранность, запас древесины, отбор, ассортимент.

### LONG-TERM VARIETY TESTING OF INTERSECTIONAL POPLAR HYBRIDS IN THE CONDITIONS OF CENTRAL BLACK EARTH FOREST-STEPPE

PhD (Agriculture), Associate Professor **V.A. Tsarev**

FSBI All-Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology, Voronezh, Russian Federation

#### Abstract

The urgency of the problem of varietal testing and hybridization of poplars is due to the need to grow and select the most productive and resistant hybrids of fast-growing tree species in order to create plantations of fast-growing forest to cover the ever-growing shortage of wood in densely populated, but low-forest south-eastern part of the European territory of Russia. The main objectives of the research have been to study the growth, stability and productivity of intersectional poplar hybrids obtained from controlled hybridization of balsamic poplars with black ones and black poplars with balsamic ones, in the conditions of the Central Black Earth region of the forest-steppe zone of Russia and to select the best of them. The object of the research was collection and test site, created in 1974 in Semiluksky forest nursery of the Voronezh region on typical black soil with stem cuttings at 5×4 m espacement. 13 clones were entered into the test. The paper presents the results of 40-year studies of the dynamics of their safety, growth in height and diameter, trunk volume and timber reserves, which revealed the most promising poplar hybrids, which are proposed in assortments for creating the fastest growing and sustainable plantation and protective plantations in the region of research. The following intersectional hybrids are recommended for promising assortments in the conditions of forest-steppe and steppe zones of the Central Black Earth Region: *Э.С.* by Veresin, created in Voronezh SFI; *Berlin*; *Hybrid number 10* by P.L. Bogdanov, produced in Leningrad SFI; *Hybrid number 300* by I.A. Kazartsev, obtained by him at VNIILM and *Hybrid 3B* by A.M. Berezin, created in the Bashkir LOS. By the age of quantitative wood ripeness (25 years), their safety was 83-96%, and the stock of wood - 462-641 m<sup>3</sup>/ha. Their stability and productivity remained quite high (safety 63-96 %, timber stock – 417-764 m<sup>3</sup>/ha) by the age of 40.

**Keywords:** poplar, intersectional hybrids, variety testing, growth, sustainability, safety, wood supply, selection, assortment.

#### Введение

Тополь обладает наиболее легкой скрещиваемостью при гибридизации. При этом многие гибриды тополей обладают гетерозисом роста и нередко превосходят в росте своих родителей. Они превосходят их по качеству стволов и древесины,

по устойчивости к болезням и вредителям, зимостойкости, засухоустойчивости и другим важным хозяйственным особенностям [1-8].

Начало широкому развитию программ и работ по интродукции, гибридизации и сортоиспытанию тополей в России было положено советскими

учеными-лесоводами с 30-х годов XX века в различных лесных вузах и НИИ. В 1950-1955 гг. были выведены и получили широкую известность такие гибриды тополей, как 'Ленинградский', 'Невский' (ЛенНИИЛХ – оригинатор П.Л. Богданов); 'Пионер', 'Ивантеевский', 'Советский пирамидальный' (ВНИИЛМ – оригинатор А.С. Яблоков); 'Пирамидально-осоконовый Камышинский' (ВНИАЛМИ – оригинатор А.В. Альбенский); 'Воронежский гигант', или 'Э.с.-38' (ВЛТИ – оригинатор М.М. Вересин) и др. [9]. Уделялось также большое внимание зарубежным исследованиям. В результате чего в Россию интродуцирован ряд евро-американских сортов тополей и новых гибридов.

В последующие годы (1971-1995 гг.) вопросам гибридизации и селекции тополя в России были посвящены работы А.П. Царева, Р.П. Царевой и В.П. Петрухнова, проводимые в организованном в 1971 г. ЦНИИ лесной генетики и селекции в г. Воронеже. Ими были получены сотни новых гибридов, на некоторые из них в настоящее время получены патенты и авторские свидетельства ('Болид', 'Ведуга', 'Степная Лада', 'Бриз' и др.) [10, 11].

Имея такой широкий генофонд гибридов тополей, назрела необходимость создать из них коллекционно-испытательные культуры в различных зонах и регионах. Первая из таких коллекций, насчитывающая более 300 видов, форм, клонов, гибридов и сортов тополей отечественной и зарубежной селекции, была создана проф. А.П. Царевым в период с 1972 по 1975 гг. в Центрально-Черноземной лесостепи в Семилукском районе Воронежской области. На ее основе было отобрано 80 лучших по продуктивности и устойчивости форм, из которых, в свою очередь, был создан сортоиспытательный участок – Семилукский популетум. Результаты сортоиспытания белых, черных и бальзамических тополей в ЦЧР были освещены ранее [12, 13, 14].

Цель данной работы – проведение в условиях Центрально-Черноземного региона лесостепной зоны России сортоиспытания межсекционных гибридов тополя, полученных в различных климатических зонах, как бывшего Советского Союза, так и за рубежом, от контролируемых скрещиваний баль-

замических тополей с черными и черных тополей с бальзамическими.

Основной задачей исследований было изучение роста и продуктивности межсекционных гибридов тополей, и отбор лучших из них для создания плантационных и защитных насаждений в регионе.

### Материалы и методы

Объектом исследований является коллекционно-испытательный участок (популетум), созданный в Семилукском лесном питомнике Воронежской области.

Из межсекционных гибридов в популетум для испытания были введены 13 клонов (табл. 1).

Исследуемые гибриды были получены на Башкирской ЛОС ВНИИЛМа (г. Уфа), в Ленинградской ЛТА, во ВНИИЛМе (г. Ивантеевка Московской области), в Воронежском ЛТИ. Три гибрида были интродуцированы из Казахстана, Германии и США через УкрНИИЛХА, Амурскую ЛОС и КазСХИ. Оригинаторами гибридов были А.М. Березин, М.М. Вересин, П.Л. Богданов, А.С. Яблоков, И.А. Казарцев, П.П. Бессчетнов, А.В. Stout & E.I. Schreiner (USA).

Посадка тополей осуществлялась стеблевыми черенками весной 1974 г. на сплошь подготовленной и маркированной площади (после зяблевой вспашки и весенней культивации) при размещении 5×4 м при 4-кратной повторности. Размещение гибридов было рендомизированным. Почва представлена типичным черноземом с залеганием грунтовых вод на глубине 4-5 м. В качестве контроля были использованы среднестатистические показатели всей совокупности испытываемых межсекционных гибридов, что является допустимым в соответствии с директивой Совета Европы по маркетингу лесного репродуктивного материала [15].

Наблюдение за изучаемыми гибридами в первые 20 лет роста было ежегодным, затем – через каждые 3-5 лет. Для более наглядного и компактного представления полученные результаты за 40-летний период исследований в данной работе представлены по 5-летним отрезкам.

Замеры высот тополей осуществлялись с помощью высотомера *Blume-Leiss*. Диаметры расчи-

тывались через окружность ствола, а объемы стволов определялись по формуле

$$V = \frac{\pi \times D^2 \times H \times f}{4 \times 10000} \text{ (м}^3\text{)}, \quad (1)$$

где H – высота, м;

D – диаметр, см;

f – видовое число, которое для тополя по

Г. Готзагерсу (G. Von Houtzagers) составляет 0,39 [16].

Запасы древесины определялись по формуле:

$$W = \frac{V \times N \times S}{100} \text{ (м}^3\text{/га)}, \quad (2)$$

где V – средний объем ствола (м<sup>3</sup>);

S – сохранность растений (%);

N – густота посадки (шт./га).

### Результаты и обсуждение

Динамика сохранности изучаемых гибридов за 40-летний период исследований представлена на рис. 1.

На раннем этапе исследований из насаждений полностью выпал гибрид *‘Кзыл-Тан’* (инв. № 59), интродуцированный из Казахстана. Он не выдержал зимних морозов ЦЧР. Как видно из данных рис. 1, после 30 лет роста выпали из-за низкой засухоустойчивости гибриды *‘Ивантеевский’* (инв. № 46) и *‘Ленинградский’* (инв. № 104), полученные в более влажных северных регионах страны (в Подмоскowie и в Ленинградской области). Низкая сохранность наблюдалась у американского гибрида *‘Стратсглас’* (вначале 63 %, затем 38 %, а после засухи 2010 г. она упала до 17 %) и у гибрида Э.с.-53 (в 25 лет – 67 %, в 35 лет – 33 % и в 40 лет – 25 %).

Сохранность остальных гибридов на протяжении 35 лет исследований была достаточно высокой (75-96 %). Но после сухого и очень жаркого лета 2010 г. у некоторых гибридов сохранность резко снизилась, и в 2013 году, т. е. в 40-летнем возрасте, у тополей *‘Невский’*, *‘Гибрид № 10’* и *‘Гибрид № 300’* она упала до 33-63 %. В то же вре-

мя, несмотря на сильную засуху этого периода, у гибридов *‘Берлинского’*, *‘Колонновидного’*, *‘Гибрида 3Б’*, *‘Гибрида № 30’* и *‘Э.с.-38’* сохранность оставалась высокой (67-96 %). То есть именно эти гибриды отличаются высокой засухоустойчивостью и зимостойкостью.

Кроме сохранности на популетуме изучалась динамика роста гибридных тополей по высоте, диаметру, объему ствола и запасу древесины. Динамика роста тополей по высоте представлена на рис. 2. Как видно из данных рис. 2, показатели высот тополей устойчиво увеличивались до 25-летнего возраста. В последующий период энергия роста по высоте снижалась, а после засухи 2010 года к 40 годам у некоторых гибридов прирост и вовсе прекратился.

Более ранние исследования роста межсекционных гибридов тополей позволили установить возраст количественной спелости древесины [12]. Равенство средних и текущих приростов запасов древесины у них наблюдалось в 25-26 лет. Именно этот возраст (25 лет) можно рекомендовать как возраст рубки для насаждений из межсекционных гибридов, выращиваемых с целью получения балансов или пиловочника. И именно этому возрасту насаждений в данной публикации уделено более детальное внимание.

В 25-летнем возрасте лучшие показатели роста по высоте (ранги 1-5) отмечались у гибридов *‘Берлинского’* (инв. № 130), *‘Э.с.-38’* (инв. № 44+94), *‘Гибрида № 10’* (инв. № 106), *‘Гибрида № 300’* (инв. № 49) и *‘Гибрида 3Б’* (инв. № 48+134), высота которых составляла 27,8-29,3 м (табл. 2). Худшие показатели роста по высоте в этом же возрасте (23,5-25,8 м) наблюдались у гибридов *‘Ленинградского’*, *‘Стратсглас’*, *‘Ивантеевского’*, *‘Невского’*, *‘Э.с.-53’* и *‘Колонновидного’* (ранги 7-12).

Перечень и происхождение межсекционных гибридов тополя, испытываемых  
в Семилукском популетуме Воронежской области

Наименование гибрида	Происхождение (родительские пары)	Автор гибрида	Регион получения или отбора	Регион интродукции и реинтродукции
Берлинский (инв. № 130)	спонтанный гибрид <i>P. berolinensis</i> Dipp.	н.д.	Германия, Берлин	Амурская ЛОС
Гибрид 3Б (инв. № 48+134)	Достоверно не установлено	А.М. Березин	БашЛОС, ВНИИЛМ	№ 48 – из УкрНИИЛХА, № 134 – из Амурской ЛОС
Гибрид № 10 (инв. № 106)	<i>P. suaveolens</i> Fisch. × <i>P. canadensis</i> Moench.	П.Л. Богданов	Ленинградская ЛТА	Ленинградская ЛТА
Гибрид № 30 (инв. № 102)	<i>P. canadensis</i> Moench. × <i>P. laurifolia</i> Ledeb.	А.М. Березин	БашЛОС, ВНИИЛМ	Астраханская ЛОС
Гибрид № 300 (инв. № 49)	<i>P. maximowiczii</i> Henry × <i>P. rubrinervis</i> Alb.	И.А. Казарцев	ВНИИЛМ	ВНИИЛМ
Ивантеевский (инв. № 46)	<i>P. suaveolens</i> Fisch. × <i>P. berolinensis</i> Dipp.	А.С. Яблоков	ВНИИЛМ	УкрНИИЛХА
Кзыл-Тан (инв. № 59)	<i>PKL-284</i> Stout&Schrein. × <i>P. deltoides</i> Marsh.	П.П. Бессчетнов	Казахский СХИ	Казахский СХИ
Колонновидный (инв. № 103)	<i>P. laurifolia</i> Ledeb. × <i>P. berolinensis</i> Dipp.	П.Л. Богданов	Ленинградская ЛТА	Ленинградская ЛТА
Ленинградский (инв. № 104)	<i>P. canadensis</i> Moench. × <i>P. suaveolens</i> Fisch.	П.Л. Богданов	Ленинградская ЛТА	Ленинградская ЛТА
Невский (инв. № 105)	<i>P. canadensis</i> Moench. × <i>P. balsamifera</i> L.	П.Л. Богданов	Ленинградская ЛТА	Ленинградская ЛТА
Стратсглас-284 (инв. № 40)	<i>P. nigra</i> L. × <i>P. laurifolia</i> Ledeb.	А.В. Stout & Е.И. Schreiner	США	УкрНИИЛХА
Э.с.-38 (инв. № 44+94)	<i>P. deltoides</i> Marsh. × <i>P. balsamifera</i> L. + ( <i>P. alba</i> L. + <i>P. tremula</i> L.)	М.М. Вересин	Воронежский ЛТИ	Воронежский ЛТИ
Э.с.-53 (инв. № 93)	<i>P. balsamifera</i> L. × <i>P. pyramidalis</i> Roz.	М.М. Вересин	Воронежский ЛТИ	Воронежский ЛТИ

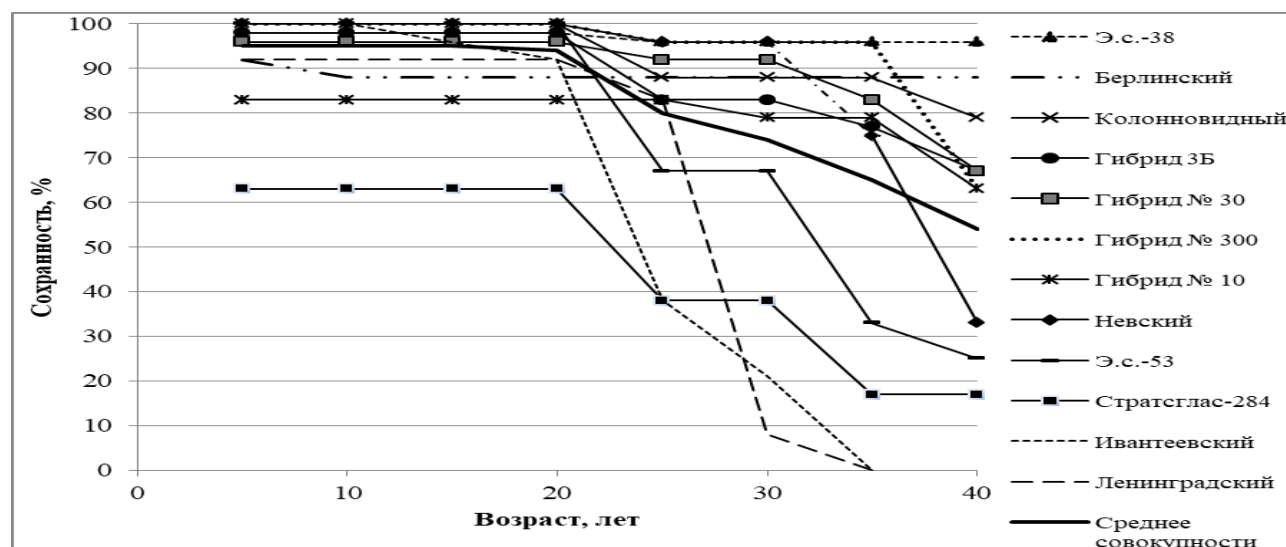


Рис. 1. Динамика сохранности межсекционных гибридов тополя

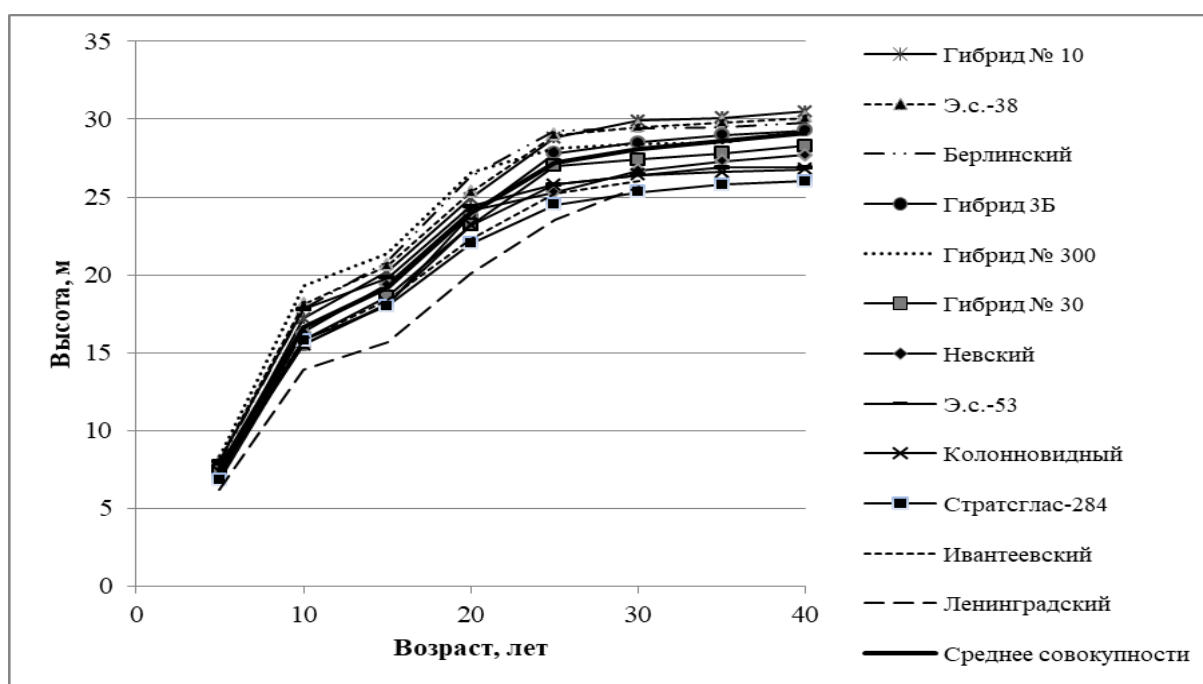


Рис. 2. Динамика роста межсекционных гибридов тополя по высоте

Таблица 2

Средние показатели роста межсекционных гибридов в возрасте количественной спелости (25 лет)

Наименование гибрида	Сохранность, %	Высота, м			Диаметр, см			Объем ствола, м <sup>3</sup>		
		$H_{ср}$	$\pm m$	ранг	$D_{ср}$	$\pm m$	ранг	$V_{ср}$	$\pm m$	ранг
Берлинский №130	87,5	29,3	0,23	1	38,0	0,87	2	1,296	0,071	2
Гибрид 3Б	83,3	27,8	0,26	5	36,1	0,91	4	1,110	0,068	4
Гибрид № 10	83,3	28,8	0,84	3	37,0	2,68	3	1,208	0,184	3
Гибрид № 30	91,7	27,0	0,27	6	30,0	0,90	6	0,744	0,061	6
Гибрид № 300	95,8	28,1	0,30	4	33,8	1,03	5	0,983	0,073	5
Ивантеевский	37,5	25,2	0,42	10	25,4	1,01	10	0,498	0,045	10
Кзыл-Тан		Выпал								
Колонновидный	87,5	25,8	0,18	8	27,6	0,55	7	0,602	0,032	7
Ленинградский	83,3	23,5	0,60	12	21,5	1,20	12	0,333	0,043	12
Невский	95,8	25,3	0,38	9	26,7	0,94	9	0,552	0,044	9
Стратсглас-284	37,5	24,5	0,34	11	24,1	0,87	11	0,436	0,042	11
Э.с.-38	95,8	29,0	0,22	2	38,8	0,89	1	1,337	0,081	1
Э.с.-53	66,7	25,8	0,27	7	27,0	0,76	8	0,576	0,042	8
Среднее совокупности	80,4	27,2	0,18	5,5	32,2	0,55	5,5	0,911	0,035	5,5

В 40-летнем возрасте ранги по высоте почти у всех изучаемых гибридов сохранились такими же, как и в 25 лет, с небольшими вариациями в пределах выделенных групп. Средняя высота лучшей пятерки в 40-летнем возрасте варьировала от 29,3 до 30,5 м (табл. 3).

Диаметры стволов изучаемых тополей в 25-летнем возрасте варьировали от 21,5 до 38,8 см, в 40-летнем – от 27,2 до 43,2 см, т.е. амплитуда варьирования по диаметру была гораздо больше,

чем по высоте. И если приросты по высоте после 25 лет слабо увеличивались, то прирост по диаметру у них был более существенным. Лучшие показатели роста гибридов по диаметру как в 25-летнем, так и в 40-летнем возрасте отмечались у тех же гибридов, которые были лучшими и по высоте (см. табл. 2, 3).

Средний прирост в высоту за последние 15 лет наблюдений (с 25 до 40 лет) в зависимости от генотипа варьировал от 0,5 до 2,4 м, а по диаметру – от 2



до 6,2 см. Ранжирование гибридов по объему ствола показало, что ранги гибридов сохраняют практически те же значения, что были по высоте и диаметру. Объемы стволов у лучших гибридов (ранги 1-5) в возрасте 25 лет варьировали от 0,983 до 1,337 м<sup>3</sup>, в 40 лет – от 1,335 до 1,594 м<sup>3</sup>. Самые низкие показатели объемов стволов в возрасте 25 лет варьировали от 0,333 до 0,576 м<sup>3</sup>, а в возрасте 40 лет – от 0,596 до 0,797 м<sup>3</sup> (ранги 8-12 и 8-10 соответственно).

Наиболее репрезентативными данными при изучении продуктивности являются показатели запасов древесины, которые учитывают как показатели роста (высота, диаметр и объем ствола), так и показатели устойчивости (сохранность). Из данных табл. 4 и рис. 3 видно, что запасы древесины межсекционных гибридов тополей в возрасте количественной спелости древесины (в 25 лет) варьировались от 82 м<sup>3</sup>/га (*Стратсглас*) до 641 м<sup>3</sup>/га (*Э.с.-38*). Наиболее продуктивными по запасу древесины в этом возрасте (462-641 м<sup>3</sup>/га, ранги 1-5) были гибриды *Э.с.-38* (инв. № 44+94), *Берлинский* (инв. № 130), *Гибрид № 10* (инв. № 106), *Гибрид № 300* (инв. № 49) и *Гибрид 3Б* (инв. № 48+134).

Самая низкая продуктивность (82-265 м<sup>3</sup>/га, ранги 8-12) отмечена у гибридов *Стратсглас*,

*Ивантеевского*, *Ленинградского*, *Колонновидного*, *Э.с.-53* и *Невского*, т.е., в основном, интродуцированных из более северных регионов. Остальные гибриды по запасам древесины занимали промежуточное положение.

Ранговое распределение по запасам древесины первой пятерки лучших гибридов сохранилось и в 40 лет, но темпы накопления запасов древесины к этому возрасту снизились. Особенно значительно на накопление стволовой древесины, как уже отмечалось выше, повлияла сильная засуха 2010 года, после которой у некоторых гибридов началось усыхание деревьев, и общие запасы живой древесины существенно уменьшились из-за низкой сохранности.

Так, например, если запас древесины у *Гибрида 3Б* (инв. № 48+134) в возрасте 25 лет составлял 462 м<sup>3</sup>/га, то в 40 лет из-за выпадения деревьев и снижения сохранности после засухи 2010 г. он снизился до 445 м<sup>3</sup>/га. Более существенное снижение запасов древесины наблюдалось и у *Гибрида № 300* (с 471 до 417 м<sup>3</sup>/га), *Невского* (с 265 до 148 м<sup>3</sup>/га), *Э.с.-53* (с 192 до 100 м<sup>3</sup>/га) и *Стратсглас* (с 82 до 50 м<sup>3</sup>/га), запасы древесины у них к 40-летнему возрасту снизились на 11-48 %. Это хорошо видно на рис. 4.

Таблица 3

Средние показатели роста межсекционных гибридов в 40-летнем возрасте

Наименование гибрида	Сохранность%	Высота, м			Диаметр, см			Объем ствола, м <sup>3</sup>		
		H <sub>ср</sub>	±m	ранг	D <sub>ср</sub>	±m	ранг	V <sub>ср</sub>	±m	ранг
Берлинский №130	87,5	29,8	0,22	3	40,0	0,86	3	1,480	0,073	3
Гибрид 3Б	66,7	29,3	0,20	4	38,1	0,80	4	1,336	0,070	4
Гибрид № 10	62,5	30,5	0,38	1	43,2	1,52	1	1,791	0,134	1
Гибрид № 30	66,7	28,3	0,33	6	34,6	1,15	6	1,070	0,084	6
Гибрид № 300	62,5	29,3	0,32	5	38,1	1,23	5	1,335	0,101	5
Ивантеевский		Выпал								
Кзыл-Тан		Выпал								
Колонновидный	79,2	26,8	0,30	9	29,9	0,89	9	0,754	0,054	9
Ленинградский		Выпал								
Невский	33,3	27,7	0,22	7	32,3	0,71	7	0,888	0,048	7
Стратсглас-284	16,7	26,0	0,47	10	27,2	1,26	10	0,596	0,064	10
Э.с.-38	95,8	30,1	0,14	2	41,2	0,61	2	1,594	0,059	2
Э.с.-53	25,0	26,9	0,72	8	30,2	2,46	8	0,797	0,176	8
Среднее совокупности	54,2	29,1	0,12	5,5	37,6	0,43	5,5	1,317	0,035	5,5

Сравнительные данные по продуктивности межсекционных гибридов в возрасте  
количественной спелости (25 лет) и в 40 лет

Наименование гибрида	25 лет				40 лет			
	Сохран- ность%	Запас, м <sup>3</sup> /га			Сохран- ность%	Запас, м <sup>3</sup> /га		
		W <sub>ср</sub>	±m	Ранг		W <sub>ср</sub>	±m	Ранг
Берлинский №130	87,5	567	30,9	2	87,5	647	32,0	2
Гибрид ЗБ	83,3	462	28,4	5	66,7	445	23,2	4
Гибрид № 10	83,3	503	76,5	3	62,5	560	41,8	3
Гибрид № 30	91,7	341	27,9	6	66,7	357	27,9	6
Гибрид № 300	95,8	471	35,0	4	62,5	417	31,7	5
Ивантеевский	37,5	93	8,5	11	Выпал			
Кзыл-Тан	Выпал							
Колонновидный	87,5	263	13,8	8	79,2	298	21,2	7
Ленинградский	83,3	139	17,9	10	Выпал			
Невский	95,8	265	21,0	7	33,3	148	7,9	8
Стратсглас-284	37,5	82	7,8	12	16,7	50	5,4	10
Э.с.-38	95,8	641	38,6	1	95,8	764	28,3	1
Э.с.-53	66,7	192	14,1	9	25,0	100	22,0	9
Среднее совокупности	80,4	397	18,2	5,5	54,2	500	18,6	3,5

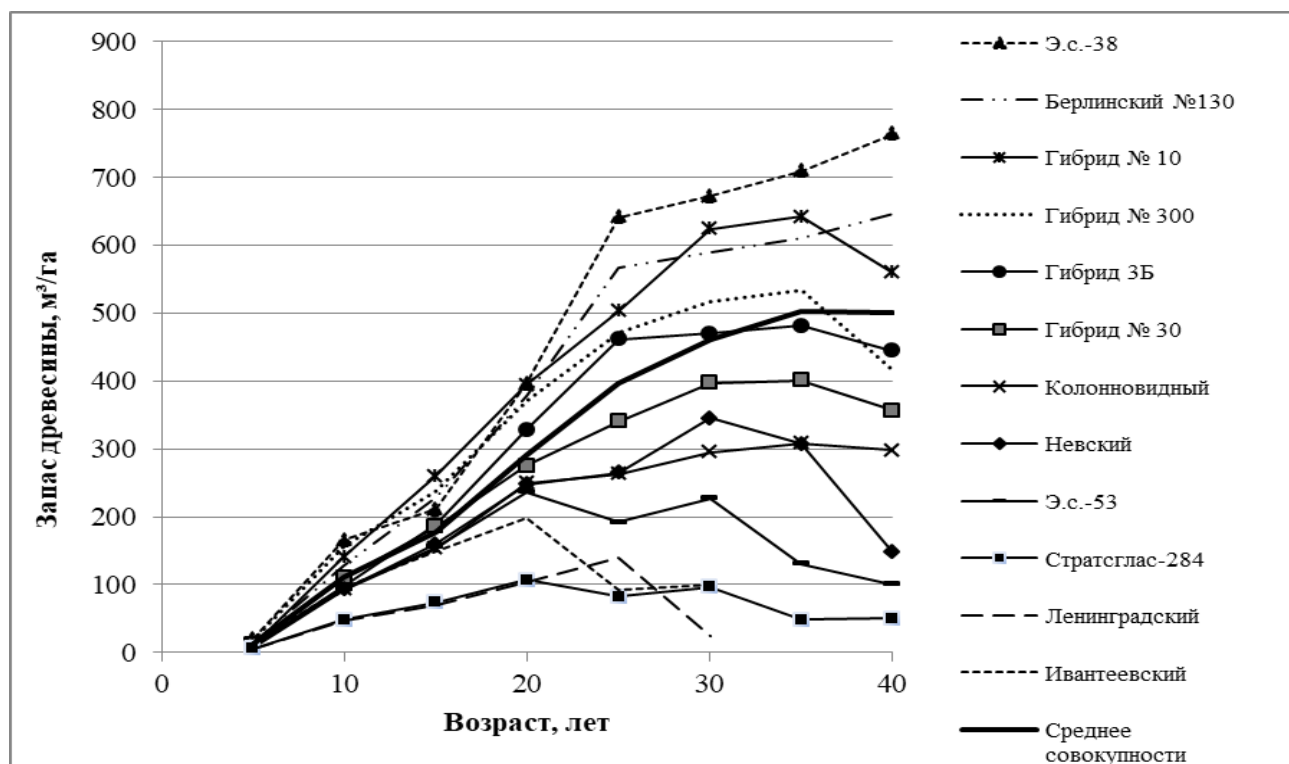


Рис. 3. Динамика продуктивности межсекционных гибридов тополя по запасу древесины

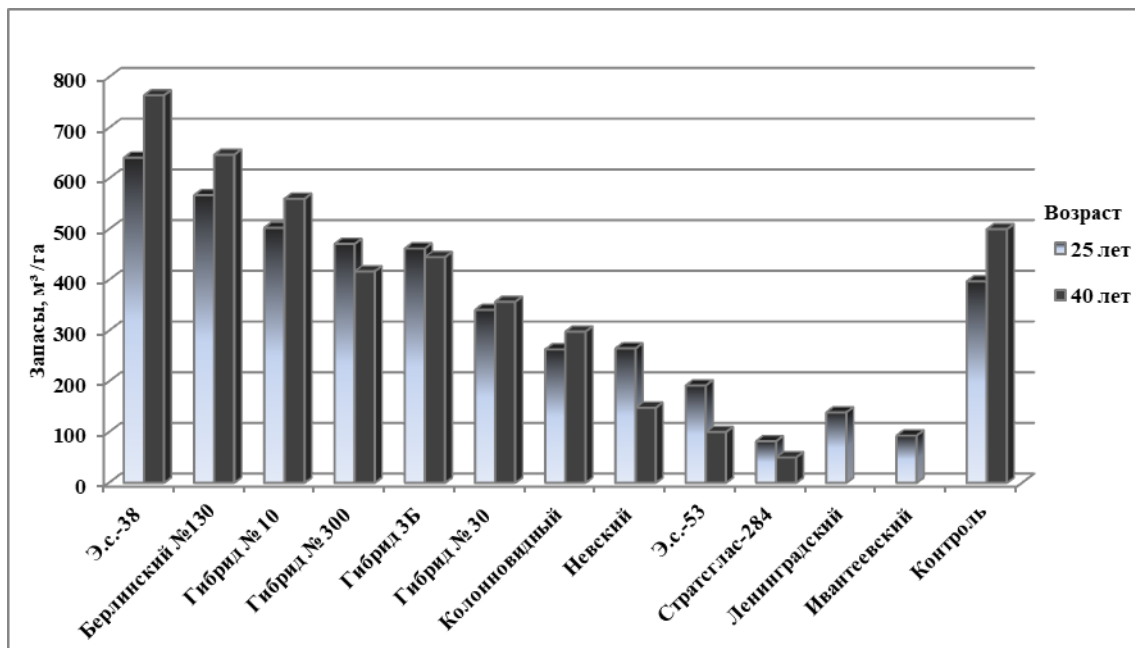


Рис. 4. Продуктивность межсекционных гибридов тополя по запасу древесины в 25 и 40 лет

Достоверно лучшими в сравнении с контролем по запасу древесины в возрасте количественной спелости (25 лет) были гибриды *Э.с.-38* (инв. № 44+94), *Берлинский* (инв. № 130), *Гибрид № 10* (инв. № 106), *Гибрид № 300* (инв. № 49), и *Гибрид 3Б* (инв. № 48+134). Эти же клоны были достоверно лучшими по продуктивности и в 40-летнем возрасте.

Следует отметить, что гибрид *Э.с.-38* является мужским клоном. По данным М.М. Вересина и А.И. Сиволапова, он характеризуется высокой толерантностью к засухе и морозам, устойчив к слабому засолению почв и обладает повышенной энергией роста не только в ЦЧР, но и в более южных регионах (в пойме р. Волги) и за рубежом (Украина) [17, 18].

Характерной фенологической особенностью является раннее листораспускание и поздний конец вегетации (октябрь). При этом повреждений заморозками не отмечено. На Украине отмечена его высокая устойчивость к затоплению в условиях поймы – до 60 дней. Благодаря своим биоэкологическим особенностям *Э.с.-38* хорошо черенкуется и показывает высокую приживаемость и устойчивость в культурах.

Цитологический анализ гибрида показал, что *Э.с.-38* является аллотриплоидом с тройным набором хромосом ( $2n=57$ ), точнее миксолоидом с

преобладанием клеток, имеющих триплоидный набор хромосом – 78,4 %. Диплоидные и анеуплоидные клетки составляют 19,6 %, тетраплоидные – 1,9 % [17].

Насаждения из тополя *Э.с.-38* на всех исследованных опытных участках отличаются сильным ростом и высокой продуктивностью. В Учебно-опытном лесхозе ВЛТИ на темно-сером суглинке высокого плато, при густоте около 500 шт. на 1 гектар ( $4 \times 5$  м), запас древесины в 10 лет составил  $126 \text{ м}^3$  [17].

В условиях Семилукского популетума на типичном черноземе при таком же размещении ( $4 \times 5$  м) в течение всех 40 лет роста *Э.с.-38* показывал самые высокие запасы древесины, устойчиво занимая высший ранг по продуктивности. В 10-летнем возрасте его запас составил  $166 \text{ м}^3/\text{га}$ , или в 1,5 раза выше контроля ( $111 \text{ м}^3/\text{га}$ ), в возрасте количественной спелости (25 лет) –  $641 \text{ м}^3/\text{га}$ , что в 1,6 раза превышает средний запас контроля ( $397 \text{ м}^3/\text{га}$ ), а в 40-летнем возрасте его запас достиг  $764 \text{ м}^3/\text{га}$ , что также в 1,5 раза превышает контроль ( $500 \text{ м}^3/\text{га}$ ).

Гибриды П.Л. Богданова, полученные от скрещивания т. канадского (♀) с бальзамическим (♂) и душистым (♂), [*Невский* (*P. newesis* Bogd.) и *Ленинградский* (*P. leningradensis* Bogd.)], по мнению А.К. Бойцова, А.В. Жигунова и А.А. Гри-

горьева до сих пор служат эталонами продуктивности на Северо-Западе России [19]. В 7 лет они имели высоту 10-11 м, диаметр – 13 см и были вполне морозостойчивы. В условиях ленинградского климата их рекомендуют как для массивных (на древесину), так и для озеленительных насаждений (оба клона – мужские) [20].

В условиях ЦЧР в возрасте количественной спелости (25 лет) они достигали в высоту 23 и 25 м, в диаметре – 21 и 27 см, сохранность – 83 и 96 % соответственно. Запас древесины – 139 и 265 м<sup>3</sup>/га, что в 3 и 1,5 раза ниже контроля (397 м<sup>3</sup>/га). После 30-летнего возраста т. *Ленинградский* в лесостепной зоне выпал полностью, а сохранность т. *Невского* снизилась до 33 %. Т.е. оба эти гибрида в более южных условиях не выдерживают недостатка влаги и не могут быть рекомендованы для искусственного лесоразведения в ЦЧР.

Такая же тенденция наблюдалась и с тополем *Ивантеевский*, который отличался быстрым ростом, хорошей зимостойкостью и декоративностью в Подмосковье [21], а в условиях ЦЧР он оказался также незасухоустойчивым. С 10-летнего возраста у него отмечались одни из самых худших показателей по росту, сохранности и продуктивности. В возрасте количественной спелости (25 лет) запас его древесины составил 93 м<sup>3</sup>/га, что более чем в 4 раза меньше контроля (397 м<sup>3</sup>/га), и к 35 годам он полностью выпал из насаждения.

### Выводы

Таким образом, многолетние испытания межсекционных гибридов в условиях Центрально-Черноземной лесостепи позволили сделать следующие выводы:

1. В сортоиспытание в Семилукский популетум было включено 13 межсекционных гибридов, полученных в различных регионах ареала естественного произрастания тополей (Ленинградская область, Подмосковье, Башкирия, ЦЧР, Германия, США и Казахстан). На первом этапе испытаний в 7-летнем возрасте из насаждения выпал незимо-

стойкий южный гибрид *Кзыл-Тан*, интродуцированный из Казахстана. К 35 годам из насаждения полностью выпали северные гибриды с низкой засухоустойчивостью – *Ивантеевский* и *Ленинградский*, а сохранность гибрида *Стратсглас* упала до 17 %.

2. Возраст технической спелости древесины у межсекционных гибридов, определенный по динамике средних и текущих приростов запасов древесины, составил 25-26 лет. И в данных условиях при густоте посадки 4×5 м возраст 25 лет можно принять за возраст рубки главного пользования межсекционных гибридов тополей.

3. Наибольшая сохранность, высокая энергия роста и максимальное накопление стволовой древесины в 25-летнем возрасте отмечены у гибрида *Э.с.-38*, *Берлинского № 130*, *Гибрида № 10*, *Гибрида № 300* и *Гибрида 3Б*. В этом возрасте их сохранность составила 83-96 %, средняя высота варьировала от 27,8 до 29,3 м, средний диаметр – от 33,8 до 38,8 см, средний объем ствола – от 0,983 до 1,337 м<sup>3</sup>, а запас древесины – от 462 до 641 м<sup>3</sup>/га. К 40 годам запас древесины наиболее продуктивных межсекционных гибридов составил 417-764 м<sup>3</sup>/га. В то время как запас древесины местного тополя осокорь (*P. nigra* L.), широко распространенного в регионе исследований, в возрасте 25 лет составлял 401 м<sup>3</sup>/га, а к 40 годам из-за резкого снижения сохранности его запас снизился до 261 м<sup>3</sup>/га.

4. Энергия роста и накопление древесины у межсекционных гибридов после 25 лет заметно снижается, и держать их в плантационных насаждениях свыше этого возраста экономически нецелесообразно.

5. В assortименты для создания тополевых насаждений в ЦЧР можно рекомендовать следующие межсекционные гибриды: *Э.с.-38* (инв. № 44+94), *Берлинский* (инв. № 130), *Гибрид № 10* (инв. № 106), *Гибрид № 300* (инв. № 49) и *Гибрид 3Б* (инв. № 48+134).

### Библиографический список

1. Яблоков, А. С. Селекция древесных пород / А. С. Яблоков. – М. : Изд-во сельскохозяйств. литературы, журналов и плакатов, 1962. – 488 с.

2. Carle, J. Trends & Perspectives in Poplar & Willow Cultivation – A Global Synthesis of National Progress. Plenary report on the 25<sup>th</sup> Session of the International Poplar Commission in Berlin, Germany, 13-16 September 2016, jointly hosted by FAO and the German Federal Ministry of Ministry of Food and Agriculture [Electronic resource] / J. Carle // Abstr. of submitted papers of the International Poplar Commission: Poplars And Other Fast-Growing Trees – Renewable Resources For Future Green Economies. – Working Paper IPC/14. Forestry Policy and Resources Division, FAO, Rome, 2016. – p. 1. – URL: <http://www.fao.org/forestry/ipc/69946/en>.

3. Fladung, M. Plant Remodelling in Trees – Breeding Perspectives in Poplar [Electronic resource] / M. Fladung // Abstr. of submitted papers on the 25<sup>th</sup> Session of the International Poplar Commission in Berlin, Germany, 13-16 September 2016, jointly hosted by FAO and the German Federal Ministry of Ministry of Food and Agriculture: Poplars And Other Fast-Growing Trees – Renewable Resources For Future Green Economies. – Working Paper IPC/14. Forestry Policy and Resources Division, FAO, Rome, 2016. – pp 7, 33. – URL: <http://www.fao.org/forestry/ipc/69946/en>.

4. Demidova, N. Fast-Growing Poplars in the North of European Russia [Electronic resource] / N. Demidova // Abstr. of submitted papers on the 25<sup>th</sup> Session of the International Poplar Commission in Berlin, Germany, 13-16 September 2016, jointly hosted by FAO and the German Federal Ministry of Ministry of Food and Agriculture: Poplars And Other Fast-Growing Trees – Renewable Resources For Future Green Economies. – Working Paper IPC/14. Forestry Policy and Resources Division, FAO, Rome, 2016. – p. 29. – URL: <http://www.fao.org/forestry/ipc/69946/en>.

5. Hofmann, M. Genetic Improvement of Poplar and Prospects for Poplar Cultivation in Germany [Electronic resources] / M. Hofmann, A. Janßen // Abstr. of submitted papers on the 25<sup>th</sup> Session of the International Poplar Commission in Berlin, Germany, 13-16 September 2016, jointly hosted by FAO and the German Federal Ministry of Ministry of Food and Agriculture: Poplars And Other Fast-Growing Trees – Renewable Resources For Future Green Economies. – Working Paper IPC/14. Forestry Policy and Resources Division, FAO, Rome, 2016. – p. 39. – URL: <http://www.fao.org/forestry/ipc/69946/en>.

6. Miller, R. O. Sources of Variation in Hybrid Poplar Biomass Production throughout Michigan, USA [Electronic resource] / R. O. Miller, A. B. Bradford // Abstr. of submitted papers on the 25<sup>th</sup> Session of the International Poplar Commission in Berlin, Germany, 13-16 September 2016, jointly hosted by FAO and the German Federal Ministry of Ministry of Food and Agriculture: Poplars And Other Fast-Growing Trees – Renewable Resources For Future Green Economies. – Working Paper IPC/14. Forestry Policy and Resources Division, FAO, Rome, 2016. – p. 54. – URL: <http://www.fao.org/forestry/ipc/69946/en>.

7. Tsarev, A. Hybridization of Poplars in the Central Chernozem Region of Russia [Electronic resource] / A. Tsarev., G. von Wühlisch, R. Tsareva // J. Silvae Genetica 2016. V 65. Issue 2. Ed. by the Thünen Institute of Forest Genetics Germany. – De Gruyter Open. – Großhansdorf (Germany), 2016. – P. 1-9. – URL: <http://doi.org/10.1515/sg-2016-0011>.

8. Aspen Hybridization: Parents' Compatibility and Seedlings' Growth [Electronic resource] / A. Tsarev, R. Tsareva, V. Tsarev, M. Fladung, G. von Wühlisch // J. Silvae Genetica 2018. V 67. Issue 1. Ed. by the Thünen Institute of Forest Genetics Germany. – De Gruyter Open. – Großhansdorf (Germany), 2018. P. – 12-19. – URL: <https://doi.org/10.2478/sg-2018-0002>.

9. Царев, А. П. Сортоведение тополя : моногр. / А. П. Царев. – Воронеж, 1985. – 152 с.

10. Петрухнов, В. П. Рекомендации по выращиванию белых тополей в ЦЧО / В. П. Петрухнов. – Воронеж : Изд-во ЦНИИЛГиС, 1991. – 33 с.

11. Царев, А. П. Новые сорта тополей Всероссийского НИИ лесной генетики, селекции и биотехнологии / А. П. Царев, Р. П. Царева, В. А. Царев // Биотехнология, генетика, селекция в лесном и сельском хозяйстве, мониторинг экосистем : Матер. междунар. науч.-техн. конференции 21-22 июня 2017 г. [под ред. проф. С. С. Морковиной, д-ра с.-х. наук В. И. Михина]. – Воронеж : ООО «Издательство РИТМ», 2017. – С. 229-234.

12. Царев, А. П. Динамика сохранности и продуктивности настоящих тополей при испытании в условиях умеренного климата / А. П. Царев, Р. П. Царева, В. А. Царев // Информационный вестник ВОГиС :

Рецензируемый научный журнал (К 200-летию со дня рождения Чарльза Дарвина и 150-летию выхода его труда «Происхождение видов путем естественного отбора или сохранение благоприятных рас в борьбе за жизнь»). – Т. 14. – № 2. – 2010. – Новосибирск, 2010. – С. 255-264.

13. Царев, А. П. Испытание клонов и гибридов тополей подрода *Leuce Dode* / А. П. Царев, Р. П. Царева, В. А. Царев // Вестник Московского государственного университета леса. – Лесной Вестник. – 2012. – Т. 84. – Вып. 1. – С. 91-98.

14. Царев, А. П. Результаты сортоиспытания бальзамических тополей в Центральном Черноземье / А. П. Царев, Р. П. Царева, В. А. Царев // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 4 (67). – С. 289-296.

15. Council directive 1999/105/EC of 22 December 1999 on marketing of forest reproductive material // Official Journal of the European Communities / Legislation. Vol. 43. L. 11. – 15 January 2000. – P. 17-40.

16. Houtzagers, G. Die Gattung *Populus* und ihre forstliche Bedeutung / G. Houtzagers. – Hannover: Verlag M.&H. Schaper, 1941. – 196 pp. (in German).

17. Вересин, М. М. Новый гибридный тополь аллоплоид для лесокультур и озеленения / М. М. Вересин // Состояние и перспективы развития лесной генетики, селекции, семеноводства и интродукции. Методы селекции древесных пород : Сб. тез. докл. совещания 13-15 августа 1974 г. – Рига: Латвийский научно-исследовательский институт лесохозяйственных проблем, 1974. – С. 188-191.

18. Сиволапов, А. И. Тополя селекции ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова для защитного лесоразведения / А. И. Сиволапов // Леса России: политика, промышленность, наука, образование : Матер. междунар. науч.-техн. конференции. Т. 1 [под ред. В. М. Гедьо]. – СПб., 2018. – С. 259-262.

19. Оценка перспективности использования клонов гибридных тополей и осины для плантационного лесовыращивания в условиях Северо-Запада России / А. К. Бойцов, А. В. Жигунов, А. А. Григорьев, А. С. Бондаренко // Леса России: политика, промышленность, наука, образование : Матер. междунар. науч.-техн. конференции. Т. 1 [под ред. В. М. Гедьо]. – СПб., 2018. – С. 40-43.

20. Богданов, П. Л. Тополя и их культура / П. Л. Богданов. – М. : Лесн. пром-сть, 1965. – 104 с.

21. Яблоков, А. С. Воспитание и разведение здоровой осины / А. С. Яблоков. – М. : Голесбумиздат, 1963. – 443 с.

### References

1. Yablokov A. S. *Selekcija drevesnykh porod* [Forest Tree Breeding]. *Izdatel'stvo sel'skhoz. literatury, zhurnalov i plakatov* [Publishing house of Agricultural Literature, Magazines and Posters]. Moscow, 1962. – 488 p. (in Russian).

2. Carle J. Trends & Perspectives in Poplar & Willow Cultivation – A Global Synthesis of National Progress. Plenary report on the 25<sup>th</sup> Session of the International Poplar Commission in Berlin, Germany, 13-16 September 2016, jointly hosted by FAO and the German Federal Ministry of Ministry of Food and Agriculture. Abstr. of submitted papers of the International Poplar Commission (Working Paper IPC/14 Forestry Policy and Resources Division, FAO, Rome) p. 1. Available at: <http://www.fao.org/forestry/ipc/69946/en> (Accessed 10 October 2018).

3. Fladung M. Plant Remodelling in Trees – Breeding Perspectives in Poplar. Abstr. of Submitted papers on the 25<sup>th</sup> Session of the International Poplar Commission in Berlin, Germany, 13-16 September 2016, jointly hosted by FAO and the German Federal Ministry of Ministry of Food and Agriculture (Working Paper IPC/14 Forestry Policy and Resources Division, FAO, Rome) pp. 7, 33. Available at: <http://www.fao.org/forestry/ipc/69946/en> (Accessed 12 October 2018).

4. Demidova N. Fast-Growing Poplars in the North of European Russia. Abstr. of submitted papers on the 25<sup>th</sup> Session of the International Poplar Commission in Berlin, Germany, 13-16 September 2016, jointly hosted by FAO and the German Federal Ministry of Ministry of Food and Agriculture (Working Paper IPC/14 Forestry Policy and

Resources Division, FAO, Rome) p. 29. Available at: <http://www.fao.org/forestry/ipc/69946/en> (Accessed 15 October 2018).

5. Hofmann M., Janßen A. Genetic Improvement of Poplar and Prospects for Poplar Cultivation in Germany. Abstr. of submitted papers on the 25<sup>th</sup> Session of the International Poplar Commission in Berlin, Germany, 13-16 September 2016, jointly hosted by FAO and the German Federal Ministry of Ministry of Food and Agriculture (Working Paper IPC/14 Forestry Policy and Resources Division, FAO, Rome) p. 39. Available at: <http://www.fao.org/forestry/ipc/69946/en> (Accessed 17 October 2018).

6. Miller R. O., Bradford A. B. Sources of Variation in Hybrid Poplar Biomass Production throughout Michigan, USA. Abstr. of submitted papers on the 25<sup>th</sup> Session of the International Poplar Commission in Berlin, Germany, 13-16 September 2016, jointly hosted by FAO and The German Federal Ministry of Ministry of Food and Agriculture (Working Paper IPC/14 Forestry Policy and Resources Division, FAO, Rome) p. 54. Available at: <http://www.fao.org/forestry/ipc/69946/en> (Accessed 20 October 2018).

7. Tsarev A., Wühlisch G. von, Tsareva R. Hybridization of Poplars in the Central Chernozem Region of Russia. *J. Silvae Genetica* 2016. V 65. Issue 2. Ed. by the Thünen Institute of Forest Genetics Germany. – De Gruyter Open. – Großhansdorf (Germany), 2016. – pp. 1-9. Available at: 2017-06-28 | DOI: <http://doi.org/10.1515/sg-2016-0011> (Accessed 22 October 2018).

8. Tsarev A., Tsareva R., Tsarev V., Fladung M., Wühlisch G. von. Aspen Hybridization: Parents' Compatibility and Seedlings' Growth. *J. Silvae Genetica*. 2018 V. 67. Issue 1. Ed. by the Thünen Institute of Forest Genetics Germany. – De Gruyter Open. – Großhansdorf (Germany), 2018. – pp. 12-19. Available at: 2018-03-15 | DOI: <https://doi.org/10.2478/sg-2018-0002> (Accessed 25 October 2018).

9. Tsarev A. P. *Sortovedenie topolya* [Cultivarology of poplar] *Izdatel'stvo VGU* [Voronezh State University Publishing house]. Voronezh, 1985. – 152 p. (in Russian).

10. Petrukhnov V. P. *Rekomendatsii po vyrashchivaniyu belyh topolej v TSCHO* [Recommendations for the culturing of white poplars in the Central Black Earth region] *Izdatel'stvo CNILGiS* [Publishing house of the Central Research Institute of Forest Genetics and Breeding]. Voronezh, 1991. – 33 p. (in Russian).

11. Tsarev A. P., Tsareva R. P., Tsarev V. A. *Novye sorta topolej Vserossyjskogo NII Lesnoj Genetiki, Seleksii i Biotekhnologii* [New poplar varieties of All-Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology]. *Materialy mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii 21-22 iyunya 2017 g.: Biotekhnologiya, genetika, selekciya v lesnom i sel'skom hozyajstve, monitoring ehkosistem. Pod red. prof. S. S. Morkovinoj, d-ra s.-h. nauk V. I. Mihina*. [Proc. Int. Conf. on Biotechnology, Genetics, Breeding in Forestry and Agriculture, Ecosystem Monitoring (21-22 June 2017), ed. Prof. S. S. Morkovina and Dr. V. I. Mikhin]. *OOO "Izdatel'stvo RITM"* [LLC –Publishing house of RHYTHM]. Voronezh, 2017. – pp. 229-234. (in Russian).

12. Tsarev A. P., Tsareva R. P., Tsarev V. A. *Dinamika sokhrannosti i produktivnosti nastoyaschikh topolej pri ispytanii v uslovyakh umerennogo klimata* [Dynamics of the survival and productivity of genuine poplars tested in a temperate climate] *Informatsionnyj vestnik VOGiS: Retsenziruemyj nauchnyj zhurnal (K 200-letiyu so dnya rozhdeniya CHarl'za Darvina i 150-letiyu vykhoda ego truda "Proiskhozhdenie vidov putem estestvennogo otbora ili sokhranenie blagopriyatnykh ras v bor'be za zhizn")* [Proc. Inf. Bull. of All-Russian Society of Geneticists and Breeders: Ref. J.] (To the 200th anniversary of the birth of Charles Darwin and the 150th anniversary of the publishing of his work –The Origin of Species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life") vol. 14. № 2. *Izdatel'stvo "Institut Tsitologii i Genetiki Sibirskogo otdeleniya RAN (ITSiG SO RAN)"* [Publishing house –Institute of Cytology and Genetics of Siberian division of Russian Academy of Science"]. Novosibirsk, 2010. – pp. 255-264. (in Russian).

13. Tsarev A. P., Tsareva R. P., Tsarev V. A. *Ispytanie klonov i gibridov topolej podroda Leuce Dode* [Testing of poplars clones and hybrids belonging to the subgenus *Leuce Dode*] *Vestnik Moskovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Lesa: Lesnoj Vestnik* [Proc. Bull. of the Moscow Forest State University: Forest Herald J.] vol. 84. Issue 1. Moscow, 2012. – pp. 91-98. (in Russian).

14. Tsarev A. P., Tsareva R. P., Tsarev V. A. *Rezul'taty sortoispytaniya bal'zamicheskikh topolej v Tsentral'nom Chernozem'e* [Results of balsam poplars variety testing in the Central Chernozem region]. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proc. of the Kuban State Agrarian University]. № 4 (67). *Izdatel'stvo KubGAU* [Publishing house of the Kuban State Agrarian University]. Krasnodar, 2017. – pp. 289-296. (in Russian).

15. Council directive 1999/105 / EC of 22 December 1999 on Marketing of forest productive material. Official J. of the European Communities. 15 January 2000. vol. 43 L. 11. – pp. 17-40.

16. Houtzagers G. *Die Gattung Populus und ihre forstliche Bedeutung*. Hannover: Verlag M. & H. Schaper, 1941. – 196 p. (in German).

17. Veresin M. M. *Novyi gibridnyj topol' alloplloid dlya lesokul'tur i ozeleneniya* [New poplar hybrid alloplloid for plantations and landscaping gardening]. *Sbornik tezisov dokladov soveshchaniya 13-15 avgusta 1974 g: Sostoyanie i perspektivy razvitiya lesnoj genetiki, selektsii, semenovodstva i introduktsii. Metody selektsii drevesnykh porod.* [Abstr. Meet. on 13-15 August 1974 on Status and prospects of forest genetics, breeding, seed growing and introduction. Breeding methods of forest tree species]. *Latvijskij nauchno-issledovatel'skij institut lesokhozyajstvennykh problem* [Latvian Forest Research Institute of Forestry Problems]. Riga, 1974. – pp. 188-191. (in Russian).

18. Sivolapov, A. I. *Topolya selektsii VGLTU im. G.F. Morozova dlya zashchitnogo lesorazvedeniya* [Tekst] / A. I. Sivolapov //: Tom 1 [Pod red. V.M.]. – Spb.: SPbGLTU, 2018. – S. 259-262.

18. Sivolapov A. I. *Topolya selektsii VGLTU im. G. F. Morozova dlya zaschitnogo lesorazvedeniya* [Poplars bred in Voronezh State Forest Technical University named after G. F. Morozov for protective afforestation] *Materialy mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferentsii: Lesa Rossii: politika, promyshlennost', nauka, obrazovanie.* [Proc. Int. Conf. on Forests of Russia: politics, industry, science, education]. Vol. 1. Ed. V. M. Ged'o. *Izdatel'stvo SPbGLTU* [Publishing house of St. Petersburg State Forest Technical University]. St. Petersburg, 2018. – pp. 259-262. (in Russian).

19. Bojtsov A. K., ZHigunov A. V., Grigor'ev A. A., Bondarenko A. S. *Otsenka perspektivnosti ispol'zovaniya klonov gibridnykh topolej i osiny dlya plantatsionnogo lesovyrashchivaniya v usloviyakh Severo-Zapada Rossii* [Evaluation of prospects of poplar hybrid clones and aspen using for forest plantation in the North-West of Russia]. *Materialy mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferentsii: Lesa Rossii: politika, promyshlennost', nauka, obrazovanie.* [Proc. Int. Conf. on Forests of Russia: politics, industry, science, education]. Vol. 1. Ed. V. M. Ged'o. *Izdatel'stvo SPbGLTU* [Publishing house of St. Petersburg State Forest Technical University]. St. Petersburg, 2018. – pp. 40-43. (in Russian).

20. Bogdanov P. L. *Topolya i ikh kul'tura* [Poplars and their culture] *Lesnaya promyshlennost'* [Forest industry]. Moscow, 1965. – 104 p. (in Russian).

21. Yablokov A. S. *Vospitanie i razvedenie zdorovoj osiny* [Breeding and reproduction of healthy aspen] *Goslesbumizdat* [State Forest&Paper Publishing house]. Moscow, 1963. – 443 p. (in Russian).

### Сведения об авторе

*Царев Вадим Анатольевич* – старший научный сотрудник лаборатории селекции ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии», кандидат сельскохозяйственных наук, магистр экономики, доцент, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: vad.tsareff@yandex.ru.

### Information about authors

*Tsarev Vadim Anatolyevich* – Senior researcher of Breeding laboratory, Federal State Budgetary Institution —All Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology”, PhD (Agriculture), Master in Economics, Associate professor, Voronezh, Russian Federation; e-mail: vad.tsareff@yandex.ru.



## ОСОБЕННОСТИ УЧЕТА СОСТОЯНИЯ МАССИВА МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ТРЕЛЕВОЧНОЙ СИСТЕМОЙ

кандидат технических наук **С.Е. Рудов**<sup>1</sup>

доктор технических наук, с.н.с. **В.Я. Шапиро**<sup>2</sup>

доктор технических наук, профессор **И.В. Григорьев**<sup>3</sup>

доктор технических наук, доцент **О.А. Куницкая**<sup>3</sup>

**М.Ф. Григорьев**<sup>3</sup>

**А.Н. Пучнин**<sup>3</sup>

1 – ФГБОУ ВО «Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М. Буденного», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

2 – ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

3 – ФГБОУ ВО «Якутская государственная сельскохозяйственная академия», г. Якутск, Российская Федерация

Проведение лесозаготовительных работ в районах Крайнего Севера характеризуется крайне сложными климатическими условиями. Эксплуатация трелевочных систем применительно к мерзлым почвогрунтам обусловливает необходимость учета его как многокомпонентной сложной среды. Необходимость минимизации техногенной нагрузки на окружающую среду выдвигает проблему оптимизации числа проходов трелевочной системы по одному и тому же волоку в разряд наиболее актуальных. Представленные в статье данные позволяют количественно оценить эффект от применения различных систем в конкретных климатических и технологических условиях. Разработанные в статье методические положения легли в основу пробных расчетов по выявлению адекватности математической модели технологическим условиям эксплуатации трелевочных систем при их циклическом воздействии на мерзлый почвогрунт. Результаты выполненных исследований и произведенные оценки влияния параметров трелевочной системы, температуры, влажности, льдистости, физико-механических свойств и состояния мерзлого почвогрунта на процесс его деформирования можно принять в качестве исходных требований при моделировании и оптимизации процесса циклического уплотнения почвогрунта.

**Ключевые слова:** мерзлые почвогрунты, лесозаготовки, трелевочные системы, уплотнение и деформация почвогрунтов.

## FEATURES OF TAKING INTO ACCOUNT THE CONDITION OF FROZEN SOILS SOLID MASS IN CYCLIC INTERACTION WITH THE SKIDDING SYSTEM

PhD (Engineering) **S.E. Rudov**<sup>1</sup>

DSc (Engineering), senior staff scientist **V. Ya. Shapiro**<sup>2</sup>

DSc (Engineering), Professor **I.V. Grigoriev**<sup>3</sup>

DSc (Engineering), Associate Professor **O.A. Kunitskaya**<sup>3</sup>

**M.F. Grigoriev**<sup>3</sup>

**A.N. Puchnin**<sup>3</sup>

1 – FSBEI HE S. M. Budjonny Military Academy of the Signal Corps, Saint-Petersburg, Russian Federation

2 – FSBEI HE Saint Petersburg State Forest Technical University under name of S.M Kirov, Saint-Petersburg, Russian Federation

3 – FSBEI HE Yakut State Agricultural Academy, Yakutsk, Russian Federation

### Abstract

Logging in the regions of the Far North is characterized by extremely difficult climatic conditions. Operation of skidding systems in relation to frozen soils necessitates taking it into account as a multicomponent complex environment. The need to minimize the anthropogenic load on the environment raises the problem of optimizing the number of skidding system passes through the same runway to the category of the most relevant ones. The data presented in the

article allows quantifying the effect of the use of various systems in specific climatic and technological conditions. The methodological provisions developed in the article formed the basis of test calculations to determine the adequacy of the mathematical model to the technological conditions of logging systems operation with their cyclical effect on frozen soil. The results of studies and estimates of the influence of skidding system parameters, temperature, humidity, ice content, physical and mechanical properties and the state of frozen soil on its deformation can be taken as initial requirements for modeling and optimizing the process of cyclic soil compaction.

**Keywords:** frozen soils, logging, skidding systems, compaction and deformation of soil.

Трелевочная система при воздействии на почвогрунт через шины создает определенное давление, обуславливающее формирование напряженно-деформированного состояния массива в зоне контакта «шина-почвогрунт», который при достижении предельных нагрузок, подвергается разрушению.

По данным исследований [1], в результате разрушения плодородного слоя при проходе трелевочной системы установлены и классифицированы четыре состояния массива грунта: слабое повреждение слоя почвы, умеренное (до 50 %), сильное (от 50 до 100 %) и очень сильное повреждение, когда полезный слой полностью удален.

Эти обстоятельства в сочетании с необходимостью минимизации техногенной нагрузки на окружающую среду выдвигают проблему оптимизации числа проходов трелевочной системы по одному и тому же волоку в разряд наиболее актуальных [2-4].

При этом по данным [5] однократный проход трелевочной системы даже при невысоком среднем давлении на грунт (не более 47 кПа) приводит к отдельным разрывам сплошного массива, двукратный проход разрушает до 30 %, а трехкратный – до 80 % объема контактного слоя.

Эти выводы в основном относятся к разного вида связным грунтам при положительных значениях температуры ( $T$ ) окружающей среды.

Применительно к условиям воздействия на мерзлые грунты процесс их деформирования и разрушения будет дополнительно характеризоваться влиянием фактора отрицательных температур и, как следствие, льда на физико-механические свойства грунта, в первую очередь, его упругие, пластические и прочностные характеристики.

Основное разрушающее воздействие трелевочная система оказывает на мерзлый грунт со слабым поверхностным слоем, содержащим лед до

60 и более процентов в единице объема. Именно лед радикально влияет на характер поведения грунта при статических нагрузках.

В связи с этим при эксплуатации современных трелевочных систем, в частности форвардеров различной модификации, одним из способов управления процессом воздействия на грунт является выбор оптимального количества колесных пар с целью снижения величины давления.

В табл. 1 представлены характеристики ряда трелевочных систем и величина ( $q$ ) создаваемого ими давления на грунт под колесами в результате их динамического и статического воздействия [6]. Под первым штампом понимается движитель, под вторым - транспортная тележка.

Таким образом, использование 8-10-колесных трелевочных систем при нагрузке  $P=19-20$  т создает давление на почвогрунт, в частности под движителем, равным  $q=35$ кПа, что практически в 2 раза меньше значений соответствующего давления при использовании 4-6 колесных систем. При эксплуатации на слабонесущих грунтах применение гусениц позволяет снизить величину  $q$  до 27 кПа, однако подобные устройства приводят к дополнительным материальным и трудовым затратам.

Давление на грунт приводит к формированию зоны сжатия мерзлого почвогрунта. Чем больше размер этой зоны, тем большее усилие можно передать на почвогрунт с целью реализации тяги движителя.

Общая величина сжатия (общая деформация)  $\varepsilon$  состоит из остаточных  $\varepsilon_{II}$  (структурного уплотнения, пластических) и упругих деформаций  $\varepsilon_y$  [7], причем упругие деформации могут достигать 60 % и более от величины  $\varepsilon$ . Для талых грунтов с  $T \approx 0$  °C при длительном воздействии величина  $\varepsilon_y \rightarrow 0$ . При быстром нагружении, к которому можно

отности взаимодействие колеса с грунтом, упругие деформации всегда имеют место. Для оценки соотношения  $\varepsilon_{\Pi}$  и  $\varepsilon_y$  введем безразмерный параметр  $\psi = \varepsilon_{\Pi} / \varepsilon_y$ .

Таблица 1

Характеристики трелевочных систем и давление на почвогрунт

Трелевочная система	Вес, т	q, кПа	
		штамп 1/ число колесных пар	штамп 2/ число колесных пар
4-х колесная	15	68 / 1	80 / 1
6-ти колесная	16	72 / 1	27 / 2
8-ми колесная	19	35 / 2	58 / 2
10-ти колесная	20	35 / 2	37 / 3

Отношение величины  $q$  к  $\varepsilon$  характеризуется модулем общей деформации  $E$ , причем по данным [8] величина  $E$  при изменении  $T$  от  $-2$  до  $-6$  °C в диапазоне изменения  $q$  от 100 до 300 кПа существенно зависит от  $q$  для мерзлой супеси и слабо зависит для суглинка. На рис. 1 представлена зависимость модуля общей деформации от давления на почвогрунт для супеси и суглинка.

При  $q < 100$  кПа (диапазон давлений для трелевочных систем по данным табл. 1) зависимость  $E$  от  $q$  не установлена.

С понижением  $T$  величина  $E$  линейно растет практически для всех мерзлых грунтов.

Так, в частности, для супеси при значениях  $-0,1$  °C  $> T > -3,6$  °C значения  $E$  определяются в соответствии с зависимостью ( $R^2=0,9625$ ):

$$E(T) = -1,2793T + 0,6835, \text{ МПа.} \quad (1)$$

Для каждого мерзлого грунта и конкретных условий необходимо устанавливать соответствующую связь (1).

В итоге на базе (1) для мерзлой супеси будем использовать соотношение по расчету  $\varepsilon$  с учетом  $T$  и  $q$

$$\varepsilon(q, T) = q / (-1,2793T - 0,6835), \quad (2)$$

т.е. величина  $\varepsilon$  является двумерной функцией параметров  $q$  и  $T$  и растет пропорционально  $q$ .

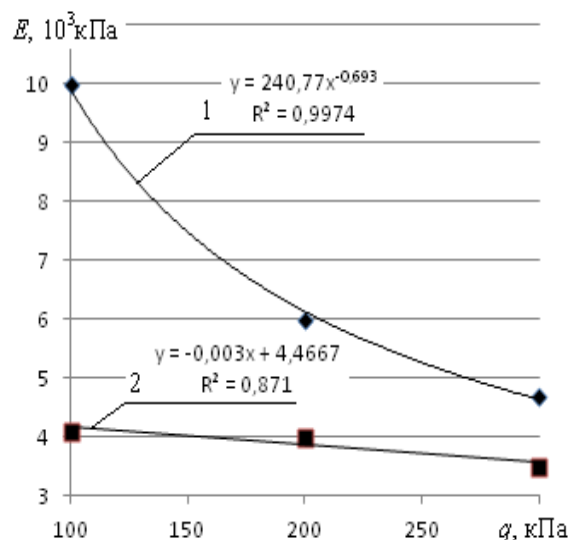


Рис. 1. Зависимость модуля общей деформации от давления на почвогрунт: 1 – супесь; 2 – суглинок

Из этого вывода следует, что рост давления штампа на почвогрунт вызывает развитие в нем существенных деформаций, приводящих к его уплотнению, а при превышении несущей способности - к разрушению. Величина относительного уплотнения определяется как:  $\bar{\rho} = \rho / \rho_0 = 1 + \varepsilon$ , где  $\rho_0$  – начальная плотность грунта,  $\rho$  – плотность, полученная в результате сжатия почвогрунта от воздействия колеса.

На рис. 2 на основе соотношения (2) представлен график двумерной функции относительного уплотнения мерзлого грунта от его температуры и внешнего давления штампа.

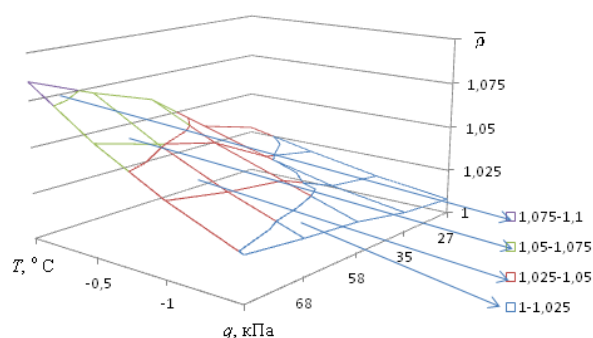


Рис. 2. Зависимость относительного уплотнения мерзлого грунта от его температуры и внешнего давления штампа

Как видно из рис. 2, для талого грунта использование 10-колесных транспортных систем приводит к определенному уплотнению ( $\bar{\rho} \approx 1,04$ )

уже после первого цикла воздействия штампа, причем возможное применение гусениц снижает уровень уплотнения на 32 %. В этих условиях эксплуатация 4-колесных систем обуславливает существенное уплотнение ( $\bar{\rho} \approx 1,09$ ).

Для устойчиво мерзлого грунта все системы из табл. 1 на первом цикле не выводят параметр  $\bar{\rho}$  за пределы 1,025.

Особый интерес представляет изучение процесса роста общей деформации и уплотнения мерзлого грунта по мере прохождения транспортной системы и реализации циклического действия штампов. Имеется в виду необходимость учета пластических и упругих свойств почвогрунта в контексте накопления остаточных деформаций. Очевидно, что эти особенности зависят от влажности мерзлого грунта, его температуры и, следовательно, льдистости.

Для мерзлых грунтов устойчивых корреляционных связей между  $E$  и  $W$  не установлено [8-10] и разброс значений  $E$  достигает десятки процентов.

Для талых грунтов величина  $E$  зависит от влажности  $W$  и может изменяться от 0,1-1,0 МПа для переувлажненных грунтов с показателем  $W$  выше предела их текучести до 35-50 МПа для грунтов с  $W$  ниже их предела пластичности [7]. Отмечается рост значений коэффициента Пуассона  $\nu$  с ростом показателя  $W$ .

Учитывая, что величина  $\nu$  при прочих равных условиях характеризует пластичность грунта, можно на экспертном уровне принять:

а) грунты сухие ( $W=0,1-0,2$ ) с коэффициентом Пуассона  $\nu$  не более 0,15-0,2 при деформировании в основном проявляют свойства хрупкости и параметр  $\psi=0,25/0,75=0,3$ ;

б) грунты умеренной влажности ( $W=0,2-0,3$ ) с коэффициентом Пуассона  $\nu$  до 0,2-0,3 при деформировании проявляют как хрупкость так и пластичность и параметр  $\psi=0,5/0,5=1$ ;

в) грунты высокой влажности ( $W=0,35-0,55$  и более) с коэффициентом Пуассона  $\nu=0,3-0,5$  при деформировании проявляют в основном свойства пластичности и параметр  $\psi=0,75/0,25=3$ .

Уплотнение и разрушение грунта приводит к погружению колеса на некоторую глубину  $h_0$  и ухудшает условия эксплуатации трелевочных сис-

тем. Максимальная сила тяги, обусловленная силой поверхностного трения, зависит от величины предела прочности грунта на сдвиг  $\sigma_{сд}$ .

В моделях механики грунтов с внутренним трением [3] вертикальное давление  $q$  связано с горизонтальным давлением  $\tau$  соотношением

$$\tau = \mu q, \quad (4)$$

где  $\mu = \nu / (1 - \nu)$  – коэффициент бокового распора, определяемый коэффициентом Пуассона  $\nu$ .

Анализ (4) показывает, что для переувлажненных почвогрунтов при  $\nu \rightarrow 0,5$   $\mu \rightarrow 1$  и  $\tau \approx q$ . Почвогрунт находится в условиях объемного сжатия и его поведение описывается моделями несжимаемой жидкости.

При  $\nu \rightarrow 0,2$ , т.е. сухой почвогрунт при деформировании в значительной степени проявляет свойства хрупкости, величина  $\tau$  составляет  $0,25q$ . В ряде случаев это приводит к тому, что усилий по сдвигу мерзлого почвогрунта будет недостаточно, доминировать будут усилия вертикального сжатия, приводящие к формированию соответствующих зон уплотнения.

Для исследования процессов возможного разрушения мерзлого почвогрунта под действием штампов необходимо произвести оценки характеристик прочности и их зависимости от реального состояния массива грунта.

Фактор температуры мерзлого почвогрунта  $T$  существенно влияет на его прочностные показатели, а именно: пределы прочности на сжатие  $\sigma_{сж}$ , сдвиг  $\sigma_{сд}$  и разрыв  $\sigma_p$ . Чем ближе эти значения друг к другу, в первую очередь характеристики  $\sigma_{сж}$  и  $\sigma_{сд}$ , тем большую пластичность проявляет массив почвогрунта. В основном для указанных прочностных характеристик имеют место следующие неравенства:

$$\sigma_{сж} > \sigma_{сд} > \sigma_p.$$

В табл. 2 сведены данные о прочности образцов мерзлой супеси и льда на сжатие  $\sigma_{сж}$  (числитель) и сдвиг  $\sigma_{сд}$  (знаменатель).

Для величины  $\sigma_p$  есть только отдельные выборочные данные для некоторых грунтов, в частности для мерзлой супеси  $\sigma_p = 700-800$  кПа при  $T < -1^\circ\text{C}$  и  $\sigma_p \approx 2000$  кПа при  $T \approx -4^\circ\text{C}$ . Эти показатели соизмеримы с величиной несущей способности

сухих, связных грунтов [7] при положительных значениях  $T$ . Для влажных и переувлажненных грунтов их несущая способность снижается до 10-80 кПа и величина  $\tau \approx q = 35 \div 80$  кПа (табл. 1) может превысить предельные значения прочности почвогрунта, что приведет к его разрушению.

Таблица 2

Значения пределов прочности на сжатие и сдвиг (кПа) с учетом  $T$

$T, ^\circ\text{C}$	Супесь	$\chi$	Лед	$\chi$
-0,1	900/120	7,50	100/80	1,25
-1	1500/1000	1,50	500/400	1,25
-2	2100/1400	1,50	1300/1500	0,90
-3	3100/2100	1,48	2100/1900	1,11
-4	4100/2600	1,58	2800/1900	1,47

Интерес представляет величина  $\chi$ , равная отношению прочностных характеристик  $\sigma_{сж}$  к  $\sigma_{сд}$ , что отражено на рис. 3, на котором график иллюстрирует зависимость величины отношения  $\chi = \sigma_{сж} / \sigma_{сд}$  от  $T$  ( $^\circ\text{C}$ ) для супеси и льда.

Как видно из рис. 3, для состояния устойчиво мерзлого почвогрунта ( $T$  не более  $-1$   $^\circ\text{C}$ ) отличия величин  $\chi$  для супеси и льда незначительны.

Известно, что чем ближе  $\chi$  к 1, тем в большей степени мерзлый почвогрунт проявляет пластичные свойства. По этому поводу в работе [8] отмечается, что супесь при  $T \approx -3$  -  $-4$   $^\circ\text{C}$  ведет себя с позиций пластичности как лед. Данные табл. 2 и рис. 2 подтверждают этот вывод.

Если показатели прочности для талого почвогрунта при  $T = -0,1$   $^\circ\text{C}$  принять за масштабную единицу, то представляет интерес установление зависимостей безразмерных коэффициентов  $K_{сж}$  и  $K_{сд}$  от  $T$ .

Результаты расчетов отражены на рис. 4 (кривая 1 для показателя предела прочности на сдвиг, кривая 2 – на сжатие).

Установлено, что зависимость  $K_{сж}(T)$  хорошо описывается линейной функцией, а  $K_{сд}(T)$  – полиномом второй степени, причем по углу наклона кривых к оси  $T$  (первым производным соответствующих функций) можно сделать вывод о том, что интенсивность роста прочности на сдвиг кратно (до 5 и более раз) превосходит интенсивность роста прочности на сжатие. Этот результат приобретает особую актуальность, если учесть, что на силу тяги

двигателя оказывает влияние размер разрушаемого слоя, т.е. величина несущей способности почвогрунта, которая в зависимости от характера разрушения равна либо пределу прочности на сдвиг либо разрыв.

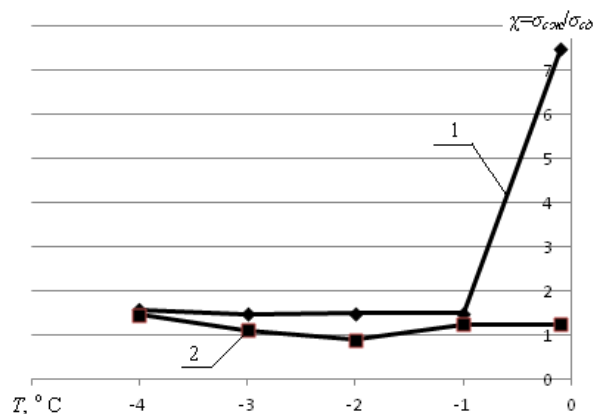


Рис. 3. Зависимость величины  $\chi$  от  $T$ :  
1 – супесь; 2 – лед

Величина предела прочности грунта на растяжение (разрыв)  $\sigma_p$  определяется теми же факторами, что и при сжатии.

Сопоставительный анализ значений  $\sigma_p$  и  $\sigma_{сж}$  показывает, что при прочих равных условиях величина  $\sigma_p$  составляет в среднем  $(0,2 \div 0,4) \sigma_{сж}$ .

Если обратиться к количественной оценке влияния влажности на прочностные свойства мерзлых грунтов, то для мерзлых супесей в диапазоне изменения  $W$  от 10-15 % (сухие супеси) до 35-40 % (весьма влажные супеси) зависимость  $\sigma_{сж}(W)$  подчиняется закону квадратичной гиперболы.

Для песков при изменении  $W$  с 5 до 20 % величина  $\sigma_{сж}$  возрастает более чем в 2 раза.

Для глины при  $T = -3$  -  $-4$   $^\circ\text{C}$  снижение  $\sigma_{сж}$  с 5000 до 3500 кПа отмечается при росте  $W$  с 15 до 35 %.

Общего для всех мерзлых грунтов и однозначного влияния параметра влажности на величину  $\sigma_{сж}$  установить не удалось и для конкретных технологических условий необходимо определять соответствующую зависимость  $\sigma_{сж}(W)$ .

В работах [10-11] отмечается, что практически все мерзлые грунты обладают реологическими свойствами, причем наличие льда является основным связующим фактором.

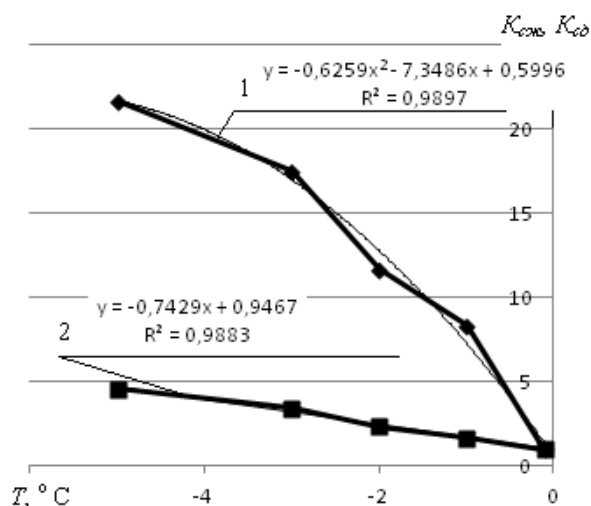


Рис. 4. Рост относительных показателей прочности на сжатие и сдвиг с понижением температуры мерзлого грунта:

1 – предел прочности на сдвиг; 2 – предел прочности на сжатие

Вследствие влияния реологии испытания прочностных и деформационных характеристик мерзлых грунтов – как лабораторные, так и полевые очень трудоемки и требуют значительного времени (каждое испытание длится от 1 до 4 недель). Наряду с этим данные о физико-механических свойствах даже одной группы мерзлых грунтов отличаются кратно, что затрудняет их практическое использование в расчетах начальных параметров контактного разрушения в зоне взаимодействия колеса и мерзлого почвогрунта.

Отмечается, что чем выше  $W$  тем более существенно влияние параметра  $T$  на характер реализации процесса разрушения, особенно при переходе  $T$  через температуру замерзания воды, перехода ее в состояние льда и, как следствие, повышения сцепления массива.

Лед по сравнению с другими кристаллическими телами отчетливо проявляет пластические свойства и под длительным воздействием нагрузки может изменять свою форму без изменения объема, т.е. «течь». Этому состоянию льда соответствует режим течения вязкой жидкости. При этом в случае воздействия на лед статической силы  $P$  он начинает деформироваться, при этом может вести себя как упругое, пластическое или в момент разрушения

хрупкое тело [12]. Характер поведения зависит от времени приложения нагрузки.

Действие движителя (первого штампа) можно считать мгновенным. При скорости движения системы, равной 2,5 км/ч и расстоянии между штампами 2 м интервал времени начала воздействия второго штампа не превысит 3 с. Однако лед, в течение не менее 100-1000 с, ведет себя как упругое тело, т.е. при воздействии трелевочной системы можно считать, что упругие деформации при разрушении льда будут доминировать.

Исследование замерзания воды в мерзлом грунте выявили четыре основные фазы протекания процесса: 1) понижение  $T$  по мере переохлаждения поровой воды; 2) повышение  $T$  вследствие кристаллизации части воды; 3) резкий переход большей части воды в лед и 4) постепенное понижение  $T$  уже мерзлого грунта, когда окончательно замерзает вся вода.

Количественно по фазам учесть влияние перечисленные факторов на физико-механические свойства мерзлого грунта с изменением  $T$  не представляется возможным, в связи с чем, под температурой понимают значение  $T$  последней фазы замерзания. При этом для каждого мерзлого грунта температура начала его замерзания  $T_z$  зависит от начальной температуры  $T_n$ , уровня засоленности ( $C$ , %), и влажности ( $W$ , %).

Если пренебречь процентной долей воды, находящейся в парообразном состоянии (тысячные доли процентов от общего объема), то схематично можно сказать, что вода в жидкой фазе содержится в почвогрунте в двух основных состояниях: связанном и свободном.

Связанная высокоплотная (до 1200-1400 кг/м<sup>3</sup>) вода, занимающая до 40 и более % от общего объема, под действием статических нагрузок практически не уплотняется. Градиент ее перемещения – в направлении действия нагрузки и в сторону понижения  $T$ . Такая вода переходит в лед при достаточно низких температурах замерзания воды  $T_g \approx -4 \div -6$  °C.

Свободная вода состоит из гравитационной и капиллярной составляющих. Капиллярная вода замерзает при  $T$ , близких к значениям температуры замерзания связанной воды, процесс перехода гра-



витационной воды в лед происходит уже при любых отрицательных  $T \leq 0$  °С.

Таким образом, с позиций механики деформирования мерзлого почвогрунта определенной влажности, можно выделить три основных состояния присутствующей в нем воды в жидкой и твердой фазах:

1 – связанная высокоплотная до  $1400 \text{ кг/м}^3$  с низкой (до  $-6$  °С) температурой замерзания вода, включающая связанную и свободную капиллярную воды;

2 – свободная гравитационная вода с плотностью  $1000 \text{ кг/м}^3$ , переходящая в лед при достижении любых отрицательных температур;

3 – лед.

В работе [13] отмечается, что все мерзлые грунты подразделяются на твердомерзлые и пластично-мерзлые грунты.

К первым относят практически несжимаемые грунты с коэффициентом сжимаемости  $m_f < 0,01 \text{ МПа}^{-1}$ , тогда как ко вторым – грунты с  $m_f > 0,01 \text{ МПа}^{-1}$ , при этом твердомерзлые должны рассчитываться только по несущей способности, тогда как пластично-мерзлые как по несущей способности, так и по деформациям.

Наряду с показателем сжимаемости для твердомерзлых грунтов принимается также состояние, когда  $T < T_3$ , для пластично-мерзлых – температура грунта  $T$  лежит в диапазоне:  $T_3 < T < T_6$ , где  $T_6$  – температура замерзания воды, близкая к  $0$  °С.

В табл. 3 по данным [13] представлены значения  $T_3$  для ряда мерзлых грунтов.

Как отмечалось выше, параметр  $T_3$  зависит от влажности и засоленности мерзлого грунта.

Обработка опытных данных [13] для засоленного в разной степени суглинка (параметр  $C$  изменяется от  $0,2$  до  $1,1$  %) в диапазоне изменения влажности  $W$  от  $20$  до  $50$  % позволила построить графики функции  $T_3 = f(C)$ , представленные на рис. 5, где по оси абсцисс –  $C$ , %, ординат – отрицательные значения  $T_3$ , °С в зависимости от значений  $W$ , %.

Как видно, при сильной засоленности и низкой влажности параметр  $T_3$  попадает в диапазон значений  $-2,5 \div -3$  тогда как в слабозасоленном со-

стоянии и высокой влажности мерзлого грунта температура его замерзания не опускается ниже значения  $T_3 = -0,5$ .

Таблица 3

Температура замерзания мерзлых грунтов

Наименование мерзлого грунта	Температура замерзания, °С
Пески мелкие и пылеватые	-0,3
Супесь	-0,6
Суглинок	-1,0
Глина	-1,5

Таким образом, для почвогрунта с заданной степенью засоленности его температура  $T$  – доминирующий фактор состояния, который будет изменяться с глубиной залегания слоя почвогрунта.

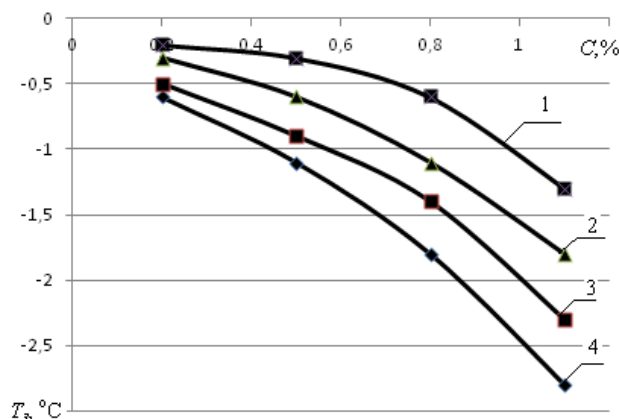


Рис. 5. Зависимость температуры замерзания от засоленности мерзлого грунта при его влажности: 1 – 20 %; 2 – 30 %; 3 – 40 %; 4 – 50 %

Прохождение трелевочной системы по мерзлому почвогрунту обуславливает циклическую реализацию статического воздействия на него штампов.

После первого прохода трелевочной системы (двух циклов статического воздействия штампов) колесо будет погружаться на определенную величину, зависящую от параметров трелевочной системы, физико-механических свойств и состояния мерзлого почвогрунта.

При этом под действием вертикальной статической нагрузки  $P$  часть свободной воды, переместившись на образованную глубину, где температура почвогрунта существенно ниже параметра  $T$

на поверхности, перейдет в свою твердую фазу, т.е. лед. Связанная вода менее всего подвержена миграции и температура ее замерзания существенно ниже 0 °С. Описанный процесс с определенной степенью вероятности будет, по всей видимости, многократно повторяться для одного и того же пятна контакта.

Циклически воспроизводимые вероятностные процессы любой природы (физико-механической, финансово-экономической, социально-психологической и других) хорошо описываются аппаратом цепей Маркова, который развит в работах [14, 15].

Пусть начальное распределение в единице объема мерзлого грунта свободной, связанной воды и льда определяется соответствующими компонентами вектора  $\vec{v}_0=(\omega_1, \omega_2, \omega_3)$ , причем  $\omega_1+\omega_2+\omega_3=1$ .

Матрица Маркова переходных состояний применительно к поставленной задаче давления на грунт представляет собой квадратную размерностью 3x3 матрицу вероятностей  $P_c$ , на главной диагонали которой расположены вероятности  $p_{11}$ ,  $p_{22}$ ,  $p_{33}$ , отражающие факт количественного (в процентах) сохранения исходного состояния воды во всех трех своих фазах.

Другие элементы матрицы, а именно вероятности  $p_{ij}$  описывают вероятности переходов воды из  $i$ -го состояния в  $j$ -е и наоборот.

Тогда согласно теории Маркова умножение вектора  $\vec{v}_0$  на матрицу  $P_c$  определяет вектор  $\vec{v}_1$  - распределение состояний воды после первого цикла воздействия (прохода первой колесной пары трелевочной системы).

Пусть начальное состояние характеризуется вектором  $\vec{v}_0$ , равным

$$\vec{v}_0=(0,3; 0,4; 0,3). \quad (5)$$

Допустим, что при использовании 10-колесной системы и давлении на грунт  $q=35$  кПа при  $T = -0,2$  °С матрица переходных состояний  $P_c$  имеет вид

$$P_c = \begin{pmatrix} 0,80 & 0,15 & 0,05 \\ 0,05 & 0,90 & 0,05 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (6)$$

В частности, последняя строка матрицы  $P_c$  означает, что по мере погружения штампа в мерзлый почвогрунт лед не может переходить в жидкую

фазу, тогда как вероятность реализации обратного процесса, описываемая первыми двумя строками матрицы, будем считать малой, но отличной от нуля, допустим равной 5 % ( $p_{13}=p_{23}=0,05$ ).

Тогда умножение вектора (5) на матрицу (6) дает вектор состояния воды и льда после первого цикла прохода, равный  $\vec{v}_1=(0,26; 0,4; 0,34)$ .

Умножение  $\vec{v}_1$  на  $P_c$  дает вектор  $\vec{v}_2$  состояний следующего цикла прохода и т.д.

На рис. 6 представлены графики изменения компонент  $\omega_i$  по мере роста числа циклов  $N$ .

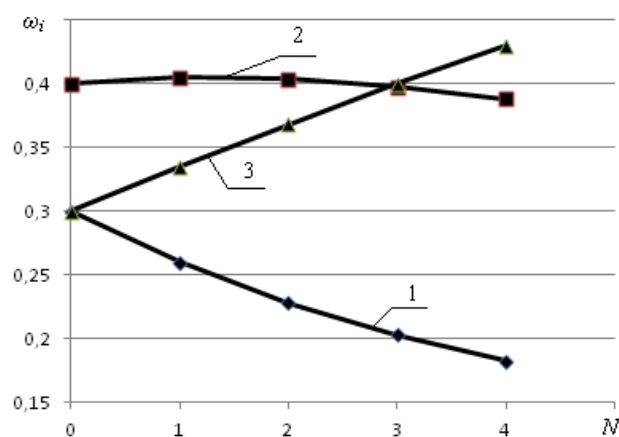


Рис. 6. Изменение состояний воды и льда с ростом циклов проходов 10-ти колесной трелевочной системы: 1 -  $\omega_1$ ; 2 -  $\omega_2$ ; 3 -  $\omega_3$

Как видно из рис. 6, количество связанной воды в единице объема мерзлого почвогрунта даже по завершении четвертого цикла (двух проходов трелевочной системы) практически не изменилось, при этом весьма значительный объем свободной воды при  $T < 0$  °С может перейти в лед, что, принимая во внимание существенно различные деформационные характеристики воды и льда, скажется на процессе деформирования и разрушения почвогрунта.

Деформационные свойства воды и льда существенно различаются. Так величина  $E$  для свободной воды составляет 2030 МПа, для высокоплотной связанной  $E \approx 2840$  МПа, тогда как для льда  $E = 9000$  МПа. Это позволяет при исходном значении вектора состояния влаги  $\vec{v}_0$  оценить величину  $E$  как средневзвешенную, равную  $E_0 = 4445$  МПа.

После реализации первого цикла, в связи с увеличением объемной доли льда, модуль общей



деформации увеличился на 5,6 % и составил  $E_0=4694$  МПа.

На рис. 7 представлены графики изменения коэффициента увеличения модуля  $E$  для воды и почвогрунта в зависимости от количества циклов  $N$ .

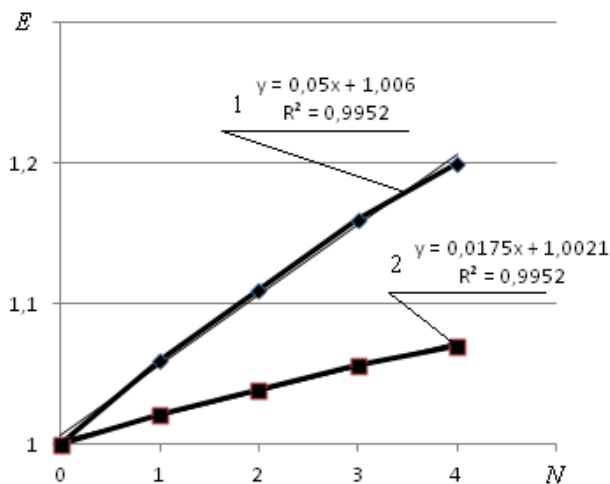


Рис. 7. Увеличение модуля упругости воды и грунта по мере роста числа проходов 10-колесной трелевочной системы: 1 – вода; 2 - почвогрунт

После четвертого цикла (двух проходов системы) при  $N=4$  модуль достиг значения  $E_0=5341$  МПа, т.е. вырос более чем на 20 %. Если принять, что влажность  $W$  мерзлого почвогрунта умеренная и составляет 35 %, то рост общего модуля деформации почвогрунта  $E$  за счет роста объемного содержания льда составит 7 %. Поскольку параметр  $\varepsilon$  обратно пропорционален параметру  $E$ , естественно заключить что общая относительная деформация мерзлого почвогрунта снизится на 7 %.

Выполним аналогичные оценки при использовании 4-колесной системы и давлении на грунт  $q=68$  кПа.

Если допустить, что при таких нагрузках пропорционально росту давления усиливается процесс перехода воды из жидкой фазы в лед и в матрице переходных состояний  $p_{13}=p_{23}=0,1$ , то результаты расчетов показывают, что увеличение общего модуля  $E$  за счет роста объемного содержания льда составит 13 %, т.е. увеличится в 1,85 раз, что обуславливает соответствующее снижение величины общей деформации  $\varepsilon$ .

Однако, с другой стороны, учитывая зависимость (2), при увеличении  $q$  с 35 до 68 кПа, общая относительная деформация  $\varepsilon$  увеличится в 1,94 раза и в итоге суммарный рост  $\varepsilon$  не превысит 5 %.

Этот вывод дополнительно подчеркивает целесообразность оптимизации параметров воздействия штапов трелевочной системы на мерзлый почвогрунт с целью увеличения числа проходов и выполнения природоохранных требований.

Разработанные методические положения легли в основу пробных расчетов по выявлению адекватности математической модели технологическим условиям эксплуатации трелевочных систем при их циклическом воздействии на мерзлый почвогрунт. Данные модели, во многом основаны на походах и результатах ранее выполненных работ [16-20].

На данном этапе исследований за рамками расчетов остались процессы разрушения почвогрунта, формирования первичного ядра и дополнительного уплотнения в его пределах сжимаемого слоя. Эти факторы будут определять увеличение величины  $\bar{p}$  по мере углубления колеи и погружения колеса в почвогрунт, особенно при высоких значениях влажности и давления штапов. С увеличением глубины колеи необходимо также учитывать понижение температуры  $T$  почвогрунта, рост модуля  $E$  и соответствующее снижение общих деформаций. Рост льдистости с глубиной будет способствовать повышению пластичности деформируемого почвогрунта.

Следовательно, выполненные расчеты необходимо принимать как нижнюю границу области возможных значений уплотнения мерзлых почвогрунтов.

На рис. 8 приведены графические зависимости  $\bar{p}$  от  $N$  для талого (а) и мерзлого (б) суглинка при прохождении соответственно 10-колесного и 4-колесного форвардеров.

На рис. 8, а: кривая 1 соответствует сухому почвогрунту с  $W=0,15$  и  $q=35$  кПа, кривая 2 – влажному с  $W=0,5$  и  $q=35$  кПа, кривая 3 -  $W=0,5$  и  $q=27$  кПа (использование гусениц).

На рис. 8, б при  $q=68$  кПа: кривая 4 соответствует сухому почвогрунту с  $W=0,15$ , кривая 5 – влажному с  $W=0,5$ .

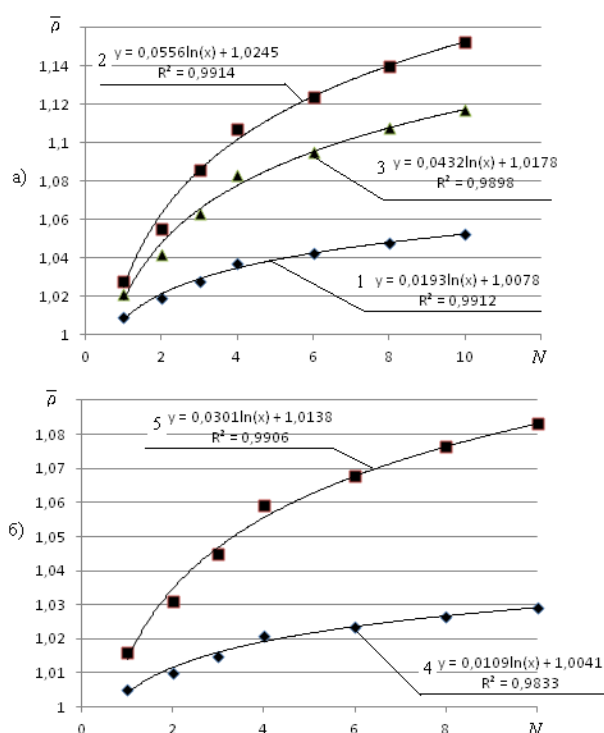


Рис. 8. Зависимость величины относительного уплотнения от количества циклов воздействия штампов на грунт:

а) талый суглинок; б) мерзлый суглинок

1 - сухой почвогрунт,  $W=0,15$ ,  $q=35$  кПа;

2 – влажный почвогрунт,  $W=0,5$ ,  $q=35$  кПа;

3 - влажный почвогрунт,  $W=0,5$  и  $q=27$  кПа

(использование гусениц); 4 - сухой почвогрунт,

$W=0,15$ ; 5 – влажный почвогрунт,  $W=0,5$

Представленные данные позволяют количественно оценить эффект от применения различных систем в конкретных климатических и технологических условиях.

Таким образом, результаты выполненных исследований и произведенные оценки влияния параметров трелевочной системы, температуры, влажности, льдистости, физико-механических свойств и состояния мерзлого почвогрунта на процесс его деформирования можно принять в качестве исходных требований при моделировании и оптимизации процесса циклического уплотнения почвогрунта.

## Библиографический список

1. G. Sparchez, R. Derczeni, E. Iordache, V. Drosos. The impact of different carriages on soil and trees during skidding in the romanian forests. Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Series II: Forestry . Wood Industry .Agricultural Food Engineering . Vol. 2 (51) .2009.P.35-44
2. S. Ticu, V. Alexandru. Aspects regarding forest pollution with dust provoked by timber road transportation. Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Series II: Forestry . Wood Industry .Agricultural Food Engineering . Vol. 5 (54) No. 1 .2012.P.115-122
3. Шапиро, В. Я. Деформация и циклическое уплотнение почвогрунта между грунтозацепами крупногабаритных лесных шин / В. Я. Шапиро, И. В. Григорьев // Техника и технология. 2006. № 2. С. 94-100.
4. Исследование механических процессов циклического уплотнения почвогрунта при динамических нагрузках / В. Я. Шапиро, И. В. Григорьев, А. И. Жукова, В. А. Иванов // Вестник КрасГАУ. – 2008. – № 1. – С. 163-175.
5. Котляренко, В. И. Основные направления повышения проходимости колесных машин / В. И. Котляренко - М., 2008 – 285 с.

6. Григорьев, И. В. Совершенствование конструкции активного полуприцепа форвардера на базе сельскохозяйственного колесного трактора / И. В. Григорьев, А. А. Чураков // Транспортные и транспортно-технологические системы: Матер. Междунар. науч.-техн. конференции ; отв. ред. Н. С. Захаров. – 2018.– С. 84-88.
7. Агейкин, Я. С. Вездеходные колесные и комбинированные движители / Я. С. Агейкин. - М. : Машиностроение, 1972. – 184 с.
8. Велли, Ю. Я. Здания и сооружения на крайнем Севере / Ю. Я. Велли, В. В. Докучаев, Н. Ф. Федоров. - Л. : Госстройиздат. 1963. – 492 с.
9. Цытович, Н. А. Механика мерзлых грунтов / Н. А. Цытович. - М. : Высш. шк., 1983. – 288 с.
10. Вялов, С. С. Реология мерзлых грунтов / С. С. Вялов. – М. : Стройиздат, 2000. – 464 с.
11. Иоспа, А. В. Комплексные исследования свойств мерзлых грунтов при изысканиях крупных инфраструктурных проектов / А. В. Иоспа // Технологии проектирования и строительства фундаментов на вечномёрзлых грунтах : матер. Междунар. науч.-техн. конференции. – М., 2014. – С. 4-8.
12. Ледовые строительные площадки, дороги и переправы / Н. Н. Бычковский, Ю. А. Гурьянов ; под общ. ред. Н. Н. Бычковского. – Саратов, 2005. – 260 с.
13. Роман, Л. Т. Модуль деформации мерзлых грунтов при компрессионных испытаниях / Л. Т. Роман, П. И. Котов, М. Н. Царапов // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2016. – № 5. – С. 35-40.
14. Шапиро, В. Я. Использование цепей Маркова для прогноза эффективности ПИФов [Текст] / В. Я. Шапиро, Н. А. Шапиро // В сб.: Экономическое развитие: теория и практика: Матер. междунар. науч. конференции. – 2007. – С. 79-81.
15. Шапиро, В. Я. Моделирование портфельных инвестиций в условиях негативных сценариев развития фондового рынка / В. Я. Шапиро, Н. А. Шапиро // Финансы и кредит. – 2008. – № 15 (303). – С. 39-51.
16. Математическое моделирование процесса уплотнения мерзлого почвогрунта под воздействием лесных машин и трелевочных систем / С. Е. Рудов [и др.] // Системы. Методы. Технологии. – 2018. – № 3 (39). – С. 73-78.
17. Ivanov V.A. et al. Environment-friendly logging in the context of water logged soil and knob-and-ridge terrain // Journal of Mechanical Engineering Research and Developments. 2018. Т. 41. № 2. С. 22-27. (вклад по авторам из ЯГСХА 0,5)
18. Manukovsky A.Y. et al. Increasing the logging road efficiency by reducing the intensity of rutting: mathematical modeling // Journal of Mechanical Engineering Research and Developments. 2018. Т. 41. № 2. P. 35-41.
19. Zhuk A.Yu. et al. Modelling of indenter pressed into heterogeneous soil // Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. Т. 13. № S8. P. 6419-6430.
20. Grigorev M. et al. Experimental findings in forest soil mechanics // Eurasian Journal of Biosciences. – 2018. – Volume 12, Issue 2. – P. 277-287.

### References

1. G. Sparchez, R. Derczeni, E. Iordache, V. Drosos. The impact of different carriages on soil and trees during skidding in the romanian forests. Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Series II: Forestry . Wood Industry .Agricultural Food Engineering. Vol. 2 (51). 2009. P. 35-44.
2. S. Ticu, V. Alexandru. Aspects regarding forest pollution with dust provoked by timber road transportation. Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Series II: Forestry . Wood Industry. Agricultural Food Engineering. Vol. 5 (54). No. 1. 2012. P. 115-122.
3. SHapiro V. YA., Grigor'ev I. V. Deformaciya i ciklichesкое uplotnenie pochvogrunta mezhdu gruntozacepami krupnogabaritnyh lesnyh shin // Tekhnika i tekhnologiya. 2006. № 2. S. 94-100.

4. Shapiro V. YA., Grigor'ev I. V., Zhukova A. I., Ivanov V. A. Issledovanie mekhanicheskikh processov ciklicheskogo uplotneniya pochvogrunta pri dinamicheskikh nagruzkah // Vestnik KrasGAU. 2008. № 1. S. 163-175.
5. Kotlyarenko V. I. Osnovnye napravleniya povysheniya prohodimosti kolesnykh mashin. M. MGIU, 2008. 285 s.
6. Grigor'ev I. V., Churakov A. A. Sovershenstvovanie konstrukcii aktivnogo polupricepa forvardera na baze sel'skohozyajstvennogo kolesnogo traktora // Transportnye i transportno-tekhnologicheskie sistemy: Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii. Otv. red. N. S. Zaharov. 2018. S. 84-88.
7. Agejkin YA. S. Vezdekhodnye kolesnye i kombinirovannye dvizhiteli. M.: Mashinostroenie. 1972. 184 s.
8. Velli, YU. YA., Dokuchaev V. V., Fedorov N. F. Zdaniya i sooruzheniya na krajnem Severe. L.: Gosstrojizdat. 1963. 492 s.
9. Cytovich N. A. Mekhanika merzlykh gruntov. M., «Vysshaya shkola». 1983. 288 s.
10. Vyalov S. S. Reologiya merzlykh gruntov. M.: Strojizdat. 2000. 464 s.
11. Iospa A. V. Kompleksnye issledovaniya svojstv merzlykh gruntov pri izyskaniyah krupnykh infrastrukturnykh proektov // Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii «Tekhnologii proektirovaniya i stroitel'stva fundamentov na vechnomerzlykh gruntah» M. 16-17 oktyabrya 2014. S. 4-8.
12. Bychkovskij N. N., Gur'yanov YU. A. Ledovye stroitel'nye ploshchadki, dorogi i perepravy / Pod obshchej redakciej N.N Bychkovskogo. Saratov. 2005. 260 s.
13. Roman L. T., Kotov P.I., Carapov M.N. Modul' deformacii merzlykh gruntov pri kompressionnykh ispytaniyah // Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov. 2016. № 5. S. 35-40.
14. Shapiro V. YA. Ispol'zovanie cepej Markova dlya prognoza ehffektivnosti PIFov / V. YA. Shapiro, N. A. Shapiro // EHkonomicheskoe razvitiye: teoriya i praktika: Materialy mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii. Predsedatel' redakcionnogo soveta Bojko I.P. 2007. S. 79-81.
15. Shapiro V. YA., SHapiro N. A. Modelirovanie portfel'nykh investicij v usloviyah negativnykh scenariyev razvitiya fondovogo rynka // Finansy i kredit. 2008. №15(303). S. 39-51.
16. Rudov S. E. et al. Matematicheskoe modelirovanie processa uplotneniya merzlogo pochvogrunta pod vozdejstviem lesnykh mashin i trelevochnykh sistem // Sistemy. Metody. Tekhnologii. 2018. № 3 (39). S. 73-78.
17. Ivanov V.A. et al. Environment-friendly logging in the context of water logged soil and knob-and-ridge terrain // Journal of Mechanical Engineering Research and Developments. 2018. T. 41. № 2. S. 22-27. (vklad po avtoram iz YAGSKHA 0,5)
18. Manukovsky A. Y. et al. Increasing the logging road efficiency by reducing the intensity of rutting: mathematical modeling // Journal of Mechanical Engineering Research and Developments. 2018. T. 41. № 2. R. 35-41.
19. Zhuk A. Yu. et al. Modelling of indenter pressed into heterogeneous soil // Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. T. 13. № S8. R. 6419-6430.
20. Grigorev M. et al. Experimental findings in forest soil mechanics // Eurasian Journal of Biosciences, 2018. Volume 12, Issue 2, pp. 277-287.

### Сведения об авторах

*Рудов Сергей Евгеньевич* – старший преподаватель кафедры № 3 ФГБОУ ВО «Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М. Буденного», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, e-mail: 89213093250@mail.ru.

*Шапиро Владимир Яковлевич* – профессор кафедры Высшей математики ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, e-mail: shapiro54vlad@mail.ru.

*Григорьев Игорь Владиславович* – профессор кафедры «Технология и оборудование лесного комплекса» ФГБОУ ВО «Якутская государственная сельскохозяйственная академия», г. Якутск, Российская Федерация; e-mail: silver73@inbox.ru.

*Куницкая Ольга Анатольевна* - профессор кафедры «Технология и оборудование лесного комплекса» ФГБОУ ВО «Якутская государственная сельскохозяйственная академия», г. Якутск, Российская Федерация; e-mail: ola.ola07@mail.ru.

*Григорьев Михаил Федосеевич* – старший преподаватель кафедры «Технология и оборудование лесного комплекса» ФГБОУ ВО «Якутская государственная сельскохозяйственная академия», г. Якутск, Российская Федерация; e-mail: grig\_mf@mail.ru.

*Пучнин Александр Николаевич* – старший преподаватель кафедры Землеустройства и ландшафтной архитектуры ФГБОУ ВО «Якутская государственная сельскохозяйственная академия», г. Якутск, Российская Федерация; e-mail: ntobumdrevprom@mail.ru.

### Information about the authors

*Rudov Sergey Evgen'evich* – senior lecturer of the Department No. 3 FGWO IN the "Military Academy of communications named after Marshal of the Soviet Union S. M. Budyonny", Saint-Petersburg, Russian Federation, e-mail: 89213093250@mail.ru.

*Shapiro Vladimir Yakovlevich*-Professor of the Department of Higher mathematics, St. Petersburg state forest engineering University named after S. M. Kirov, St. Petersburg, Russian Federation, e-mail: shapiro54vlad@mail.ru.

*Igor Grigoriev Vladislavovich*-Professor of the Department "technology and equipment of the forest complex" fgbou VO "Yakutsk state agricultural Academy", Yakutsk, Russian Federation, e-mail: silver73@inbox.ru.

*Kunitskaya Olga Anatolievna* - Professor of the Department "technology and equipment of the forest complex" fgbou VO "Yakutsk state agricultural Academy", Yakutsk, Russian Federation, e-mail: ola.ola07@mail.ru.

*Grigoriev Mikhail Fedoseevich*-senior lecturer of the Department "technology and equipment of the forest complex" fgbou VO "Yakutsk state agricultural Academy", Yakutsk, Russian Federation, e-mail: grig\_mf@mail.ru.

*Putnin Alexander Nikolaevich* – senior lecturer of the Department of Land management and landscape architecture of the "Yakut state agricultural Academy", Yakutsk, Russian Federation, e-mail: ntobumdrevprom@mail.ru.

DOI: 10.12737/article\_5c92016fc37239.43354129

УДК 630\*323.12

### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПИЛЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ БЕНЗИНОМОТОРНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

аспирант **И.Н. Троянов**<sup>1</sup>

кандидат технических наук, доцент **В.В. Абрамов**<sup>1</sup>

кандидат технических наук, доцент **Л.Д. Бухтояров**<sup>1</sup>

кандидат технических наук, доцент **А.С. Черных**<sup>1</sup>

доктор технических наук, профессор **Д.Н. Афоничев**<sup>2</sup>

1 – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация

2 – ФГБОУ ВО ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», г. Воронеж, Российская Федерация

Целью исследований представленных в статье является разработка математической модели процесса поперечного пиления древесины при срезании дерева цепным пильным аппаратом для оценки удельных энергозатрат, а также создание на ее основе программного обеспечения для научно-обоснованного выбора оптимального комплекта бензино-моторного инструмента в индивидуальных лесозексплуатационных условиях разрабатываемых лесосек. Предлагаемая методика расчета удельных энергозатрат процесса поперечного пиления древесины является дополнением теории резания для случая веерной подачи цепного режущего органа при выполнении обрабатываемых операций лесосечных ра-

бот. Разработанный на ее основе математический аппарат для исследования процесса поперечного пиления древесины чувствителен к большому количеству воздействующих факторов – диаметр предмета труда, состав насаждения, влажность, межзаточный период, мощность привода бензопилы, шаг цепи, снижение ограничителя подачи, ширина пропила, скорость цепи, масса одного метра цепи, ее длина и монтажное натяжение. Это позволяет: прогнозировать результаты выполнения обрабатываемых операций в конкретных лесозаготовительных условиях разрабатываемых лесосек и подбирать наилучшие сочетания бензопилы, пильной шины и пильной цепи по показателю удельных энергозатрат; производить предварительную оценку конструкций пильной цепи на стадии эскизного проектирования по режущим и эксплуатационным свойствам; а также оптимизировать конструктивные параметры цепей и других элементов срезающего устройства для заданного сочетания размерно-качественных характеристик предмета труда. Предлагаемое программное обеспечение для ЭВМ создает широкие возможности внедрения полученных результатов исследования в реальное производство и позволяет повысить эффективность процесса пиления древесины при срезании дерева бензопилой. Это было подтверждено на примере лесозаготовительной компании ООО «ЛК Кедр» (г. Сергиев Посад, июль 2017 г.), где в результате имитационного эксперимента были определены оптимальные комплекты бензиномоторного инструмента для выполнения валки деревьев: бензопила Husqvarna 357 + шина "15" + цепь 25 RM и Stihl S 260 + шина "15" + 26 RM. Их применение на предприятии по сравнению с ранее используемым вариантом (бензопила Husqvarna 357 + шина "16" + цепь 35 RM) позволяет снизить удельные энергозатраты на 9 % и 7 % соответственно.

**Ключевые слова:** бензиномоторный инструмент, пиление древесины, лесосечные работы, имитационное моделирование, удельные энергозатраты.

### IMPROVING THE EFFICIENCY OF SAW CUTTING USING GASOLINE ENGINE TOOLS

Post-graduate student **I N Troyanov**<sup>1</sup>

PhD (Engineering), Associate Professor **V.V. Abramov**<sup>1</sup>

PhD (Engineering), Associate Professor **L.D. Bukhtoyarove**<sup>1</sup>

PhD (Engineering), Associate Professor **A.S. Chernykh**<sup>1</sup>

DSc (Engineering), Professor **D.N. Afonichev**<sup>2</sup>

1 – FSBEI HE Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russian Federation

2 – FSBEI HE "Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I", Voronezh, Russian Federation

#### Abstract

The purpose of the research presented in the article is to develop a mathematical model of the process of timber cross-cutting when cutting a tree with a chain saw apparatus for estimating specific energy consumption, and creating software for a scientifically-based choice of the optimal set of gasoline-powered tools in individual logging sites based on it. The proposed method of calculating specific energy consumption of the process of transverse wood sawing is an addition to the theory of cutting for the case of the fan-shaped supply of a chain cutting body when performing cutting for logging operations. A mathematical apparatus for studying the process of wood cross-cutting developed on its basis is sensitive to a large number of influencing factors - the diameter of the object of labor, the composition of the plantation, humidity, the sharpening period, the power of the chainsaw, the pitch of the chain, the reduction of the feed limiter, the width of the cut, the speed of the chain, the mass of one chain meter, its length and mounting tension. This enables: to predict the results of processing operations in specific forest operating conditions of the developed cutting areas and select the best combination of chainsaw, saw bar and saw chain in terms of specific energy consumption; make a preliminary assessment of the saw chain designs at the stage of preliminary design for cutting and operational properties; and also to optimize the design parameters of chains and other elements of cutting device for a given combination of dimensional and quality characteristics of the subject of labor. The proposed computer software creates wide possibilities for implementing the obtained research results into actual production and improves the efficiency of wood

sawing process when cutting timber with a chainsaw. This has been confirmed by the example of LK Kedr logging company (Sergiev Posad, July 2017), where, as a result of a simulation experiment, the optimal sets of gasoline-powered tools for making trees have been identified: Husqvarna 357 chainsaw + tire "15" + chain 25 RM and Stihl S 260 + tire "15" + 26 RM. Their use in the enterprise reduces the specific energy consumption by 9% and 7%, respectively, compared to the previously used option (Husqvarna 357 chainsaw + tire "16" + chain 35 RM).

**Keywords:** gasoline engine tool, wood sawing, logging, imitation modeling, specific energy consumption.

Основные направления развития лесозаготовок находятся в области снижения энергоемкости производственных процессов, роста производительности труда и уменьшения негативных экологических последствий окружающей среде [1, 5, 13]. Совершенствование лесосечных работ по обозначенным позициям традиционно реализуется путем разработки новых технологий, конструкций инструмента или технических средств для их реализации, а также за счет выявления так называемых «узких мест» или внутренних резервов повышения эффективности в производстве, в том числе, на основе создания автоматизированных систем управления технологическими процессами [2, 9, 10, 14].

В настоящее время на валке деревьев, обрезке сучьев и раскряжке хлыстов широко используются бензопилы, особенно когда другие средства ограничены в работе: по своим техническим возможностям (из-за рельефа местности, несущей способности грунтов, крупности деревьев); лесоводно-экологическими требованиями (повреждаемость оставляемых деревьев, сохраняемость подроста, доля технологических площадей); экономической целесообразностью (освоение разрозненных лесосек с небольшими объемами лесопользования). Эффективность выполнения обрабатываемых операций на лесосеке во многом определяет выбор технологии и комплекта бензиномоторного инструмента, метода, параметров и последовательности разработки пазеки и ленты, а также учет индивидуальных особенностей мотористов [4, 6, 8]. Большое количество сравниваемых вариантов, широкий диапазон изменения природно-производственных условий разрабатываемых лесосек и параметров рубок, различная квалификация и утомляемость исполнителей, а также необходимость многосторонней оценки процесса затрудняет принятие, на основе известных исследований, оптимальных научно-обоснованных решений в данном

вопросе. В этой связи, целесообразна разработка автоматизированной системы проектирования лесосечных работ с 3-уровневой структурой совершенствования выполнения обрабатываемых операций, где осуществляется последовательное обоснование оптимального комплекта бензиномоторного инструмента, технологии и организации труда и параметров проводимой рубки с позиции энергоемкости, производительности, трудозатрат, лесоводственного и экологического ущерба лесной среде. На первом уровне системы при решении вопроса научно-обоснованного выбора лучшего сочетания бензопилы, пильной шины и пильной цепи в заданных условиях производства и природной среды предполагается оценка большого количества сравниваемых альтернатив при широком диапазоне изменения размерно-качественных характеристик обрабатываемых предметов труда. В такой ситуации необходимо использовать современные методы и средства моделирования и оптимизации производственных процессов [15]. Опираясь на многолетний успешный опыт их применения на кафедре ЛПМСиС ВГЛТУ проф. Иевлевым И.А. и проф. Пошарниковым Ф.В. [3] была получена математическая модель процесса срезания дерева цепным пильным аппаратом для прогнозирования удельных энергозатрат, учитывающая количество веерообразных приемов при выполнении основного реза в зависимости от диаметра дерева и длины пильной шины (рис. 1).

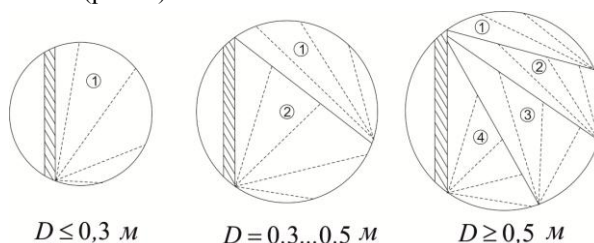


Рис. 1. Приемы выполнения основного реза на валке деревьев бензиномоторным инструментом

Методика расчета удельных энергозатрат на процесс поперечного пиления древесины с веерным надвиганием цепного пильного аппарата предполагает последовательное определение: скорости подачи с учетом ограничения по мощности привода и прочности пильной цепи; толщины стружки, снимаемой при пиление каждым зубом пильной цепи; удельной работы резания; усилия резания; тягового усилия цепи для преодоления суммарного сопротивления пилению; мощности затрачиваемой на пиление; производительности чистого пиления; продолжительности чистого пиления; общих энергозатрат.

Удельные энергозатраты на 1 м<sup>3</sup> заготовленной древесины

$$\mathcal{E}_{y_0} = \frac{\mathcal{E}_{общ}}{V_{хл}}, \quad (1)$$

где  $\mathcal{E}_{общ}$  – общие энергозатраты на процесс пиления, кВт·с;

$V_{хл}$  – средний объем хлыста на лесосеке, м<sup>3</sup>.

Удельные энергозатраты на 1 м<sup>2</sup> площади пропила с учетом расчетной схемы представленной на рис.2

$$\mathcal{E}_{y_0} = \frac{\mathcal{E}_{общ}}{\pi R^2 \left(1 - \frac{\alpha}{360}\right) + \frac{(x_0 - x_1)(y_2 - y_0)}{2}}, \quad (2)$$

где  $R$  – радиус поперечного сечения дерева в плоскости срезания, м;

$\alpha$  – угол сектора CMD, град.;

$x_{0i}$  – абсцисса центра поперечного сечения дерева в плоскости срезания, м;

$x_1$  – абсцисса центра вращения цепного пильного аппарата в принятой системе прямоугольных координат, м;

$y_2$  – ордината точки М, м;

$y_{0i}$  – ордината центра поперечного сечения дерева в плоскости срезания, м.

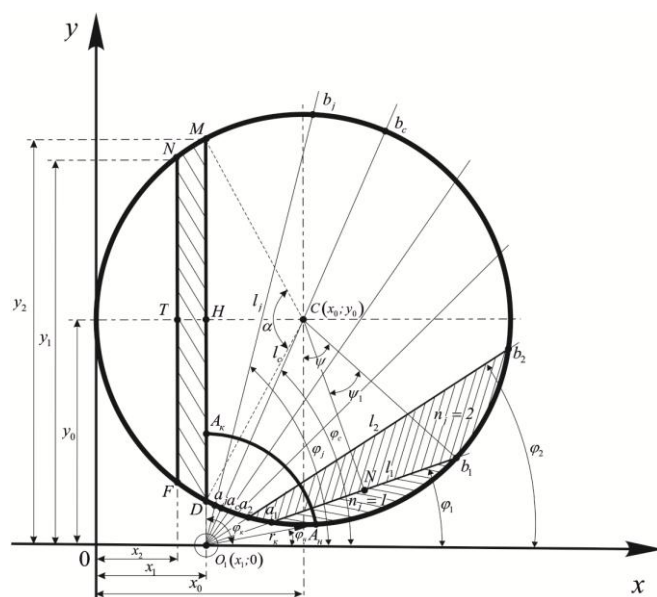


Рис. 2. Расчетная схема к определению геометрических параметров взаимодействия цепного пильного аппарата с предметом труда в процессе поперечного пиления

Общие энергозатраты на выполнение основного реза на валке дерева

$$\mathcal{E}_{общ} = N_p t_{ч.п.}, \quad (3)$$

где  $N_p$  – фактическое значение мощности затрачиваемой на пиление, Вт;

$t_{ч.п.}$  – продолжительность чистого пиления, с.

Мощность затрачиваемая на пиление

$$N_p = \frac{z_m v_u}{\eta_0}, \quad (4)$$

где  $z_m$  – тяговое усилие, создаваемое пильной цепью для преодоления суммарного сопротивления пилению, Н;

$v_u$  – скорость движения пильной цепи, м/с;

$\eta_0$  – к.п.д. кинематических пар, передающих вращающий момент от двигателя к ведущей звездочки пильного аппарата.

Тяговое усилие, создаваемое пильной цепью для преодоления суммарного сопротивления пилению

$$z_m = P_p (1 + a \mu) + 2,08 m_u l_u q \mu + 0,08 z_0, \quad (5)$$

где  $P_p$  – фактическое значение усилия резания, Н;

$a$  – коэффициент пропорциональности между усилием резания и усилием подачи;



$\mu$  – коэффициент трения пильной цепи по направляющей шине;

$m_u$  – масса 1 погонного метра, кг;

$l_u$  – общая длина пильной цепи, м;

$q$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$z_0$  – монтажное натяжение цепи, Н.

Среднее значение усилия резания

$$P_p = \frac{\sum_{j=1}^j P_{pj} S_j}{\pi R^2 \left( 1 - \frac{\alpha}{360} \right) + \frac{(x_0 - x_1)(y_2 - y_0)}{2}}, \quad (6)$$

где  $P_{pj}$  – среднее усилие резания за период  $j$ -го фрагмента пиления, Н;

$S_j$  – площадь  $j$ -го фрагмента пиления, м<sup>2</sup>.

Среднее усилие резания за период  $j$ -го фрагмента пиления с учетом расчетной схемы на рис. 3

$$P_{pj} = k_j \cdot b \cdot H_j \frac{U^*}{v_u}, \quad (7)$$

где  $k_j$  – среднее значение удельной работы резания, Дж/м<sup>3</sup>;

$b$  – ширина пропила, м;

$H_j$  – средняя высота пропила за период  $j$ -го фрагмента пиления, м;

$U^*$  – наименьшее значение скорости подачи из двух ограничений (по мощности привода и прочности пильной цепи), м/с.

$$S_j = R_i^2 \left( \arcsin \frac{2n_{j+1}t_u}{R_i} - \arcsin \frac{2n_j t_u}{R_i} \right) - 2t_u \left( n_{j+1} \sqrt{R_i^2 - n_{j+1}^2 t_u^2} - n_j \sqrt{R_i^2 - n_j^2 t_u^2} \right), \quad (8)$$

где  $n_j$  – количество разноименных зубьев одновременно участвующих в начале пиления  $j$ -го фрагмента;

$n_{j+1}$  – количество разноименных зубьев одновременно участвующих в конце пиления  $j$ -го фрагмента;

$t_u$  – шаг цепи по осям заклепок, м.

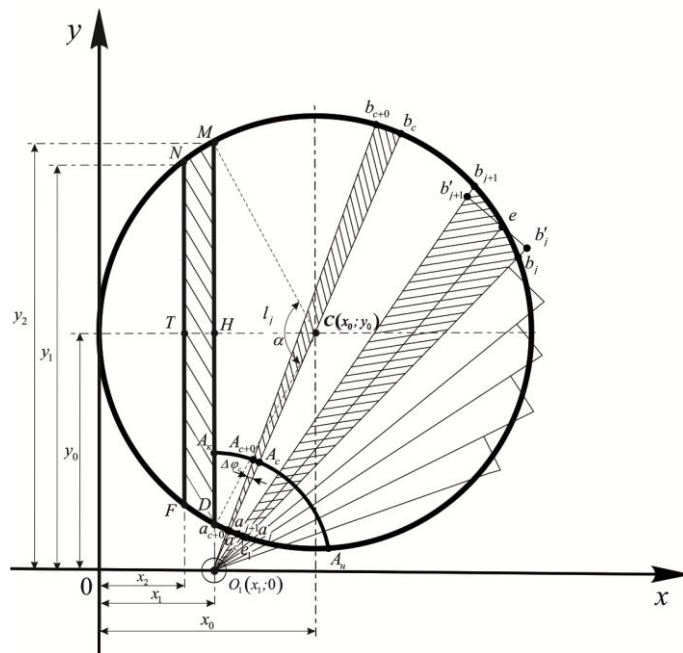


Рис. 3. Расчетная схема к определению режимных характеристик процесса поперечного пиления древесины с верным надвиганием цепного пильного аппарата на предмет труда

Площадь  $j$ -го фрагмента пиления

$$S_j = R_i^2 \left( \arcsin \frac{2n_{j+1}t_u}{R_i} - \arcsin \frac{2n_j t_u}{R_i} \right) - 2t_u \left( n_{j+1} \sqrt{R_i^2 - n_{j+1}^2 t_u^2} - n_j \sqrt{R_i^2 - n_j^2 t_u^2} \right), \quad (8)$$

где  $n_j$  – количество разноименных зубьев одновременно участвующих в начале пиления  $j$ -го фрагмента;  $n_{j+1}$  – количество разноименных зубьев

одновременно участвующих в конце пиления  $j$ -го фрагмента;  $t_u$  – шаг цепи по осям заклепкам, м.

В общем случае за период времени  $\tau_j$  в пропиле одновременно находится  $n_j$  разноименных зубьев, причем  $n_j \in \left\{ 0, 1, 2, \dots, \frac{2R}{t_s} \right\}$ ,

где  $t_s$  – шаг между одноименными режущими зубьями цепи, м.

Среднее значение удельной работы резания

$$k = \frac{2,65 \cdot 10^5}{(h_{zij} b)^{0,33}} a_n a_w a_p a_t, \quad (9)$$

где  $h_{zij}$  – среднее значение суммарной толщины стружки, которая снимается каждым зубом за время  $j$ -го фрагмента пиления, м;

$a_n$  – коэффициент, учитывающий породу древесины;

$a_w$  – коэффициент, учитывающий влажность древесины;

$a_p$  – коэффициент, учитывающий температуру древесины;

$a_t$  – коэффициент, учитывающий степень затупления режущих кромок зуба.

Среднее значение суммарной толщины стружки, снимаемое каждым зубом за время  $j$ -го фрагмента пиления

$$h_{zij} = \frac{S_j}{H_j N_{zj}}, \quad (10)$$

где  $N_{zj}$  – общее число зубьев цепи, которые взаимодействовали с древесиной за время  $j$ -го фрагмента пиления.

Средняя высота пропила за период  $j$ -го фрагмента пиления

$$H_j = 4(n_j + n_{j+1})t_u. \quad (11)$$

Общее число зубьев цепи, которые взаимодействовали с древесиной за время  $j$ -го фрагмента пиления

$$N_{zj} = \frac{7|\varphi_{j+1} - \varphi_j|}{4m_0} \left( \sqrt{(R_i - x_1)^2 + y_{0i}^2} + R_i \right), \quad (12)$$

где  $m_0$  – снижение ограничителя подачи, м.

$\varphi_j$  – угол поворота направляющей пильной шины, соответствующий началу  $j$ -го фрагмента пиления, рад.;

$\varphi_{j+1}$  – угол поворота направляющей пильной шины, соответствующий концу  $j$ -го фрагмента пиления, рад.

Угол поворота направляющей пильной шины соответствующий началу  $j$ -го фрагмента пиления

$$\varphi_{j(j+1)} = \frac{\pi}{2} + \arctg \frac{(x_1 - R_i)y_{0i} + A_{j(j+1)} \sqrt{(x_1 - R_i)^2 + y_{0i}^2 - A_{j(j+1)}^2}}{A_{j(j+1)}^2 - y_{0i}^2}, \quad (13)$$

$$\text{где } A_{j(j+1)} = \sqrt{R_i^2 - n_{j(j+1)}^2 t_u^2}.$$

Продолжительность чистого пиления определится следующим образом:

$$t_{ч.п.} = \frac{4t_u}{m_0 v_u} \left( \sqrt{(R - x_1)^2 + y_0^2} + R \right). \quad (14)$$

Производительность чистого пиления

$$\Pi_{ч.п.} = \frac{m_0 v_u \left( \pi R^2 \left( 1 - \frac{\alpha}{360} \right) + \frac{(x_0 - x_1)(y_2 - y_0)}{2} \right)}{4t_u \left( \sqrt{(R - x_1)^2 + y_0^2} + R \right)}. \quad (15)$$

Скорость подачи ограниченная мощностью привода пильной цепи

$$U_m \leq \left[ \frac{[N_H \eta_0 - (2,08 m_u l_u q \mu + 0,08 z_0) v_u] (4t_u)^{0,33}}{2,65 \cdot 10^5 a_n a_w a_p a_t v_u^{0,33} b^{0,67} H (1 + a \mu)} \right]^{1,5}, \quad (16)$$

где  $N_H$  – мощность двигателя привода цепи,

Вт;

$\eta_0$  – КПД кинематических пар, передающих вращающий момент от двигателя к ведущей звездочки пильного аппарата;

$q$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Скорость подачи ограниченная прочностью пильной цепи

$$U_{np} \leq \left[ \frac{[z_{раз} - (2,08 m_u l_u q \mu + 0,08 z_0) - (z_0 + z_u + z_{дун}) v_u^{0,67} (4t_u)^{0,33}]}{2,65 \cdot 10^5 a_n a_w a_p a_t b^{0,67} H (1 + a \mu)} \right]^{1,5}, \quad (17)$$

где  $z_{раз}$  – допустимое разрывное усилие, Н;

$z_{\text{ц}}$  – натяжение пильной цепи под действием центробежных сил, Н;

$z_{\text{дин}}$  – динамические усилия, возникающие вследствие неравномерности движения звеньев пильной цепи при зацеплении с ведущей звездочкой и направляющим устройством, Н.

Таким образом, нами были формализованы все необходимые зависимости, отражающие закономерности связей, характеризующих процесс среза деревьев при веерной подаче цепного пильного механизма бензопилы. В своей совокупности они представляют обобщенную детерминированную математическую модель выполнения основного реза на валке деревьев, имеющую многоцелевое назначение.

На основе представленной математической модели процесса поперечного пиления древесины цепным пильным аппаратом создано программное обеспечение для ЭВМ в среде Delphi, позволяющее достоверно прогнозировать показатели работы различных вариантов комплектования бензиномоторного инструмента в заданных размерно-качественных характеристиках древостоя и по минимуму удельных энергозатрат обосновывать оптимальное сочетание бензопилы, пильной шины, пильной цепи. Блок-схема алгоритма программы для ЭВМ по обоснованию оптимального комплекта бензиномоторного инструмента представлена на рис. 4. Первые два блока алгоритма включают процедуры выбора комплекта бензиномоторного инструмента. Блоки 3, 4, 5 предназначены для ввода характеристик природно-производственных условий, а также параметров бензопилы, пильной шины и пильной цепи. Блоки 6, 7, 8 и 9 содержат вычислительные процедуры расчета: показателей кинематики процесса; силовых параметров пиления; производительности чистого пиления и продолжительности чистого пиления; а также энергетических

показателей (для всех отобранных для сравнения альтернативных вариантов). В блоке 10 производится сравнение вариантов и выбор оптимального из них. Если условие оптимальности соблюдается, то управление в алгоритме передается на блок 11 для графического вывода результатов расчета. В противном случае, управление передается блоку 3 или 4, с которого начинается количественная оценка очередного из альтернативных вариантов. База данных для проведения имитационных экспериментов на представленной математической модели создана и расширяется постоянно на основе нормативно-справочной информации действующей в отрасли и предлагаемой производителями бензопил и их комплектующих, а также характеристик природно-производственных условий, для которых рекомендовано применение сравниваемых вариантов. Интерфейсные формы компьютерной программы «Программа для моделирования процесса пиления древесины бензиномоторным инструментом» [12] для ввода исходных данных представлены на рис. 5. Там можно видеть 12 выбранных для сравнения в имитационном эксперименте вариантов комплектования бензопил Husqvarna 357 и Stihl S 260 на примере разрабатываемой лесосеки в лесозаготовительной компании ООО «ЛК Кедр» (Московская область, г. Сергиев Посад, июль 2017 г.). Результаты вычислительного эксперимента представлены на рис. 6. В качестве двух предлагаемых вариантов для данного предприятия оказались бензопила Husqvarna 357 + шина "15" + цепь 25 RM и Stihl S 260 + шина "15" + 26 RM. Это позволило по сравнению с используемым на предприятии вариантом (бензопила Husqvarna 357 + шина "16" + цепь 35 RM) уменьшить удельные энергозатраты на 9 % и 7 %.

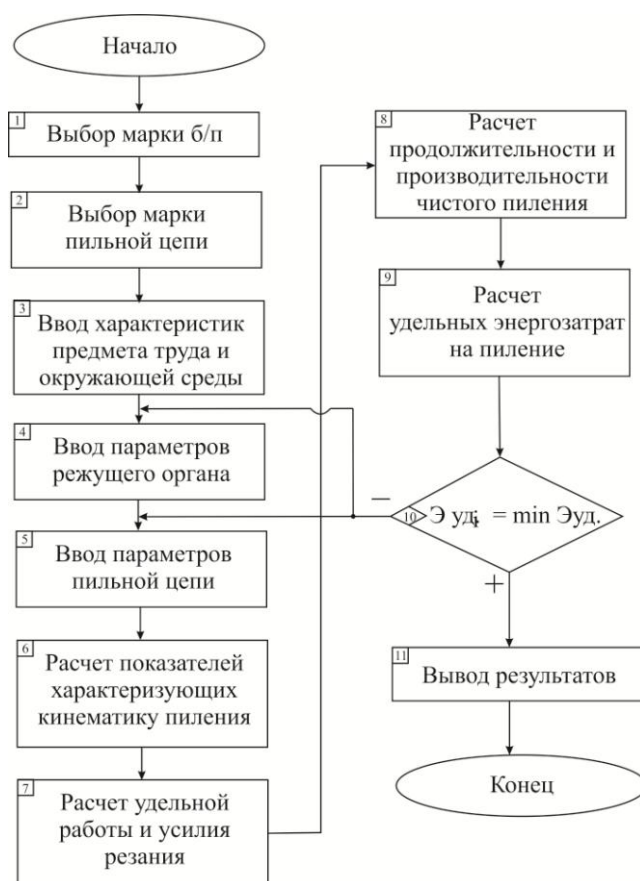


Рис. 4. Блок-схема алгоритма программы для ЭВМ по обоснованию оптимального комплекта бензиномоторного инструмента

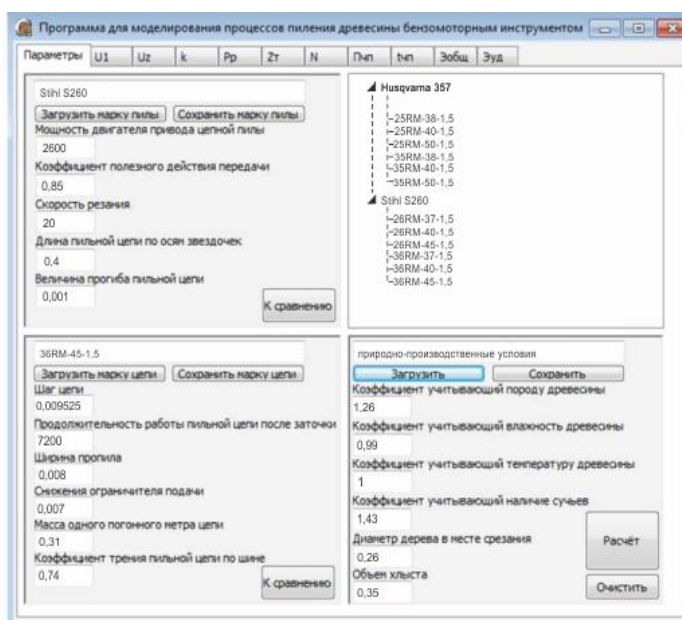


Рис. 5. Интерфейсная форма ввода данных компьютерной программы для имитационного эксперимента

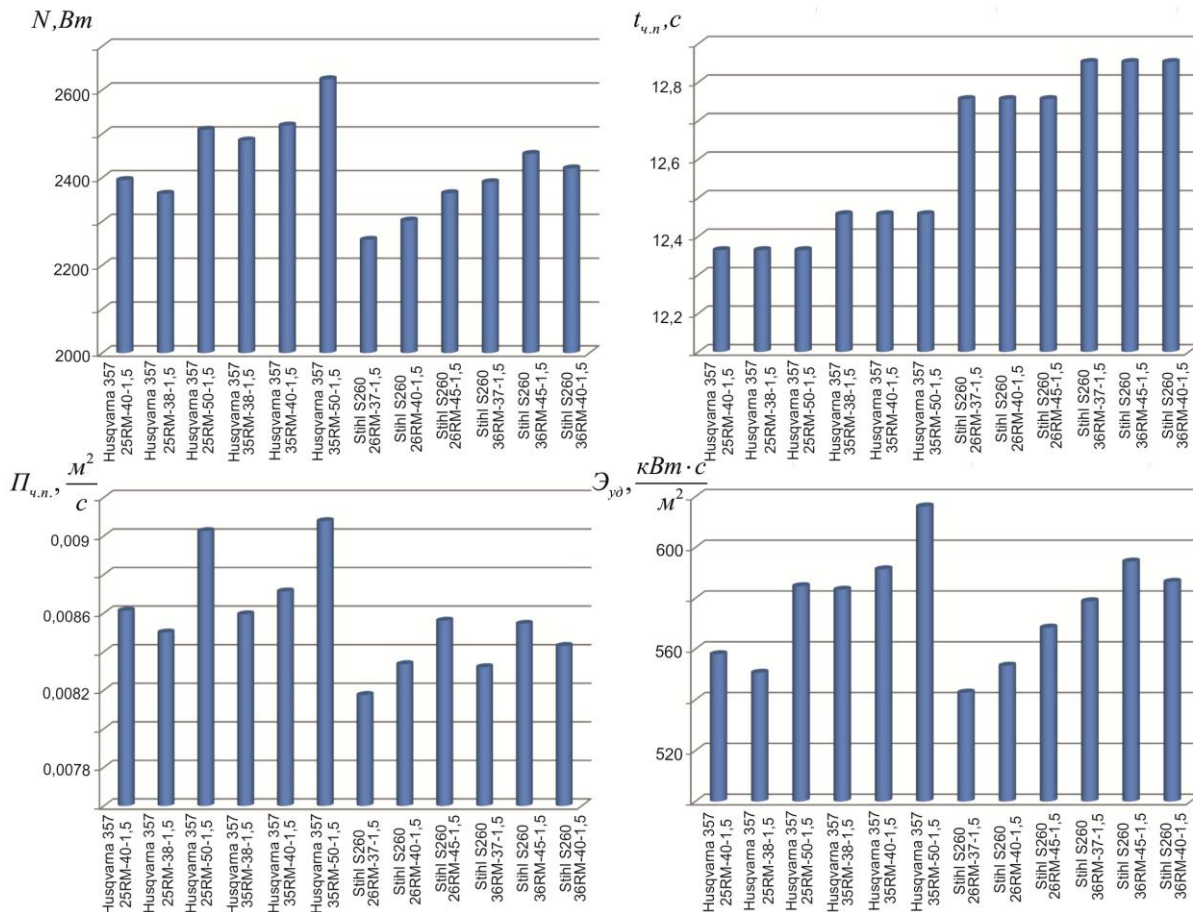


Рис. 6. Результаты имитационного эксперимента по расчету удельных энергозатрат для сравниваемых комплектов бензиномоторного инструмента

Представленный математический аппарат для исследования процесса пиления древесины чувствителен к большому количеству факторов:  $N_H, m_c, l_c, z_0, v_c, t_c, m_0, a_n, a_w, a_p, a_t, R$ . Сравнение результатов имитационных экспериментов на основе разработанной математической модели с данными лабораторных и производственных экспериментов ряда ученых [7, 11] подтверждает достаточно хорошую их сходимость – 3...6 %.

Использование данного математического аппарата с программным обеспечением рекомендуется для: оценки конструкций пильной цепи на стадии эскизного проектирования, как по режущим, так и эксплуатационным свойствам; оптимизации конструктивных параметров цепей и других элементов срезающего устройства с учетом изменения размерно-качественных характеристик предмета труда; прогнозирования удельных энергозатрат на процесс срезания дерева и выбора наилучшего ком-

плекта бензиномоторного инструмента в заданных условиях разрабатываемых лесосек, а также обоснования режима его работы.

Предлагаемая методика расчета удельных энергозатрат процесса поперечного пиления древесины является существенным дополнением теории резания, так как в подавляющем большинстве случаев при использовании цепного режущего органа применяется веерная подача, а созданная на ее основе компьютерная программа для ЭВМ создает широкие возможности внедрения полученных результатов исследования в реальное производство и позволяет повысить эффективность процесса пиления древесины бензиномоторным инструментом. Положительное решение вопроса обоснования оптимального комплекта бензиномоторного инструмента в индивидуальных природно-производственных условиях разрабатываемых лесосек дает возможность приступить к созданию 2-го и 3-го

уровня автоматизированной системы по совершенствованию обрабатываемых операций лесосечных работ, где будут ставиться вопросы научно-обоснованного выбора технологии, организации труда и параметров проводимой рубки с позиции

приведенных удельных энергозатрат, производительности, трудоемкости процесса, а также лесоводственного и экологического ущерба лесной среде.

### Библиографический список

1. Абрамов, В. В. Разработка и обоснование эффективной технологии трелевки в малолесных районах : дис. ... канд. техн. наук : 05.21.01: защищена 24.04.09 / В. В. Абрамов. – Воронеж, 2009. – 366 с.
2. Белкин, М. А. Алгоритмы технического обслуживания и ремонта современных бензиномоторных инструментов / М. А. Белкин // Строительные и дорожные машины. – 2017. – № 5. – С. 42-44.
3. Бондаренко, А. В. Моделирование природно-производственных условий в задачах исследования первичного транспорта леса в горной местности [Электронный ресурс] / А. В. Бондаренко, В. В. Абрамов, Ф. В. Пошарников // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 2 (40). – Режим доступа: [www.science-education.ru/102-5518](http://www.science-education.ru/102-5518).
4. Бензиномоторные пилы. Устройство и эксплуатация : учеб. / О. Н. Галактионов [и др.]. – СПб., 2017. – 206 с.
5. Герц, Э. Ф. Рациональная организация выборочной рубки с использованием бензиномоторной пилы и мини-трактора / Э. Ф. Герц, Н. Н. Теринов // Пермский аграрный вестник. – 2017. – № 4 (20). – С. 152-157.
6. Основные ошибки вальщиков, приводящие к выходу из строя бензиномоторных пил / А. В. Гончаров, И. В. Григорьев, О. А. Куницкая, М. Ф. Григорьев // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2018. – № 10. – С. 17-21.
7. Совместное влияние влажности и температуры древесины сосны на энергоемкость процесса поперечного пиления / И. В. Григорьев [и др.] // Системы. Методы. Технологии. – 2014. – № 2 (22). – С. 157-162.
8. Анализ общих закономерностей влияния стажа работы оператора на производительность технологического процесса производства сортиментов с использованием харвестера / М. Н. Дмитриева, И. В. Григорьев, М. В. Степанищева, И. Н. Дмитриева // Системы. Методы. Технологии. – 2015. – № 1 (25). – С. 157-161.
9. Заикин, А. Н. Методика автоматизированного оперативного планирования лесосечных работ / А. Н. Заикин, И. И. Теремкова // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2017. – № 3 (54). – С. 102-109.
10. Заикин, А. Н. Методика расчета продолжительности и оценки энергозатрат работы лесосечных машин / А. Н. Заикин, Е. Г. Рыжикова // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2015. – № 1 (343). – С. 94-102.
11. Иевлев, А. И. Моделирование и оптимизация лесопромышленных процессов : тексты лекций в 2 ч. Ч. 1 / А. И. Иевлев, И. А. Сидельников. – Воронеж, 1997. – 70 с.
12. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018617824. Программа для моделирования процесса пиления древесины бензиномоторным инструментом / Л. Д. Бухтояров, А. С. Черных, Д. Н. Афоничев, В. В. Абрамов, И. Н. Троянов, И. В. Бурдуковский (РФ). – Правообладатель: ФГБОУ ВО Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова (RU). – № 2018614830, заявлено 15.05.2018; зарегистрировано 02.06.2018.
13. Substantiation and valuation of effectiveness softer spective constructions of forest tractor sancillary equipment / V. P. Posmetyev [et al.] // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2016. – Vol. 11 № 3. – P. 1840-1855.
14. Shegelman I. Optimization of a forest harvesting set based on the Queueing Theory: Case study from Karelia / I. Shegelman, P. Budnik, E. Morozov // Lesnícky časopis – Forestry Journal. – 2015. – № 61(4). – P. 211-220.

15. Zelikov, V. A. Substantiation Based on Simulation Modeling of Hitch for Tillage Tools Parameters / V. A. Zelikov, V. I. Posmetiev, M. A. Latysheva // World Applied Sciences Journal. – 2014. – № 30(4). – P. 486-492.

### References

1. Abramov V. V. *Razrabotka i obosnovaniye effektivnoy tekhnologii trelevki v malolesnykh rayonakh* [Development and justification of efficient technology for skidding in low forest areas Cand. of technical sci. Diss]. Voronezh, 2009, 366 p. (In Russian).
2. Belkin M. A. *Algoritmy tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta sovremennykh benzinomotornykh instrumentov* [Algorithms of maintenance and repair of modern gasoline-powered tools]. *Stroitel'nyye i dorozhnyye mashiny* [Construction and road machines]. 2017, no. 5, pp. 42-44. (In Russian).
3. Bondarenko A. V., Abramov V. V., Posharnikov F. V. *Modelirovaniye prirodno-proizvodstvennykh usloviy v zadachakh issledovaniya pervichnogo transporta lesa v gornoy mestnosti* [Modeling of natural and industrial conditions in the tasks of research of primary forest transport in mountainous areas]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and education]. 2012, no. 2 (40). Electronic resource – mode of access: [www.science-education.ru/102-5518](http://www.science-education.ru/102-5518).
4. Galaktionov O. N., Gasparyan G. D., Grigoriev I. V. [et al.]. *Benzinomotornyye pily. Ustroystvo i ekspluatatsiya Gasoline saws* [Gasoline saws. Device and operation]. St. Petersburg, 2017, 206 p. (In Russian).
5. Hertz E. F., Terinov N. N. *Ratsional'naya organizatsiya vyborochnoy rubki s ispol'zovaniyem benzinomotor-noy pily i mini-traktora* [Rational organization of selective logging using a gasoline-powered saw and a mini-tractor]. *Permskiy agrarnyy vestnik* [Perm Agrarian Journal]. 2017, no. 4 (20), pp. 152-157. (In Russian).
6. Goncharov A. V., Grigoriev I. V., Kunitskaya O. A., Grigoriev M. F. *Osnovnyye oshibki val'shchikov, privodyashchiye k vykhodu iz stroya benzinomotornykh pil* [The main errors of fellers, leading to failure of gasoline-powered saws]. *Remont. Vosstanovleniye. Modernizatsiya*. [Repair, Reconditioning, Modernization]. 2018, no. 10, pp. 17-21.
7. Grigoriev I. V., Khitrov E. G., Ivanov V. A., Zhdanovich V. I., Derbin M. V. *Sovmestnoye vliyaniye vlazhnosti i temperatury drevesiny sosny na energoyemkost' protsessa poperechnogo pileniya* [The combined effect of temperature and humidity of pine wood on the energy intensity of the transverse sawing process]. *Sistemy. Metody. Tekhnologii*. [Systems. Methods Technology]. 2014, no. 2 (22), pp. 157-162. (In Russian).
8. Dmitrieva M. N., Grigoriev I. V., Dmitrieva I. N., Stepanischeva M. V. *Analiz obshchikh zakonomernostey vliyaniya stazha raboty operatora na proizvoditel'nost' tekhnologicheskogo protsessa proizvodstva sortimentov s ispol'zovaniyem kharvestera* [Analysis of the general patterns of the influence of operator experience on the productivity of the technological process of production of assortments using a harvester]. *Sistemy. Metody. Tekhnologii*. [Systems. Methods Technology]. 2015, no. 1 (25), pp. 157-161. (In Russian).
9. Zaikin A. N., Teremkova I. I. *Metodika avtomatizirovannogo operativnogo planirovaniya lesosechnykh rabot* [Methods of automated operational planning of logging work]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Vestnik of Voronezh State Agrarian University]. 2017, no. 3 (54), pp. 102-109. (In Russian).
10. Zaikin A. N., Teremkova I. I. *Metodika rascheta prodolzhitel'nosti i otsenki energozatrat raboty lesosechnykh mashin* [The method of calculating the duration and estimation of the energy consumption of logging machines]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal* [Bulletin of higher educational institutions. Lesnoy zhurnal]. 2015, no. 1 (343), pp. 102-109.
11. Ievlev A. I., Sidelnikov I. A. *Modelirovaniye i optimizatsiya lesopromyshlennykh protsessov* [Modeling and optimization of forestry processes]. Voronezh, 1997, 70 p. (In Russian).
12. Bukhtoyarov L. D., Chernykh A. S., Afonichev D. N. [et al.]. *Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM RF* [Certificate of state registration of computer program RU]. *Programma dlya modelirovaniya protsessa pileniya drevesiny benzinomotornym instrumentom* [Program for simulating the process of sawing wood with a gasoline-powered tool]. No. 2018614830, 2018.

13. Posmetyev V. P., Zelikov V. A., Drapalyuk M. V., Latysheva M. A., Shatalov E. V. Substantiation and valuation of effectiveness of perspective constructions of forest tractor ancillary equipment. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 2016, Vol. 11, no. 3, pp. 1840-1855.

14. Shegelman I., Budnik P., Morozov E. Optimization of a forest harvesting set based on the Queueing Theory: Case study from Karelia. Lesnícky časopis - Forestry Journal, 2015, no. 61(4), pp. 211-220.

15. Zelikov V. A., Posmetiev V. I., Latysheva M. A. Substantiation Based on Simulation Modeling of Hitch for Tillage Tools Parameters. World Applied Sciences Journal, 2014, no. 30(4), pp. 486-492.

### Сведения об авторах

*Троянов Игорь Николаевич* – аспирант кафедры лесной промышленности, метрологии, стандартизации и сертификации ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail.ru: troyanovi@mail.ru.

*Абрамов Виталий Викторович* – доцент кафедры лесной промышленности, метрологии, стандартизации и сертификации ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», кандидат технических наук, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail.ru: vitali1980a@mail.ru.

*Бухтояров Леонид Дмитриевич* – доцент кафедры лесной промышленности, метрологии, стандартизации и сертификации ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», кандидат технических наук, доцент, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail.ru: vglta-mlx@yandex.ru.

*Черных Александр Сергеевич* – доцент кафедры лесной промышленности, метрологии, стандартизации и сертификации ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», кандидат технических наук, доцент, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail.ru: as-umu@mail.ru.

*Афоничев Дмитрий Николаевич* – профессор кафедры электротехники и автоматики ФГБОУ ВО ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», доктор технических наук, профессор, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail.ru: dmafonichev@yandex.ru.

### Information about authors

*Troyanov Igor Nikolayevich* – Postgraduate Student of the Department of Forest Industry, Metrology, Standardization and Certification, Federal State Budget Education Institution of Higher Education "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov", PhD student, Voronezh, Russian Federation; e-mail: troyanovi@mail.ru.

*Abramov Vitaly Viktorovich* – Associate Professor of the Department of Forest Industry, Metrology, Standardization and Certification, Federal State Budget Education Institution of Higher Education "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov", PhD (Engineering), Voronezh, Russian Federation; e-mail: vitali1980a@mail.ru.

*Bukhtoyarov Leonid Dmitrievich* – Associate Professor of the Department of Forest Industry, Metrology, Standardization and Certification, Federal State Budget Education Institution of Higher Education "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov", PhD (Engineering), Associate Professor, Voronezh, Russian Federation; e-mail: vglta-mlx@yandex.ru.

*Chernykh Alexander Sergeevich* – Associate Professor of the Department of Forest Industry, Metrology, Standardization and Certification, Federal State Budget Education Institution of Higher Education "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov", PhD (Engineering), Associate Professor, Voronezh, Russian Federation; e-mail: as-umu@mail.ru.

*Afonichev Dmitriy Nikolayevich* – Professor of the Department of Electrical Engineering and Automatics of Federal State Budget Education Institution of Higher Professional Education "Voronezh State Agricultural University named after Emperor Peter the Great", DSc (Engineering), Professor, Voronezh, Russian Federation; e-mail: dmafonichev@yandex.ru.



## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФАНЕРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

доктор технических наук, профессор **Е.М. Разиньков**<sup>1</sup>,

кандидат технических наук, доцент **Т.Л. Ищенко**<sup>1</sup>

1 – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»,

г. Воронеж, Российская Федерация

Одними из наиболее важных вопросов повышения эффективности фанерного производства является увеличение объемного выхода и качества шпона при лущении чурака. Объемный выход шпона зависит от ряда факторов таких как диаметры чурака и карандаша и сортности сырья. При одних и тех же значениях параметров как диаметр чурака, его длина и сортность сырья можно увеличить объемный выход шпона из чурака за счет уменьшения диаметра карандаша в виде недолущенного цилиндра. В отечественном производстве диаметр карандаша составляет обычно 75-80 мм и связан он, в основном, с совершенством оснащения станка поддерживающими чурок устройствами в процессе его лущения (поддерживающими роликами), препятствующими вибрации чурака, а также с диаметром зажимных кулачков. В отечественной промышленности используются в основном такие модели станков как ЛУ 17-4, ЛУ 17-10, 2НВ-66, 3ВККТ-66 и некоторые другие, позволяющие производить лущение чурака длиной 1,65 м с получением карандаша указанного выше диаметра. В настоящее время Китай, Германия производят и поставляют в различные страны бесшпиндельные лущильные станки с получением диаметра карандаша 40 мм (модели ВХQ(J)1820, ВХQ(J)1827, SL2600/5В и др.). Они предназначены для долущивания шпона после оцилиндровки чурака на лущильном станке, которые показали свою эффективность на практике. Качество шпона при лущении чурака определяется в основном разнотолщинностью и шероховатостью его поверхности. Эти два параметра в большой мере зависят от степени обжима шпона ( $g$ , %), что не позволяет распространяться опережающей трещине при лущении шпона. Степень обжима шпона зависит от толщины шпона ( $S_{ш}$ , мм) и величины просвета ( $S_0$ , мм) между режущей кромкой лущильного ножа и нажимной кромкой прижимной линейки, которую устанавливает на станке лущильщик. Цель работы состояла в доказательстве эффективности использования в технологии фанеры бесшпиндельных лущильных станков за счет возможности получения диаметра карандаша, равного 40 мм, что позволяет увеличить количество получаемого шпона, а также в получении аналитических зависимостей определения величины просвета между режущей кромкой лущильного ножа и нажимной кромкой прижимной линейки, упрощающих работу лущильщика.

**Ключевые слова:** лущеный шпон, чурок, карандаш, лущильный станок, объемный выход шпона, степень обжима шпона, величина просвета между ножом и прижимной линейкой, экономическая эффективность

## ENHANCING THE EFFICIENCY OF PLYWOOD PRODUCTION

DSc (Engineering), Professor **E.M. Razinkov**<sup>1</sup>,

PhD (Engineering), Associate Professor **T.L. Ishchenko**<sup>1</sup>

1 – FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov»,

Voronezh, Russian Federation

### Abstract

One of the most important issues of increasing the efficiency of plywood production is to increase the volume output and quality of veneer during rotary cut. The volume yield of veneer depends on a number of factors such as the diameters of block and core and the grade of raw material. With the same values of such parameters as the diameter of block, its length and grade of raw material it is possible to increase the volume yield of veneer from the block by reducing the diameter of core in the form of undershot cylinder. In domestic production, core diameter is usually 75-80 mm

and it is mainly associated with the perfect equipment of the machine with block supporting devices in the process of peeling (supporting rollers) that prevent vibration of the block, as well as with the diameter of the jaws. Such machine models as the LU 17-4, LU 17-10, 2HV-66, 3VKKT-66 and some others are mainly used in the domestic industry, which enables to peel a block of 1.65 m long producing a core of the above diameter. At present, China, Germany produce and supply spindleless wood peeling machines obtaining a core diameter of 40 mm (BXQ (J) 1820, BXQ (J) 1827, SL2600 / 5B models, etc.) to various countries. They are intended for addition veneer peeling after block roundup on a peeling machine, which have shown their effectiveness in practice. The quality of veneer during block peeling is determined mainly by the difference in thickness and roughness of its surface. These two parameters to a large extent depend on the degree of veneer compression (g, %), which does not allow the advance crack to spread when the veneer is peeling. The degree of veneer crimping depends on the veneer thickness ( $S_v$ , mm) and the distance ( $S_o$ , mm) between the cutting edge of peeling knife and pressing edge of the clamping bar, which is installed on the machine. The aim of the work has been to prove the efficiency of using spindleless machine tools in plywood technology by making it possible to obtain a block diameter of 40 mm, which enables to increase the amount of produced veneer, as well as to obtain analytical dependencies for determining the clearance between the cutting edge of peeling knife and the pressure edge of the clamping bar simplifying the work of the cultivator.

**Keywords:** peeled veneer, block, core, peeling machine, volumetric veneer yield, degree of veneer crimping, clearance between knife and clamping bar, economic efficiency

Бесшпиндельные лущильные станки предназначены для получения шпона методом бесцентрового лущения чурака. Вращательное движение чураку придают приводные вальцы, расположенные с передней стороны станка, которые также служат упором для удержания заготовки. Современные станки укомплектованы системой ЧПУ для контроля процесса и дисплеем для настройки толщины шпона и других параметров лущения.

Методом исследования на первом этапе являлась разработка аналитических зависимостей, определяющих разницу в объемах получаемого сырого шпона на бесшпиндельных лущильных станках и станках, оснащенных шпинделем, с получением соответствующей зависимости для расчета экономической эффективности использования таких станков. Разработка таких зависимостей сводилась к следующему.

Объем получаемого из одного чурака шпона ( $V_{ш}$ , м<sup>3</sup>) тесно связан с диаметром карандаша формулой (1) [1 - 5]

$$V_{ш} = \frac{D_{ч} \times (K_1 \times D_{ч} - K_2) - 0,78 D_{к}^2 - 11}{10^4} \times L_{ч}, \text{ м}^3, \quad (1)$$

где  $D_{ч}$  – диаметр чурака, см;  $D_{к}$  – диаметр карандаша, см;  $L_{ч}$  – длина чурака, м;

$K_1$ ,  $K_2$  – коэффициенты, значения которых зависят от сортности сырья и породы древесины.

Для березового сырья 1-го сорта  $K_1 = 0,76$ ,  $K_2 = 1,6$ ; 2-го сорта  $K_1 = 0,75$ ,  $K_2 = 2,1$ .

Произведем анализ этой формулы на предмет влияния на конечный результат диаметра карандаша. В качестве породы древесины примем березу, как наиболее применяемую в фанерном производстве [6 - 7].

Диаметр ( $D_{ч}$ ) и длину чурака ( $L_{ч}$ ) примем реальными для отечественных фанерных предприятий, равными соответственно 26 см и 1,6 м (для фанеры общего назначения [8 - 11]).

Определим значения  $V_{ш}$  для диаметров карандашей 40 и 75 мм при использовании бесшпиндельных лущильных станков и станков, оснащенных шпинделями.

Для диаметра карандаша 40 мм и сырья 1-го сорта

$$V_{ш} = [26(0,76 \times 26 - 1,6) - 0,78 \times 4^2 - 11] \times 1,6 : 10^4 = 0,0718 \text{ м}^3 \quad (2)$$

Для диаметра 75 мм и сырья 1-го сорта

$$V_{ш} = [26(0,76 \times 26 - 1,6) - 0,78 \times 7,5^2 - 11] \times 1,6 : 10^4 = 0,0668 \text{ м}^3 \quad (3)$$

Для диаметра 40 мм и сырья 2-го сорта

$$V_{ш} = [26(0,75 \times 26 - 2,1) - 0,78 \times 4^2 - 11] \times 1,6 : 10^4 = 0,0687 \text{ м}^3 \quad (4)$$

Для диаметра 75 мм и сырья 2-го сорта

$$V_{ш} = [26(0,75 \times 26 - 2,1) - 0,78 \times 7,5^2 - 11] \times 1,6 : 10^4 = 0,0636 \text{ м}^3 \quad (5)$$

Результаты показывают, что при использовании сырья 1-го сорта увеличение объемного выхода шпона при диаметре карандаша 40 мм будет на 7,5 %, чем при диаметре 75 мм. При использовании сырья 1-го сорта увеличение объемного выхода шпона при диаметре карандаша 40 мм будет на 8,0%, чем при диаметре 75 мм.

Для расчета экономической эффективности предприятия за счет использования бесшпиндельных лущильных станков необходимо вывести соответствующие формулы. Для этого произведем соответствующие расчеты для предприятия с годовым объемом производства фанеры, например, марки ФК 30000 м<sup>3</sup> (Q<sub>г</sub>) при использовании для лущения чураков диаметром, например, 26 см. Как показывает опыт работы фанерных предприятий расход чураков такого диаметра на 1 м<sup>3</sup> фанеры составляет около 2,4 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> (g). Следовательно, на годовую программу производства фанеры требуется 72000 м<sup>3</sup> чураков (Q<sub>чур</sub>).

$$Q_{\text{чур}} = g \times Q_{\text{г}}, \text{ м}^3 \quad (6)$$

Разделим общее количество чураков по сортам исходя из того, что в среднем на предприятиях находится около 40 % сырья 1-го сорта (P<sub>1</sub>) и около 60 % – 2-го сорта (P<sub>2</sub>). В результате получим

$$Q_{\text{чур}1} = (Q_{\text{чур}} \times P_1) \times 10^{-2} = 72000 \times 40 \times 10^{-2} = 28800 \text{ м}^3 \quad (7)$$

$$Q_{\text{чур}2} = (Q_{\text{чур}} \times P_2) \times 10^{-2} = 72000 \times 60 \times 10^{-2} = 43200 \text{ м}^3 \quad (8)$$

Количество сухого шпона, выходящего из сырья каждого сорта примем: для 1-го сорта – 54 (P<sub>сух.1</sub>) для 2-го сорта – 51 % (P<sub>сух.2</sub>). При таком количестве сухого шпона посортный объем сухого шпона определится

$$Q_{\text{сух.1}} = Q_{\text{чур}1} \times P_{\text{сух.1}} = (28800 \times 54) \times 10^{-2} = 15552 \text{ м}^3 \quad (9)$$

$$Q_{\text{сух.2}} = Q_{\text{чур}2} \times P_{\text{сух.2}} = (43200 \times 51) \times 10^{-2} = 22032 \text{ м}^3 \quad (10)$$

Количество сырого шпона, выходящего из сырья каждого сорта составит

$$Q_{\text{сыр.1}} = (Q_{\text{сух.1}} \times 100) : (100 - a_1) = 15552 \times 100 : 86 = 18084 \text{ м}^3, \quad (11)$$

a<sub>1</sub> - коэффициент потерь на усушку, % (примем равным 14 %).

$$Q_{\text{сыр.2}} = (Q_{\text{сух.2}} \times 100) : (100 - a_1) = 22032 \times 100 : 86 = 25619 \text{ м}^3 \quad (12)$$

При таких значениях расход сырого шпона на 1 м<sup>3</sup> фанеры составит

$$R = (Q_{\text{сыр.1}} + Q_{\text{сыр.2}}) : Q_{\text{г}} = (18084 + 25619) : 30000 = 1,46 \text{ м}^3 \text{ сыр. шпона/м}^3 \text{ фанеры} \quad (13)$$

$$\text{или } R = g(P_1 \times P_{\text{сух.1}}/100 + P_2 \times P_{\text{сух.2}}/100) : (100 - a_1), \text{ м}^3 \text{ сыр. шпона/м}^3, \quad (14)$$

где R – расход сырого шпона на 1 м<sup>3</sup> фанеры, м<sup>3</sup> сыр. шпона/м<sup>3</sup> фанеры;

g – расход чураков на 1 м<sup>3</sup> фанеры, м<sup>3</sup> чур./м<sup>3</sup> фанеры; P<sub>1</sub> и P<sub>2</sub> – количество сырья соответственно 1-го и 2-го сорта, % от общего количества;

P<sub>сух.1</sub> и P<sub>сух.2</sub> – количество сухого шпона, выходящего из сырья каждого сорта, %;

a<sub>1</sub> – коэффициент потерь на усушку, %.

За счет использования бесшпиндельных лущильных станков годовая экономия составляет 7,5 % (Э кар., %) сырого лущеного шпона.

$$\text{Э сыр. ш.} = Q_{\text{сыр.}} \times \text{Э кар.}/100 = 43703 \times 7,5/100 = 3278 \text{ м}^3 \quad (15)$$

За счет такой экономии из 3278 м<sup>3</sup> сырого шпона можно изготовить фанеру объемом

$$Q_{\text{фан.}} = \text{Э сыр.ш.}/R = 3278 : 1,46 = 2245 \text{ м}^3 \quad (16)$$

При изготовлении предприятием, например, фанеры марки ФК толщиной 12 мм (цена 1 м<sup>3</sup> от 20 000 р. и выше) экономический эффект составит

$$\text{Э год.} = 20000 \times 2245 = 444900 \text{ тыс. р.} = 44 \text{ млн } 900 \text{ тыс. р.} \quad (17)$$

В конечном виде формула для определения экономического эффекта будет выглядеть в следующем виде:

$$\text{Э год} = (\text{Цф} \times Q_{\text{сыр.}} \times \text{Э кар.})(100 - a_1) : 100g(P_1 \times P_{\text{сух.1}}/100 + P_2 \times P_{\text{сух.2}}/100), \text{ тыс. р.}, \quad (18)$$

где Цф – цена 1 м<sup>3</sup> фанеры, р.;

Q<sub>сыр.</sub> – количество сырого шпона на весь объем фанеры, производимой предприятием, м<sup>3</sup>;

Э кар. – годовая экономия сырого шпона за счет использования бесшпиндельных станков, %;

a<sub>1</sub> – коэффициент потерь на усушку, %;

g – расход чураков на 1 м<sup>3</sup> фанеры, м<sup>3</sup> чур./м<sup>3</sup> фанеры;

P<sub>1</sub> и P<sub>2</sub> – количество сырья соответственно 1-го и 2-го сорта, % от общего количества;

P<sub>сух.1</sub> и P<sub>сух.2</sub> – количество сухого шпона, выходящего из сырья каждого сорта, %.

Таким образом, например, предприятие с годовой мощностью 30 000 м<sup>3</sup> фанеры марки ФК

может произвести дополнительно 2245 м<sup>3</sup> фанеры за счет увеличения производства сырого шпона на 7,5 % и за счет этого получить экономический эффект в сумме 44 млн 900 тыс. р./год.

Методом исследования на втором этапе являлось получение аналитических зависимостей определения величины просвета между режущей кромкой лущильного ножа и нажимной кромкой прижимной линейки, упрощающих работу лущильщика. Для этого воспользуемся схемой лущения чурака (рис. 1).

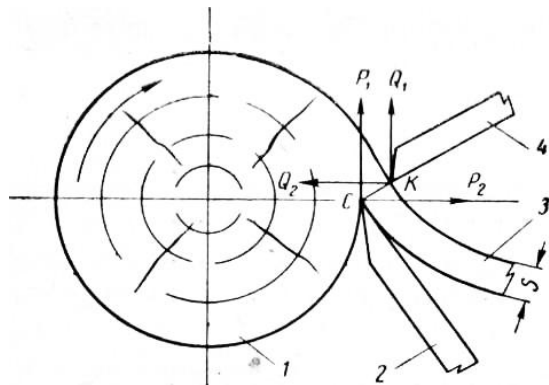


Рис. 1. Схема лущения шпона:

1 – чурак, 2 – лущильный нож, 3 – шпон, 4 – прижимная линейка

При лущении чурака 1 ножом 2 под действием силы  $P_1$  происходит срезание тонкой ленты древесины (шпона 3), а действие силы  $P_2$  приводит к изгибу или скалыванию древесины. При этом на оборотной стороне шпона образуются опережающие трещины, что повышает шероховатость поверхности, приводит к разнотолщинности шпона и даже к его обрыву. Чтобы уменьшить отрицательное действие силы  $P_2$  при лущении используют прижимную линейку 4, которая силой  $Q_2$  уменьшает действие силы  $P_2$ .

Прижимная линейка представляет собой стальную пластину с нажимной фаской и при лущении она сжимает шпон по линии СК. Величина такого сжатия характеризуется параметром  $g$ , а просвет по линии СК характеризует величину просвета  $S_0$ . Известна зависимость между параметрами  $S_0$  и  $g$  [12]

$$S_0 = S_{ш} (100 - g) / 100, \text{ мм}, \quad (19)$$

где  $S_{ш}$  – толщина получаемого шпона, равная величине подачи суппорта на один оборот шпинделя лущильного станка ( $U_n$ , мм/об), мм;

$g$  – степень обжима шпона, %.

Зная величину  $U_n$  оператор лущильного станка (лущильщик) устанавливает на станке необходимую величину подачи суппорта. Для этого он определяет сначала величину  $g$ , а затем правильно устанавливает просвет на величину  $S_0$ , вычисляя ее по формуле (1). При этом степень обжима шпона, при лущении различных пород древесины, определяется по формулам [12]

для березы, бука, ели, сосны и лиственницы:

$$g = 7 S_{ш} + 9, \% \quad (20)$$

для ольхи и липы:

$$g = 7 S_{ш} + 14, \% \quad (21)$$

Такие расчеты не очень удобны на практике.

Лучше связать величину  $S_0$  только с одним параметром – толщиной получаемого шпона  $S_{ш} = U_n$ . Для этого только следует в формулу (19) подставить значения из формул (20) и (21). При этом получим

для березы, бука, ели, сосны и лиственницы:

$$S_0 = (91 S_{ш} - 7 S_{ш}^2) \times 10^{-2}, \text{ мм} \quad (22)$$

для ольхи и липы:

$$S_0 = (86 S_{ш} - 7 S_{ш}^2) \times 10^{-2}, \text{ мм} \quad (23)$$

Поскольку в отечественной практике для лущения шпона используется в основном древесина березы (иногда бука) и сосна (иногда ель и лиственница) в табл. 1, для практического пользования, приведены результаты определения величины просвета по формуле (22) для этих пород и толщин шпона, регламентированных ГОСТ 99 – 2016 [13]. По полученным в таблице данным по формуле (19) найдены значения степени обжима шпона  $g$ , которые совпадают с значениями этого параметра, определенными по формуле (20), что доказывает справедливость формул (22) и (23). На рис. 2 наглядно показаны зависимости  $S_0 = F(S_{ш})$ .

Однако можно допустить, что несмотря на наличие известных формул Куликова В.А. и Чубова А.Б. (издание 1984 года) [12] полученные величины просвета по формулам (20) и (21) для толстого шпона (свыше 2 мм) возможно необходимо уточнять.

Величина просвета для регламентированных ГОСТ 99 – 2016 толщин шпона

Лиственные породы		Хвойные породы	
толщина шпона $S_{ш}$ , мм	величина просвета $S_0$ , мм	толщина шпона $S_{ш}$ , мм	величина просвета $S_0$ , мм
0,55	0,48	1,2	0,99
0,75	0,64	1,6	1,28
0,95	0,80	2,0	1,54
1,15	0,95	2,4	1,78
1,25	1,02	2,8	2,00
1,50	1,20	3,2	2,20
1,75	1,38	3,6	2,37
2,00	1,54	4,0	2,52
2,25	1,69	4,5	2,68
2,50	1,84	5,0	2,80
2,75	1,97	5,5	2,89
3,00	2,10	6,0	2,94
3,25	2,22	6,5	2,96
3,50	2,33		
3,75	2,43		
4,00	2,52		

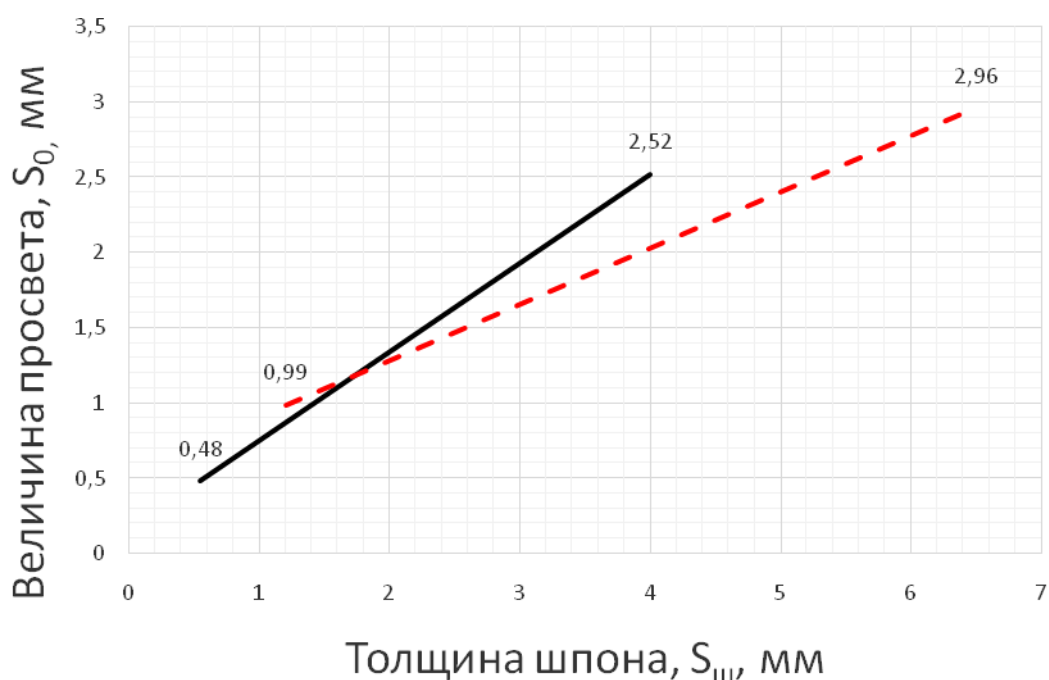


Рис. 2. Зависимость величины просвета от толщины шпона:  
сплошная линия для лиственных, пунктирная – для хвойных пород древесины

Вычисленные по этим формулам величины просвета для такого шпона очень большие. При таких больших значениях возможно смятие шпона при его лущении. Возможно эти формулы справедливы для тонкого шпона (до 2 мм), поскольку в то время на шпон лущенный существовал ГОСТ 99 – 75 [14], по которому толщина шпона должна быть от 0,35 до 4,0 мм, независимо листовые это породы древесины или хвойные, и в то время отечественные предприятия выпускали шпон толщиной, обычно, до 2 мм.

### Выводы

1. Повышение эффективности фанерного производства можно достигнуть за счет использования в технологии бесшпиндельных луцильных станков, позволяющих уменьшить диаметр карандаша до 40 мм. Это позволит увеличить количество получаемого шпона, и за счет этого можно изготовить дополнительное количество фанеры. Так, например, предприятие с

годовой мощностью 30000 м<sup>3</sup> фанеры марки ФК может произвести дополнительно 2245 м<sup>3</sup> фанеры за счет увеличения производства сырого шпона на 7,5 % и при этом получить экономический эффект в сумме 44 млн 900 тыс. р. /год. Кроме того, установленная в работе аналитическая связь между просветом и степенью обжима шпона упростит работу луцильщика при настройке станка по установке ножа и прижимной линейки.

2. Получены математические зависимости, определяющие все необходимые параметры для расчетов дополнительного количества сырого шпона, фанеры и экономической эффективности при использовании в технологии фанеры бесшпиндельных луцильных станков.

3. Установлена аналитическая связь просвета между луцильным ножом и прижимной линейкой, что упрощает расчеты определения просвета. Это подтверждают формула, табличные значения и графические зависимости.

### Библиографический список

1. Experimental study on flexural behavior of glulam and laminated veneer lumber beams / Liu W. Q. [et al.] // Modern bamboo structures: Conference: 1st International Conference on Modern Bamboo Structures Location: Hunan Univ, Changsha, PEOPLES R CHINA Date: OCT 28-30, 2007. – 2008. - P. 159-169.
2. Laminated veneer lumber from Rowan (*SorbusaucupariaLipsky*) / HS. Kol, H. Keskin, S. Korkut, T. Akbulut // African journal of agricultural research. – OCT 2009. – P. 1101-1105.
3. Бирюков, В. Г. Технология клееных материалов и древесных плит / В. Г. Бирюков. – М., 2012. – 292 с.
4. Волынский, В. Н. Технология клееных материалов [Электронный ресурс] : учеб.-справ. пособие / В. Н. Волынский. – СПб.; М.; Краснодар : Лань, 2012. – ЭБС «Лань».
5. Мурзин, В. С. Адгезионные свойства березового шпона / В. С. Мурзин // Деревообрабатывающая промышленность. – 1976. – № 5. – С. 4-5.
6. Разиньков, Е. М. Технология и оборудование клееных материалов : учеб. пособие / Е. М. Разиньков, В. С. Мурзин, Е. В. Кантиева. – Воронеж, 2013. – 291 с. – Электронная версия в ЭБС «ВГЛТУ».
7. Волынский, В. Н. Каталог деревообрабатывающего оборудования, выпускаемого в странах СНГ и Балтии / В. Н. Волынский. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во «АСУ-Импульс», 2003. – 380с.
8. Глебов, И. Т. Оборудование для производства и обработки фанеры [Электронный ресурс] : учеб. пособие / И. Т. Глебов, В. В. Глебов. – СПб.; М.; Краснодар : Лань, 2013. – 288с. – ЭБС «Лань».
9. Глебов, И. Т. Оборудование для производства и обработки фанеры [Электронный ресурс] : учеб. пособие / И. Т. Глебов, В. В. Глебов. – СПб.; М.; 2011, 210 с.
10. ГОСТ 3916.1 – 96. Фанера общего назначения с наружными слоями из шпона листовых пород.
11. Куликов, В. А. Технология клееных материалов и плит : учеб. / В. А. Куликов, А. Б. Чубов. – М. : Лесн. пром-сть, 1984. – 344 с.
12. ГОСТ 99-2016. Шпон лущенный. Технические условия. 18 с.
13. ГОСТ 99-75. Шпон лущенный. Технические условия. 16 с.

### References

1. Liu W. Q. [et al.] Experimental study on flexural behavior of glulam and laminated veneer lumber beams // Modern bamboo structures: Conference: 1st International Conference on Modern Bamboo Structures Location: Hunan Univ, Changsha, PEOPLES R CHINA: OCT 28-30, 2007. 2008. P. 159-169.
2. Kol H. S., Keskin H., Korkut S., Akbulut T. Laminated veneer lumber from Rowan (*SorbusaucupariaLipsky*) // African journal of agricultural research. OCT 2009. P.1101-1105.
3. Biryukov V. G. Tekhnologiya's unsociable persons of glued materials and wood-based panels. - M.: MGUL, 2012. 292 pages.
4. Volynsk V. N. Tekhnologiya of glued materials [Electronic resource]: educational handbook. - SPb.; M.; Krasnodar: Fallow deer, 2012. - EBS "Fallow deer".
5. Murzin V. S. Adhesive properties of birch interline interval. Woodworking promylenost. 1976. No. 5. p. 4-5.
6. Razinkov E. M., Murzin V. S., Kantiyeva E. V. Technology and equipment of glued materials. Voronezh, 2013. 291 p. Electronic version in EBS VGLTU.
7. Volynsk V. N. The catalog of the woodworking equipment which is let out in CIS and Baltic countries. 3rd prod., ispr. and additional. M.: ASU-Impuls publishing house, 2003. 380 p.
8. Glebov I. T., Glebov V. V. Equipment for production and processing of plywood [Electronic resource]: studies. grant. SPb.; M.; Krasnodar: Fallow deer, 2013. EBS "Fallow deer", 288 p.
9. Glebov I. T., Glebov V. V. Equipment for production and processing of plywood [Electronic resource]: studies. grant. SPb.; M.; 2011, 210 p.
10. GOST 3916.1 - 96. Plywood of general purpose with skins from interline interval of hardwood.
11. Sandpipers of VA., A.B. Tekhnologiya's Forelocks of glued materials and plates: The textbook for higher education institutions. M.:lesn. Prom-st, 1984. - 344 pages.
12. GOST 99-2016. The interline interval is hulled. Specifications, 18 pages.
13. GOST 99-75. The interline interval is hulled. Specifications, 16 pages

### Сведения об авторах

*Разиньков Егор Михайлович* – заведующий кафедрой механической технологии древесины ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», доктор технических наук, профессор, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: mtd.vrn@mail.ru.

*Ищенко Татьяна Леонидовна* – кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация.

### Information about authors

*Razinkov Egor Mikhaylovich* – Head of the department of mechanical technology of wood, FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», DSc (Engineering), Professor, Voronezh, Russian Federation; e-mail: mtd.vrn@mail.ru.

*Ischenko Tatiana Leonidovna* – FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», PhD (Engineering), Associate Professor, Voronezh, Russian Federation.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ЛЕСОПОЖАРНОЙ ГРУНТОМЕТАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ С ГИДРОПРИВОДОМ РОТОРА

доктор технических наук, профессор **М.В. Драпалюк**<sup>1</sup>

доктор технических наук, профессор **П.И. Попиков**<sup>1</sup>

аспирант **Д.С. Ступников**<sup>1</sup>

аспирант **А.В. Шаров**<sup>1</sup>

аспирант **Н.А. Шерстюков**<sup>1</sup>

1 – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»,  
г. Воронеж, Российская Федерация

Для профилактики и тушения лесных пожаров применяются полосопрокладователи и грунтометы с фрезерными рабочими органами. Привод фрезерных рабочих органов грунтомета предлагается осуществлять от гидромотора, так как при механическом приводе через редуктор и карданную передачу возникают большие динамические нагрузки и снижается маневренность агрегата. При перегрузках гидропривода энергия поглощается гидроаккумулятором и сокращается количество срабатываний предохранительных клапанов гидромотора. При полностью заряженном гидроаккумуляторе насос полностью разгружается, и питание гидросистемы осуществляется от пневмогидравлического аккумулятора, который при необходимости будет оперативно подзаряжаться гидронасосом. В данной работе проведен анализ полевых исследований экспериментального образца лесопожарной грунтометательной машины с энергосберегающим гидроприводом и построенных на его основе зависимостей. Определены оптимальные значения технологических параметров рабочих органов лесопожарной грунтометательной машины энергосберегающим гидроприводом. Определены технологические параметры разработанной конструкции: частота вращения ротора  $\omega = 8 \dots 9 \text{ с}^{-1}$ , величина заглубления кожуха-рыхлителя  $h_p = 25 \dots 30 \text{ см}$ , скорость движения агрегата,  $v_a = 0,8 \dots 0,9 \text{ м/с}$ , а угол отклонения лопаток  $\alpha = 120^\circ$ . Выявлено, что применение энергосберегающего гидропривода ротора позволяет увеличить надежность за счет обеспечения защиты фрезерного рабочего органа от ударов о препятствия и повысить эффективность работы агрегата в условиях грунтов, насыщенных корнями древесно-кустарниковой растительности и уплотненных связных почв.

**Ключевые слова:** грунтомет, лесной пожар, почва, гидропривод, гидроаккумулятор

## IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE WORKING PROCESS OF FOREST FIRE SOIL THROWING MACHINE WITH HYDRAULIC ROTOR

DSc (Engineering), Professor **M.V. Drapalyuk**<sup>1</sup>

DSc (Engineering), Professor **P.I. Popikov**<sup>1</sup>

Post-graduate student **D.S. Stupnikov**<sup>1</sup>

Post-graduate student **A.V. Sharov**<sup>1</sup>

Post-graduate student **N.A. Sherstyukov**<sup>1</sup>

1- FSBEI HE Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,  
Voronezh, Russian Federation

### Abstract

Band bearers and soil-throwers with milling working bodies are used for forest fires prevention and extinguishing. It is proposed to drive soil-thrower milling working elements from the hydraulic motor, since large dynamic loads occur and unit maneuverability is reduced using mechanical drive through a reducer and cardan gear.



The energy is absorbed by the accumulator and the number of actuations of hydraulic motor safety valves is reduced at hydraulic drive overloads. The pump is completely unloaded with a fully charged accumulator, and hydraulic system is powered from pneumohydraulic accumulator, which, if it is necessary, will be quickly recharged by a hydraulic pump. In this paper, we have analyzed the field studies of an experimental specimen of forest fire soil-throwing machine with an energy-saving hydraulic actuator and dependencies based on it. Optimal values of working bodies' technological parameters of forest fire soil-throwing machine have been determined by energy-saving hydraulic actuator. The technological parameters of the developed design have been determined: the rotor speed is  $\omega = 8 \dots 9 \text{ s}^{-1}$ , the depth of ripper-casing is  $h_p = 25 \dots 30 \text{ cm}$ , the speed of the unit is  $v_a = 0.8 \dots 0.9 \text{ m/s}$ , and the deflection angle of blades is  $\alpha = 120^\circ$ . It is revealed that the use of energy-saving hydraulic rotor enables to increase the reliability by ensuring protection of the milling tool from the impacts on obstacles and increase the efficiency of the unit in conditions of soils saturated with roots of tree and shrub vegetation and compacted cohesive soils.

**Keywords:** soil-throwing machine, forest fire, soil, hydraulic actuator, hydraulic accumulator

Для профилактики и тушения лесных пожаров применяются полосопрокладыватели и грунтометы с фрезерными рабочими органами. Привод фрезерных рабочих органов грунтомета предлагается осуществлять от гидромотора, так как при механическом приводе через редуктор и карданную передачу возникают большие динамические нагрузки и снижается маневренность агрегата. На рис. 1 представлена принципиальная гидравлическая схема грунтомета с подключением пневмогидравлического аккумулятора 4, который аккумулирует энергию при перегрузках гидромотора 7 в момент встречи рабочих органов с препятствиями, при этом исключаются срабатывание предохранительного клапана 2 и превращение гидравлической энергии в тепловую. При полностью заряженном гидроаккумуляторе насос 1 полностью разгружается, и питание гидросистемы осуществляется от пневмогидравлического аккумулятора 4, который при необходимости будет оперативно подзаряжаться гидронасосом 1.

Экспериментальные исследования разработанной конструкции лесопожарного грунтомета с гидроприводом ротора для проведения профилактических и лесопожарных работ проводились на территории Правобережного лесничества учебно-опытного лесхоза ВГЛТУ. Для проведения экспериментальных исследований использовали агрегат, состоящий из трактора ЛХТ-55 и лесопожарного грунтомета, навешенного на задней навеске трактора (рис. 2).

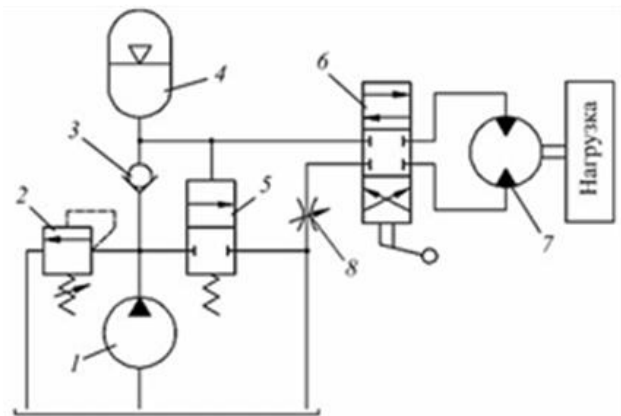


Рис. 1. Гидропривод лесопожарной грунтометательной машины с гидроприводом ротора: 1 – гидронасос; 2 – предохранительный клапан; 3 – обратный клапан; 4 – пневмогидравлический аккумулятор; 5 и 6 – гидрораспределители; 7 – гидродвигатель; 8 – дроссель

Привод фрезерного рабочего органа осуществлялся от гидромотора 1 типа 11М-20, гидроаккумулятор 2 подключен в напорную магистраль, подача рабочей жидкости к гидромотору 1 от дополнительного насоса 11-Д-20, установленного на задней части рамы трактора, обеспечивалась по гибким рукавам высокого давления 3.

В ходе проведения экспериментов частота вращения гидромотора 11М-20 привода ротора  $\omega$  варьировалась в интервале  $1 \dots 9 \text{ c}^{-1}$  с шагом интервала  $2 \text{ c}^{-1}$  за счет изменения рабочего объема регулируемого насоса 11Д-20.



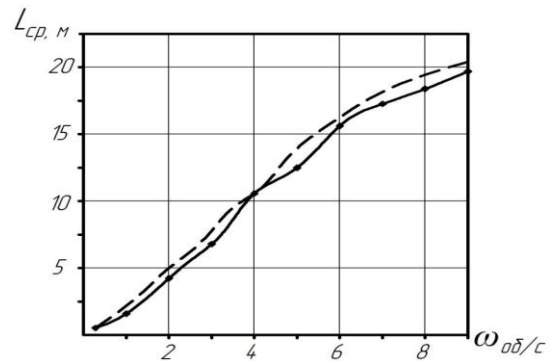
Рис. 2. Лесопожарный грунтотмет с энергосберегающим гидроприводом ротора (вид сзади)

Зависимости мощности, средней дальности выброса грунта и производительности от частоты вращения энергосберегающего гидропривода ротора представлены на рис. 3.

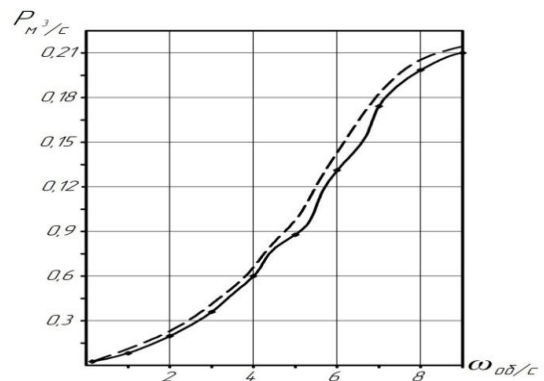
Из полученных графиков мы видим, что при частоте вращения гидромотора привода фрезерного рабочего органа равной  $8...9 \text{ с}^{-1}$  средняя дальность выброса грунта и производительность имеют наилучшие значения  $20 \text{ м}$  и  $0,21 \text{ м}^3/\text{с}$  соответственно. Показатели мощности варьируются в диапазоне  $36...36,3 \text{ кВт}$ , что является допустимым значением для используемых гидроагрегатов. При меньших значениях частоты вращения фрезерного рабочего органа наблюдается значительное снижение производительности, качества технологического процесса и КПД гидропривода.

Также в ходе экспериментальных исследований были получены зависимости основных показателей эффективности от величины заглубления кожуха-рыхлителя  $h_p$  (рис. 4), которая изменялась при помощи увеличения угла наклона орудия опорной пластины машины и находилась в интервале  $10...30 \text{ см}$  и варьировалась с шагом интервала в  $5 \text{ см}$ .

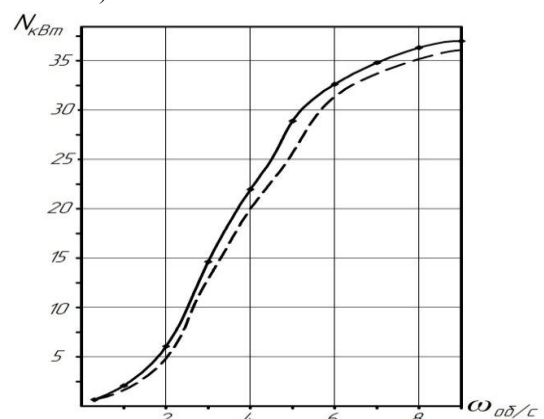
Из полученных графиков можно установить, что при значениях величины заглубления кожуха-рыхлителя равной  $25...30 \text{ см}$  наблюдаются наилучшие показатели дальности выброса грунта и производительности, равные  $19,6...20 \text{ м}$  и  $0,19...0,20 \text{ м}^3/\text{с}$  соответственно, а потребляемая мощность находится в допустимом диапазоне  $34,9...36,6 \text{ кВт}$ .



а)



б)



в)

а – на среднюю дальность выброса грунта  $L_{\text{ср}}$ ; б – на производительность  $P$ ; в – на потребляемую мощность  $N$ , где ось  $OX$  – показатели частоты вращения ротора  $\omega$ , а ось  $OY$  – показатели эффективности лесопожарной грунтотметательной машины  $L_{\text{ср}}$ ,  $N$  и  $P$ .

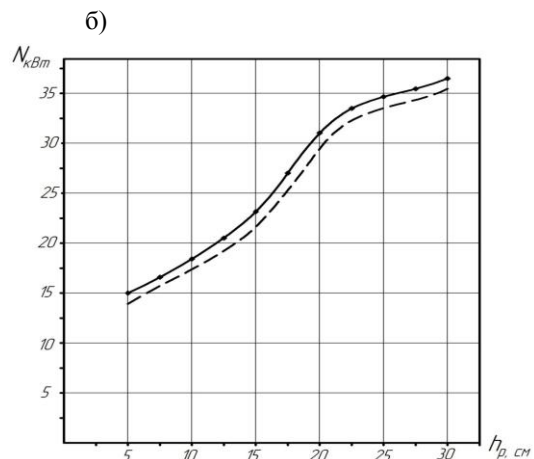
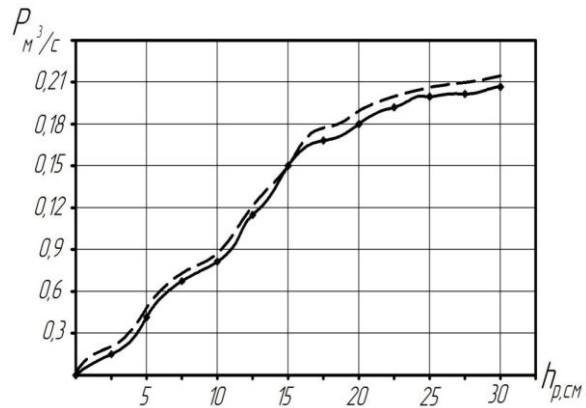
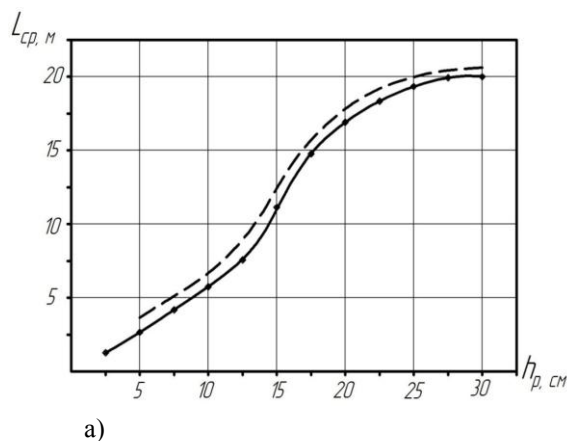
Рис. 3. Влияние частоты вращения ротора на показатели эффективности технологического процесса лесопожарной грунтотметательной машины с гидроприводом

В результате анализа полевых исследований экспериментального образца лесопожарной грунтотметательной машины с гидроприводом ротора и построенных на их основе зависимостей,

определены оптимальные значения технологических параметров лесопожарной грунтометательной машины.

Технологические параметры разработанной конструкции должны быть следующими: частота вращения гидромотора ротора  $\omega = 8...9 \text{ с}^{-1}$ , величина заглубления кожуха-рыхлителя,  $h_p = 25...30 \text{ см}$ , скорость движения агрегата,  $v_a = 0,8...0,9 \text{ м/с}$ , а угол отклонения лопаток  $\alpha = 120^\circ$ . В таком случае показатели эффективности средней дальности выброса грунта  $L_{cp}$  и производительности  $P$  будут максимальными, а затрачиваемая мощность  $N$  будет находиться в рабочем диапазоне.

Применение энергосберегающего гидропривода ротора позволяет увеличить надежность за счет обеспечения надежной защиты фрезерного рабочего органа от ударов о препятствия и повысить эффективность работы агрегата в условиях грунтов, насыщенных корнями древесно-кустарниковой растительности и уплотненных связных почв.



а) – на среднюю дальность выброса грунта  $L_{cp}$ ; б) – на производительность  $P$ ; в) – на потребляемую мощность  $N$ , где ось ОХ – показатели величины заглубления кожуха-рыхлителя  $h_p$ , а ось ОУ – показатели эффективности лесопожарной грунтометательной машины  $L_{cp}$ ,  $N$  и  $P$ .  
Рис. 4. Влияние величины заглубления кожуха-рыхлителя на показатели эффективности технологического процесса лесопожарной грунтометательной машины

## Библиографический список

1. Ступников, Д. С. Тенденции развития технических средств для тушения лесных пожаров / Д. С. Ступников // Лесотехнический журнал. – 2016. – № 2 (22). – С. 135-140.
2. Пат. № 2616021 РФ, МПК E02 F 3/18. Лесопожарная грунтометательная машина / М.В. Драпалюк, П.Э. Гончаров Д.С. Ступников, А.В. Шаров; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова». – № 2016104672; заявл. 11.02.16; опубл. 12.04.17, Бюл. № 11 – 8 с.
3. Ступников, Д. С. Виды лесных пожаров и методы их тушения / Д. С. Ступников // Новые подходы в науке и технике: Сб. науч. тр. по матер. Междунар. науч.-практич. конфер. Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. (Воронеж 15-17.12.2015 г.) – Воронеж, 2015. – № 9-3 (20-3). – С. 201-203.

4. Ступников, Д. С. Разработка лесопожарной грунтометательной машины тушения / Д. С. Ступников // Инновационные разработки молодых ученых Воронежской области на службу региона: Сб. док. по матер. регион. конфер. студ., аспири. и молодых ученых. (Воронеж, 20-21.04.2015 г.) . – Воронеж, 2015. – С. 219-223.
5. Гнусов, М. А. Обоснование параметров комбинированных рабочих органов грунтомета для прокладки минерализованных полос в лесу : дис. ... канд. техн. наук / М. А. Гнусов. – Воронеж, 2014. – 140 с.
6. Бартнев, И. М. Система машин для лесного хозяйства и защитного лесоразведения : учеб. пособие / И. М. Бартнев, М. В. Драпалюк, М. Л. Шабанов. – Воронеж, 2010. – 215 с.
7. Бартнев, И. М. Машины и механизмы лесного и лесопаркового хозяйства : учеб. пособие / И. М. Бартнев. – Воронеж, 2014. – 348 с.
8. Свиридов, Л. Т. Машины и оборудование для борьбы с лесными пожарами : учеб. пособие / Л. Т. Свиридов. – Воронеж, 1984. – 39 с.
9. I. M. Bartenev, S. V. Malyukov, M. A. Gnusov and D. S. Stupnikov, 2018. Study of efficiency of soil-thrower and fire-break majer on the basis of mathematic simulation. International Journal of Mechanical Engineering & Technology (IJMET) - Scopus Indexed. Volume:9, Issue:4, Pages:1008-1018.
10. Stupnikov, D. S. Tendencii razvitiya tekhnicheskikh sredstv dlya tusheniya lesnyh pozharov / D. S. Stupnikov // Lesotekhnicheskij zhurnal. – 2016. – № 2 (22). – S. 135-140.
11. Drapalyuk M.V. et al. 2016 Modeling the digging process of tree root system by the mechanism with hydropulse drive IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 142(1), 012090. DOI:10.1088/1757-899X/142/1/012090 (Michael V Drapalyuk et al 2016 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 142 012090. DOI:10.1088/1757-899X/142/1/012090)

### References

1. Stupnikov D. S. *Tendencii razvitiya tekhnicheskikh sredstv dlya tusheniya lesnyh pozharov* [Trends in the development of technical means for extinguishing forest fires] Lesotekhnicheskij zhurnal. 2016. № 2 (22). P. 135-140.
2. Pat. № 2616021 RF, MPK E02 F 3/18. *Lesopozharnaya gruntometatel'naya mashina* / M.V. Drapalyuk, P.EH. Goncharov D.S. Stupnikov, A.V. Sharov; zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VO «VGLTU im. G.F. Morozova». – № 2016104672; zayavl. 11.02.16; opubl. 12.04.17, Byul. № 11 8 p.
3. Stupnikov D. S. *Vidy lesnyh pozharov i metody ih tusheniya* // Novye podhody v nauke i tekhnike: Sb. nauch. tr. po mater. Mezhdunar. nauch.-praktich. konfer. Aktual'nye napravleniya nauchnyh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika. (Voronezh 15-17.12.2015 g.) Voronezh, 2015. № 9-3 (20-3). S. 201-203.
4. Stupnikov D. S. *Razrabotka lesopozharnoj gruntometatel'noj mashiny tusheniya* // Innovacionnye razrabotki molodyh uchenykh Voronezhskoj oblasti na sluzhbu regiona: Sb. dok. po mater. region. konfer. stud., aspir. i molodyh uchenykh. (Voronezh, 20-21.04.2015 g.) Voronezh, 2015. P. 219-223.
5. Gnusov M. A. *Obosnovanie parametrov kombinirovannykh rabochih organov gruntometa dlya prokladki mineralizovannyh polos v lesu*: dis...kand.tekh.nauk. Voronezh, 2014. 140 p.
6. Bartenev I. M., Drapalyuk M. V., Shabanov M. L. *Sistema mashin dlya lesnogo hozyajstva i zashchitnogo lesorazvedeniya*: ucheb. posobie. Voronezh, 2010. 215 p.
7. Bartenev I. M. *Mashiny i mekhanizmy lesnogo i lesoparkovogo hozyajstva* : ucheb. posobie. Voronezh, 2014. 348 p.
8. Sviridov L. T. *Mashiny i oborudovanie dlya bor'by s lesnymi pozharemi* : ucheb. posobie. Voronezh, 1984. 39 p.
9. Ivan Mihailovich Bartenev, Sergey Vladimirovich Malyukov, Maxim Alexandrovich Gnusov and Dmitriy Sergeevich Stupnikov, 2018. Study of efficiency of soil-thrower and fire-break majer on the basis of mathematic simulation. International Journal of Mechanical Engineering & Technology (IJMET). Scopus Indexed. Volume:9, Issue:4, Pages:1008-1018.

10. Stupnikov D. S. Tendencii razvitiya tekhnicheskikh sredstv dlya tusheniya lesnykh pozharov // Lesotekhnicheskij zhurnal. 2016. № 2 (22). P. 135-140.

11. Drapalyuk M.V. et al. 2016 Modeling the digging process of tree root system by the mechanism with hydropulse drive IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 142(1), 012090. DOI:10.1088/1757-899X/142/1/012090 (Michael V Drapalyuk et al 2016 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 142 012090. DOI:10.1088/1757-899X/142/1/012090).

### Сведения об авторах

*Драпалюк Михаил Валентинович* – профессор кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», доктор технических наук, профессор, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: md@vglta.vrn.ru.

*Попиков Петр Иванович* – профессор кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», доктор технических наук, профессор, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: popikovpetr@yandex.ru.

*Ступников Дмитрий Сергеевич* – заведующий лабораторией кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», кандидат технических наук, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: Neiti1992@mail.ru.

*Шаров Андрей Викторович* – аспирант кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: androsharo2014@yandex.ru.

*Шерстюков Никита Александрович* – аспирант кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация.

### Information about authors

*Drapalyuk Mihail Valentinovich* – Professor of Forestry Mechanization and Machine Design department, Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», DSc in Technical, Professor, Voronezh, Russian Federation; e-mail: mail:md@vglta.vrn.ru.

*Popikov Petr Ivanovich* – Professor of Forestry Mechanization and Machine Design department, Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», DSc in Technical, Professor, Voronezh, Russian Federation; e-mail: popikovpetr@yandex.ru.

*Stupnikov Dmitriy Sergeevich* – head of the laboratory of the department of forestry mechanization and machine, Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», PhD in Technical Sciences, Voronezh, Russian Federation; e-mail: Neiti1992@mail.ru.

*Sharov Andrey Victorovich* – postgraduate student of Forestry Mechanization and Machine Design department, Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russian Federation; e-mail: androsharo2014@yandex.ru.

*Sherstyukov Nikita Alexandrovich* – postgraduate student of Forestry Mechanization and Machine Design department, Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russian Federation.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОНТАКТНОГО НАНЕСЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ ДЛЯ БОРЬБЫ С СОРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ В ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКАХ

заместитель заведующего отделом, доктор сельскохозяйственных наук **В.И. Казаков**<sup>1</sup>

заведующий отделом, кандидат сельскохозяйственных наук **Н.Е. Проказин**<sup>1</sup>

заведующий отделом, кандидат технических наук **И.В. Казаков**<sup>1</sup>

ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук **Е.Н. Лобанова**<sup>1</sup>

1 – Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства,  
г. Пушкино, Российская Федерация

При выращивании посадочного материала в лесных питомниках необходимо регулярное проведение агротехнических уходов, основной целью которых является борьба с сорной растительностью. Для ухода за сеянцами в питомниках применяются различные культиваторы, которые рыхлят почву и уничтожают сорную растительность только между рядами растений и не обрабатывают защитную зону в непосредственной близости от растений, поэтому требуется дополнительная ручная прополка. Применение гербицидов позволяет уничтожить сорную растительность на всей посевной ленте. Для выполнения этой операции разработано оборудование ОУС-1,2 для контактного нанесения гербицидов на сорную растительность. С целью определения эффективности такого способа борьбы с сорной растительностью проведены исследования процесса контактного нанесения гербицида раундап на сорную растительность. В результате проведенных исследований подтверждена возможность использования гербицида раундап для борьбы с сорной растительностью в питомниках путем контактного его нанесения оборудованием ОУС-1,2. Определено, что при всех режимах работы оборудования и различных дозах активного вещества и нормах расхода рабочего раствора, повреждения сеянцев не наблюдается. Сохранность сеянцев при всех режимах работы оборудования составила 100 %, а гибель сорняков достигала 99 %. Определены рациональные параметры и режимы работы оборудования: скорость движения агрегата - 1,2 км/ч, оптимальная доза действующего вещества гербицида - 10 кг/га и норма расхода рабочего раствора - 178 л/га. Производительность за 1 ч сменного времени при рабочей скорости агрегата до 6 км/ч составила более 0,8 га. В результате проведенных исследований подтверждена высокая эффективность контактного нанесения гербицидов для борьбы с сорной растительностью в лесных питомниках.

**Ключевые слова:** оборудование, сеянцы, питомник, сорная растительность, гербициды, уход.

## EFFICIENCY OF HERBICIDES CONTACT APPLICATION TO FIGHT AGAINST WEEDS IN FOREST NURSERY

deputy head of the department, DSc (Agriculture) **V.I. Kazakov**<sup>1</sup>

head of the department, PhD (Agriculture) **N.E. Prokazin**<sup>1</sup>

head of the department, PhD (Engineering) **I.V. Kazakov**<sup>1</sup>

leading research scientist, PhD (Agriculture) **E.V. Lobanova**<sup>1</sup>

1- All-Russian Research institute for Silviculture and Mechanization of Forestry (VNIILM), Pushkino,  
Russian Federation

### Abstract

When growing planting material in forest nurseries, it is necessary to conduct agrotechnical cares regularly, the main purpose of which is to combat weed vegetation. Various cultivators are used to care for seedlings in nurseries, which loosen the soil and destroy weeds only between the rows of plants and do not treat the protective zone in close proximity to the plants, therefore additional manual weeding is required. The use of herbicides can destroy weeds on the entire seed belt. The equipment OUS-1.2 for contact application of herbicides to weeds has been developed to perform

this operation. In order to determine the effectiveness of such a method of weed control, we have studied the process of contact application of round-up herbicide to weeds. As a result of the conducted research, the possibility of using the round-up herbicide to control weed vegetation in nurseries has been confirmed by its contact application using OUS-1.2 equipment. It has been determined that damage to seedlings is not observed in all operating modes of the equipment and various doses of the active substance and consumption rates of the working solution. The safety of seedlings was 100% during all operation modes of the equipment, and the death of weeds reached 99%. The rational parameters and operating modes of the equipment have been determined: the speed of the unit's movement - 1.2 km/h, the optimal dose of the active substance of the herbicide - 10 kg/ha and the consumption rate of working solution - 178 l/ha. Productivity for 1 hour of turn time at the operating speed of the unit up to 6 km/h has been more than 0.8 hectares. High effectiveness of the contact application of herbicides for weed control in forest nurseries has been confirmed as a result of the conducted research.

**Keywords:** equipment, seedlings, nursery, weeds, herbicides, care.

При выращивании посадочного материала в лесных питомниках наибольшие затраты труда и средств приходится на проведение агротехнических уходов за растениями, для выполнения которых применяются культиваторы различных конструкций [1, 2, 3, 4]. Основным недостатком этого способа проведения агротехнических уходов является то, что сорная растительность, в непосредственной близости от рядка растений, сохраняется из-за необходимости соблюдения защитной зоны. Это вызывает необходимость проведения дополнительной ручной прополки для уничтожения сорной растительности в защитной зоне от рядка растений. Одним из способов устранения этого недостатка является применение гербицидов для уничтожения сорной растительности на всей посевной ленте [1, 9, 10, 11]. Основным условием эффективного применения гербицидов является соблюдение регламентов, доз и сроков их применения, а также наличие специализированных технических средств для контактного нанесения раствора гербицидов на сорную растительность [5, 6]. Однако эффективное применение этого способа борьбы с сорной растительностью в лесных питомниках ограничено из-за отсутствия обоснованных рекомендаций по использованию гербицидов и специализированных средств механизации для выполнения этой технологической операции.

В связи с этим исследования, посвященные решению этой проблемы, представляют научный и практический интерес для лесного хозяйства.

Для уничтожения сорной растительности в лесных питомниках, путем контактного нанесения растворов гербицидов на их верхнюю часть, раз-

работано оборудование ОУС-1,2 (рис.) [1, 6]. Это оборудование состоит из рамы 1, бака 2, лебедки 3, опорных колес 4, контактного полотна 5 и натяжного валика 6.

Контактное полотно выполнено из прочной брезентовой ткани, один конец которой закреплен на раме оборудования, а другой конец намотан на вал лебедки. В нижней части контактное полотно охватывает натяжной валик, представляющий собой трубу, покрытую пористым материалом для аккумуляции раствора гербицидов.

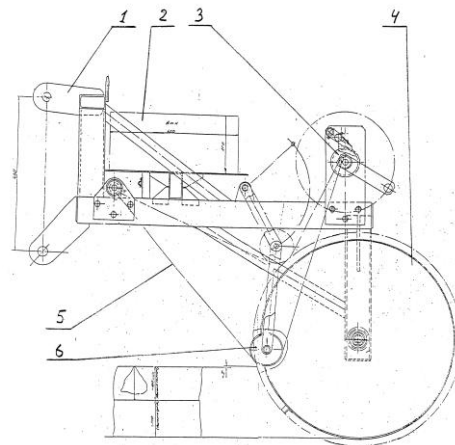


Рис. Оборудование для уничтожения сорняков ОУС-1,2

Передняя часть контактного полотна расположена наклонно под углом 40-60 градусов к направлению движения агрегата. Высота расположения натяжного валика и, соответственно, контактного полотна над растениями регулируется с помощью лебедки. Раствор гербицида из бака с помощью гибкого шланга подается к распределительной трубке, расположенной над контактным полотном. Распределительная трубка имеет калиброван-

ные отверстия диаметром 1 мм, размещенные через 100 мм по всей ее длине, и предназначена для равномерной подачи раствора гербицидов на контактное полотно.

Ширина захвата оборудования составляет 1,2 м. Высота расположения контактного полотна над поверхностью почвы регулируется от 10 до 40 см. Емкость бака для раствора гербицидов составляет около 80 л. Оборудование ОУС-1,2 агрегируется с трактором МТЗ-80/82. Обслуживающий персонал – тракторист.

Технологический процесс работы оборудования заключается в следующем. Оборудование в агрегате с трактором седлает посевную ленту с сеянцами, заросшими сорной растительностью и превышающими их высоту. С помощью лебедки устанавливается необходимая высота расположения натяжного валика над растениями путем наматывания контактного полотна на вал. Высота расположения натяжного валика над растениями должна быть выше их на 5-10 см. Затем открывается кран подачи раствора гербицидов из бака и через распределительную трубку происходит смачивание контактного полотна. При поступательном движении агрегата контактное полотно наклоняет сорную растительность и при этом происходит нанесение на нее раствора гербицида. В результате действия гербицидов сорная растительность в последующем отмирает.

С целью определения рациональных параметров и режимов работы оборудования для уничтожения сорной растительности раствором гербицидов в питомнике Сергиево-Посадского лесхоза были проведены его испытания. В процессе проведения испытаний были заложены опытные участки с уничтожением сорной растительности гербицидом при различной его концентрации и режимах работы оборудования.

Исследования по оценке влияния режимов работы оборудования на эффективность уничтожения сорной растительности контактным нанесением растворов гербицидов проводили на посевах сосны и ели первого года выращивания. Опыты проводили на грядах без предварительных их прополок с целью формирования наиболее сложных условий для работы оборудования. Схема посевов

– пятистрочная, с расстоянием между рядками 22,5 см. Ширина гряд составила 100 см, расстояние между грядами 60 см.

Всходы посевов в строках ровные, с равномерным их размещением по длине, однолетние сеянцы имели хорошо развитую крону и их высота составила 2-3 см. Средняя густота сеянцев на 1 м посевной строки для сосны составила 95 шт. и для ели – 71 шт.

Засоренность посевов была высокой и являлась критичной по отношению к сохранности и росту сеянцев. Среднее количество сорных растений на 1 кв. м. посевной гряды составляло: для сосны - 853 шт., для ели - 933 шт. сорняков.

Ярусность сорняков на посевной ленте составила не менее 3х ярусов. Высота верхнего яруса сорной растительности варьировала от 50 до 70 см. Фенофазное состояние основной массы сорных растений - период активного роста накануне фазы цветения.

Количество сорняков в верхнем ярусе составило 33,3% от их общей массы и преобладали сорняки семенного происхождения: однолетние яровые (марь белая) и однолетние озимые (пастушья сумка). В среднем ярусе количество сорняков уменьшилось до 18,1 %, наибольшую часть среди которых составляли горец птичий и пырей ползучий. Значительное количество сорняков (48,6 %) находилось в нижнем ярусе и большая их часть была представлена звездчаткой, горцем птичьим и ромашкой лекарственной.

При проведении испытаний концентрация раундапа в водном растворе составляла 6 % или 2,16 % в пересчете на действующее вещество.

В процессе проведения испытаний рабочая скорость агрегата изменялась от 1,26 до 6,21 км/ч, концентрация рабочего раствора 6 и 20 % при разных дозах гербицида от 2,14 до 10,7 кг/га и нормах расхода рабочей жидкости от 35 до 178 л/га. Высота расположения контактного полотна была установлена на 12 см выше сеянцев.

Анализ приведенных в таблице данных показывает, что в верхнем ярусе отмечено наибольшее количество (95-100 %) гибели сорняков. Это объясняется тем, что благодаря высоким сорнякам контакт полотна с раствором гербицидов более



продолжительный, чем для сорняков меньшей высоты. Следует также отметить, что при наклоне сорняков раствор гербицида наносится на нижнюю поверхность их листьев, более чувствительную к действию гербицидов. Гибель сорняков в среднем ярусе несколько снизилась и составила 70-99 % при всех дозах раундапа. В нижнем ярусе гибель сорняков при дозе раундапа 6,6-7,8 кг/га составила 70-95 %, а с уменьшением дозы раундапа до 2,1- 3,2 % гибель сорняков снизилась до 30-40 %. Более низкая гибель сорняков в нижнем ярусе объясняется тем, что из-за малой их высоты контактное полотно не полностью соприкасалось с ними, поэтому необходима повторная обработка сорняков

в этом ярусе, после их отмирания в верхнем и среднем ярусах. С увеличением дозы раундапа и нормы расхода рабочего раствора наблюдалось увеличение фитотоксического эффекта. Наиболее высокая (99 %) гибель сорной растительности получена на ленте 2 при дозе гербицида равной 10,7 кг/га и норме расхода рабочего раствора 178 л/га и поступательной скорости агрегата 1,26 км/ч. С уменьшением нормы расхода рабочего раствора от 178 л/га (лента 2) до 35 л/га (лента 6), т. е. в 5 раз, при равных дозах гербицида (10,7 и 10 кг/га), гибель сорной растительности снижается от 99 % (лента 2) до 80 % (лента 6), т.е. в 1, 2 раза.

Таблица

Результаты испытаний оборудования для уничтожения сорняков

Показатели	Номер посевной ленты					
	1	2	3	4	5	6
Режимы работы						
Длина гона, м	190	140	128	190	190	190
Расход раствора, л	3	3	1,68	1,2	0,8	0,8
Время работы	6мин 24сек	8мин 40сек	1мин 36сек	2мин 45сек	1мин 50сек	1мин 50сек
Концентрация раствора, %	6	6	6	6	6	20
Расчетные показатели						
Доза раундапа по д.в., кг/га	7,8	10,7	6,6	3,2	2,1	10
Норма расхода раствора гербицида, л/га	131	178	109	52	35	34,9
Рабочая скорость агрегата, км/ч	1,78	1,26	2,00	4,14	6,21	6,21
Скорость расхода раствора, мл/мин	468	452	454	436	436	435
Расход раствора гербицида, л/100 м	1,57	2,14	1,31	0,63	0,42	0,41
Производительность, га/ч	0,28	0,20	0,32	0,66	0,99	0,99
Фитотоксическая эффективность						
Гибель сорняков по ярусам, %	Верхний ярус					
	100	100	100	95	95	97
	Средний ярус					
	95	99	99	90	70	95
	Нижний ярус					
	70	95	90	40	30	50
Средняя гибель сорняков, %	88	98	96	75	65	80

Установлено, что при увеличении скорости движения более 4,14 км/ч наблюдается нарушение закономерности связи фитотоксического эффекта и дозы гербицида. Отмечено, что при увеличении дозы гербицида от 2 кг/га (лента 5) до 10 кг/га (лента 6), т. е. в 5 раз гибель сорной растительности увеличилась незначительно от 65 % (лента 5) до 80 % (лента 6), т. е. в 1, 2 раза. Для получения более эффективного действия гербицидов при скоростях превышающих 4,14 км/ч, необходимо увеличение нормы расхода рабочего раствора до 100-150 л/га.

Производительность за 1 ч сменного времени при рабочей скорости агрегата до 6 км/ч составила на менее 0,8 га.

Таким образом, борьба с сорной растительностью путем контактного нанесения гербицидов при уходе за растениями в лесных питомниках обеспечивает ее гибель на всей посевной ленте, в

том числе в защитной зоне сеянцев. Это позволяет исключить из технологического процесса выращивания посадочного материала в лесных питомниках такую трудоемкую операцию, как ручная прополка в рядах растений и существенно снизить затраты труда.

В результате проведенных исследований установлено, что при всех режимах работы оборудования и различных дозах активного вещества и нормах расхода рабочего раствора, повреждения сеянцев сосны и ели не выявлено. Сохранность сеянцев во всех опытах и при всех режимах работы оборудования составляла 100 %, а гибель сорняков достигала 99 %. Определены рациональные параметры и режимы работы оборудования: скорость движения агрегата – 1,2 км/ч, оптимальная доза гербицида – 10 кг/га и норма расхода рабочего раствора – 178 л/га.

### Библиографический список

1. Бартенев, И. М. Совершенствование технологий и средств механизации лесовосстановления / И. М. Бартенев, М. В. Драпалюк, В. И. Казаков. – М. : ФЛИНТА: Наука, 2013. – 208 с.
2. Драпалюк, М. В. Перспективные технологии выращивания посадочного материала в лесных питомниках / М. В. Драпалюк – Воронеж, 2006. – 247 с.
3. Казаков, В. И. Технологии и механизация выращивания посадочного материала в питомниках лесной зоны / В. И. Казаков. – М. : ВНИИЛМ, 2001. – 186 с.
4. Казаков, И. В. Машины и оборудование для лесных питомников / И. В. Казаков. – Пушкино, 2004. – 60 с.
5. Котов А. А. Результаты исследований механизма нанесения гербицидов контактным способом / А. А. Котов // Лесопользование и воспроизводство лесных ресурсов: сб. науч. тр. – Вып. 286. – М., 1997. – С. 60-65.
6. Котов, А. А. Результаты экспериментальных исследований машины для уничтожения сорняков в питомниках контактным способом / А. А. Котов, С. А. Гордейченко, В. И. Казаков // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2008. – № 2. – С. 57-64.
7. Львов, С. И. Контактный способ нанесения гербицидов и арборицидов / С. И. Львов. Ю. П. Путятин, М. В. Шашова // Лесное хозяйство. – 1990. – № 12. – С. 43-45.
8. Смирнов, Н. А. Методическое руководство проведения опытных работ по выращиванию сеянцев в питомниках и лесных культур на вырубках [Текст] / Н. А. Смирнов. – Пушкино, 2000. – 42 с.
9. Gaultney, L. D. Fluid retention on a herbicide roller-wiper due to liquid surface tension and viscosity // Trans. ASAE. St. Joseph, Mich. – 1988. – Vol. 31. – N. 3. – P. 648-651.
10. Reid, J. T. Improved shielded herbicide applicator for use in Christmas trees or ornamentals / J. T. Reid, T. S. Davis. – Athens, Ga, 1981. – 15 p.
11. Rewelle, W. F. The development and manufacture of wick rope for herbicide application // Proc. S. Weed Sc. Soc Campaign, 111, 1982. – V. 35. – P. 399-408.

## References

1. Bartenev I. M., Drapalyuk M. V., Kazakov V. I. *Sovershenstvovanie tekhnologij i sredstv mekhanizacii lesovosstanovleniya*. M.: FLINTA: Nauka, 2013, 208 p.
2. Drapalyuk M. V. *Perspektivnye tekhnologii vyrashchivaniya posadochnogo materiala v lesnyh pitomnikah*. Voronezh, 2006. 247 p.
3. Kazakov V. I. *Tekhnologii i mekhanizaciya vyrashchivaniya posadochnogo materiala v pitomnikah lesnoj zony*. M.: VNIILM, 2001. 186 p.
4. Kazakov I. V. *Mashiny i oborudovanie dlya lesnyh pitomnikov*. Pushkino, VNIILM, 2004. 60 p.
5. Kotov A. A. *Rezul'taty issledovaniy mekhanizma naneseniya gerbicidev kontaktnym sposobom // Lesopol'zovanie i vosproizvodstvo lesnyh resursov: sb. nauchn. tr. Vyp. 286*. M., 1997. S. 60-65.
6. Kotov A. A., Gordejchenko S. A., Kazakov V. I. *Rezul'taty ehksperimental'nyh issledovaniy mashiny dlya unichtozheniya sornyakov v pitomnikah kontaktnym sposobom // Vestn. Mosk. gos. un-ta lesa – Lesnoj vestnik [Forestry Bulletin]*. 2008. № 2. S. 57-64.
7. L'vov S. I. Putyatin YU. P., SHashova M. V. *Kontaktnyj sposob naneseniya gerbicidev i arboricidev // Lesn. hoz-vo*. 1990. № 12. S. 43-45.
8. Smirnov N. A. *Metodicheskoe rukovodstvo provedeniya opytnyh rabot po vyrashchivaniyu seyancev v pitomnikah i lesnyh kul'tur na vyrubkah*. Pushkino, 2000. 42 s.
9. Gaultney L. D. Fluid retention on a herbicide roller-wiper due to liquid surface tension and viscosity // *Trans. ASAE*. St. Joseph, Mich. 1988. Vol. 31. N. 3. P. 648-651.
10. Reid J. T. Davis T. S. Improved shielded herbicide applicator for use in Christmas trees or ornamentals. Athens, Ga, 1981. 15 p.
11. Rewelle W. F. The development and manufacture of wick rope for herbicide application // *Proc. S. Weed Sc. Soc Champaign*, 111, 1982. V. 35. P. 399-408.

## Сведения об авторах

*Казakov Владимир Иванович* – заместитель заведующего отделом лесовосстановления, семеноводства и недревесной продукции леса, ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства», доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, г. Пушкино, Российская Федерация; e-mail: kazakov@vniilm.ru.

*Проказин Николай Евгеньевич* – заведующий отделом лесовосстановления, семеноводства и недревесной продукции леса, ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства», кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, г. Пушкино, Российская Федерация; e-mail: prokazin@vniilm.ru.

*Казakov Игорь Владимирович* – заведующий отделом механизации ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства», кандидат технических наук, старший научный сотрудник, г. Пушкино, Российская Федерация; e-mail: igor.kazakov2015@bk.ru.

*Лобанова Елена Никитична* – ведущий научный сотрудник отдела лесовосстановления, семеноводства и недревесной продукции леса, ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства», кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, г. Пушкино, Российская Федерация, e-mail: lobanova@vniilm.ru.

## Information about authors

*Kazakov Vladimir I.* – chief researcher of the Department of reforestation, seed and non-timber forest products, the FBI "All-Russian research Institute for silviculture and mechanization of forestry", DSc (Agriculture), senior researcher, Pushkino, Russian Federation; e-mail: kazakov@vniilm.ru.

*Prokazin Nikolaj E.* – head, reforestation, seed and non-timber forest products, the FBI "All-Russian research Institute for silviculture and mechanization of forestry", PhD (Agriculture), senior researcher, Pushkino, Russian Federation; e-mail: prokazin@vniilm.ru.

*Kazakov Igor V.* – head of the mechanization Department of the FBI "All-Russian research Institute for silviculture and mechanization of forestry", PhD (Engineering), senior researcher, Pushkino, Russian Federation, e-mail: igor.kazakov2015@bk.ru

*Lobanova Elena N.* – leading researcher of the Department of reforestation, seed and non-timber forest products, the FBI "All-Russian research Institute for silviculture and mechanization of forestry", PhD (Agriculture), senior researcher, Pushkino, Russian Federation, e-mail: lobanova@vniilm.ru.

DOI: 10.12737/article\_5c9201714914a3.76705297

УДК 631.319.4

### АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ МУЛЬЧЕРОВ И РОТОВАТОРОВ

кандидат технических наук **С.В. Малюков**<sup>1</sup>

кандидат экономических наук, доцент **Е.А. Панявина**<sup>1</sup>

кандидат технических наук **А.А. Аксенов**<sup>1</sup>

1 – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация

Представлен анализ различных средств механизации с выявлением наиболее приемлемых для осветления культур на нераскорчеванных вырубках, возобновляющихся мягколиственными породами. Показана необходимость применения машины простой и надежной по конструкции, способной срезать мягколиственные породы при наличии в междурядьях лесных культур пней и порубочных остатков. В статье проанализирован процесс удаления поросли мульчерами и ротаваторами, которые используются для ухода за лесными культурами, удаления поросли под линиями электропередач, в полосах отвода газо- и нефтепроводов, железнодорожных и автомобильных дорог. С помощью них создают противопожарные полосы в лесу, делают просеки. Производят уборки поваленных деревьев после пожаров, наводнений и ураганов. Они участвуют в ландшафтных и сельскохозяйственных работах. Проведено аналитическое сравнение их технических характеристик, выявлены достоинства и недостатки. Описано устройство и принцип их работы. Работа мульчера способна заменить целый автопарк тяжелой спецтехники и выполнить задание более эффективно и с меньшими временными и финансовыми затратами. Основным узлом, обеспечивающим повышенную производительность и надежность работы оборудования, является ротор. При выборе того или иного вида оборудования, необходимо учитывать степень сложности и объемы предполагаемых работ. От применяемой техники и технологии напрямую зависит тип вырубки, образующейся на месте проведения лесосечных работ. А от типа вырубки напрямую зависит срок лесовозобновления. Поэтому необходимо применение технологий, предусматривающих минимальное нанесение повреждений лесу и такой техники, которая отвечала бы требованиям лесозаготовительного производства, лесоводства и противопожарной безопасности. Таких машин, которые не снижали бы продуктивность леса и его способность к возобновлению. На сегодняшний день наиболее эффективна в этом плане мульчерная технология.

**Ключевые слова:** мульчер, ротаватор, фрезерование почвы, измельчение пней, удаление поросли.

## CONSTRUCTIONS ANALYSIS OF MULCHERS AND ROTARY TILLERS

PhD (Engineering) **S.V. Malyukov**<sup>1</sup>

PhD (Economics), Associate Professor **E.A. Panyavina**<sup>1</sup>

PhD (Engineering) **A.A. Aksenov**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> – FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov",  
Voronezh, Russian Federation

### Abstract

The analysis of various means of mechanization is presented with the identification of the most appropriate ones for lightening crops on uprooted clearings, renewed by soft-leaved species. The necessity of using the machines which are simple and reliable in design, capable to cut off soft-leaved species in the presence of stumps and logging residues in between rows of forest cultures has been shown. The article analyzes the process of shoots cutting by mulchers and rotary tillers, which are used for the care of forest crops, removal of shoots under power lines, in gas and oil pipelines, railways and highways. Fire-break belts are created in forests with the help of them. Harvesting of fallen trees after fires, floods and hurricanes is produced. They are involved in landscape and agricultural work. An analytical comparison of their technical characteristics has been carried out; advantages and disadvantages have been revealed. The device and principles of its work are described. Mulcher work is able to replace the whole fleet of heavy machinery and perform the task more efficiently and with less time and financial costs. Rotor is the main unit that provides increased performance and reliability of the equipment. It is necessary to consider the degree of complexity and the scope of the proposed work when choosing this or that type of equipment. The type of cutting, which is formed at the place of logging operations, directly depends on the applied equipment and technology. And the period of reforestation directly depends on the type of cutting. Therefore, it is necessary to apply technologies that require minimal damage to the forest and such equipment that would meet the requirements of logging production, forestry and fire safety. Such machines do not reduce the productivity of the forest and its ability to renew. To date, in this regard, mulching technology is the most effective one.

**Keywords:** mulcher, rotary tiller, rotary tillage, stump grinding, removal of sprouts.

Для проведения механизированного осветления в молодняках существуют различные машины и механизмы. Анализ различных средств механизации [1, 2, 3] с выявлением наиболее приемлемых для осветления культур на нераскорчеванных вырубках, возобновляющихся мягколиственными породами, показал, что необходима такая машина или орудие, которой можно срезать мягколиственные породы при наличии в междурядьях лесных культур пней, порубочных остатков, и имела бы простую и надежную конструкцию. Лесоводственный уход за культурами можно эффективно механизировать при помощи различных конструкций мульчеров.

Мульчеры используются для ухода за лесными культурами; удаления поросли под линиями электропередач, в полосах отвода газо- и нефтепроводов, железнодорожных и автомобильных дорог. С помощью них создают противопожарные полосы в лесу, делают просеки. Производят уборки поваленных деревьев после пожаров, наводнений и ураганов. Они участвуют в

ландшафтных и сельскохозяйственных работах [4, 5, 6].

Целью исследования определение подходящих по технико-эксплуатационным свойствам для Воронежской области мульчеров (измельчитель) и роторов (универсальная лесная фреза) для качественного выполнения мероприятий по охране, защите и воспроизводству лесов.

Методологическую основу исследования составляет комплекс методов логического, статистического и компаративного анализа, сопоставительный анализ.

Исследование проводилось согласно стандартным методикам и на основе ниже приведенных действующих правил в области ухода за лесами:

- Постановление Правительства РФ от 20.05.2017 N 607 "О Правилах санитарной безопасности в лесах";

- Приказ Минприроды России от 22.11.2017 N 626 "Об утверждении Правил ухода за лесами" (Зарегистрировано в Минюсте России 22.12.2017 N 49381).

В соответствии с этим, в целях определения подходящей по технико-эксплуатационным свойствам для Воронежской области техники (мульчеров и роторов), необходимо изучить усредненные характеристики участков лесного фонда, где предполагается использование техники, а также виды и объемы работ, на которые ориентирована техника.

Работа мульчера способна заменить целый автопарк тяжелой спецтехники и выполнить задание более эффективно и с меньшими временными и финансовыми затратами. Основным узлом, обеспечивающим повышенный КПД, производительность и надежность работы оборудования, является ротор. При выборе того или иного вида оборудования, необходимо учитывать степень сложности и объемы предполагаемых работ.

Государственное бюджетное учреждение Воронежской области «Воронежский лесопожарный центр» (далее – ГБУ ВО «ВЛЦ») располагает участками лесного фонда, требующими осуществления уходных работ, включая санитарно-оздоровительные мероприятия, противопожарные мероприятия и меры по борьбе с нежелательной растительностью на территории лесного фонда Воронежской области.

Видами работ, на которые ориентирована техника (мульчеры и роторы) являются:

1. Уборка неликвидной древесины. Объем работ: не менее 300 га в год, на 1 га объем неликвида в среднем 80-120 м<sup>3</sup>

2. Выборочные санитарные рубки. Объем работ: не менее 500 га в год.

3. Уничтожение порубочных остатков на лесосеках, расчистка квартальных просек. Уборка поросли на квартальных просеках не менее 200 км. В год с объемом поросли не менее 30 склад. метров.

Усредненные характеристики (нормообразующие факторы) участков лесного фонда, где предполагается использование техники (мульчеров и роторов): равнинная местность; местность со склонами до 15 градусов; условия: зимние, летние; почвы: чернозем, песчаная.

Максимальный диаметр деревьев, подлежащих измельчению мульчером составляет 30 см, ширина обрабатываемой поверхности составляет 2-3 м.

Для роторов максимальный диаметр измельчаемого материала составляет 10 см, максимальное рабочее заглубление – 10-20 см, ширина обрабаты-

ваемой поверхности составляет 2-3 м.

Имеющийся парк тракторов ГБУ ВО «ВЛЦ» представлен тракторами марки МТЗ-82, которые оснащены задним валом отбора мощности и не оснащены ходоуменьшителем.

В современных условиях хозяйствования предъявляются высокие требования к лесопользователям. Лесозаготовители обязаны вести лесосечные работы способами, не допускающими эрозии почвы и обеспечивающими хорошие условия для восстановления лесов и противопожарную безопасность всех операций, связанных с разработкой лесосек, как в процессе заготовки леса, так и на вырубках.

Выбирая марку мульчера, необходимо уделить внимание производителям, которые имеют сервисные центры, склады запасных частей, опыт работы в России в течение большого периода времени: (SEPPI, FAE, FERRI, ANWI, DENIS TIGERCAT, CIMAF, RAYCO) [7, 8, 9].

Ниже представлены основные критерии выбора мульчера.

1. Вид измельчаемой растительности. Прежде всего, необходимо учитывать тип растительности на обрабатываемых территориях. Какие деревья или кустарники преобладают в данной местности, определить максимальный диаметр деревьев и кустарников. Когда речь идет об экспериментальном применении мульчера, будет ли планироваться его использование на других территориях, где диаметр дерева может оказаться больше. Так, для уборки густых кустарников нужен мульчер с подвижными молотками, а для деревьев и пней - с фиксированными зубьями. Для территорий с густыми кустарниками лучше применять мульчер, который превышает ширину трактора.

Тип крепления у мульчеров с подвижными молотками поож – продольные оси. Модели с фиксированными резцами обладают различным типом крепления и видом самих резцов, где каждый имеет свои положительные и негативные стороны.

Далее пропишем основные плюсы и минусы каждого из типа ротора.

Плюсы ротора с подвижными резцами:

- лучшие показатели работы на поросли;

- в долгосрочной перспективе затраты на резцы (расходный материал) значительно меньше, чем у ротора с фиксированными резцами,

несмотря на большой их износ;

- размер щепы (важен когда заказчик выставляет условия по размеру щепы);

- защитный механизм при столкновении резца и инородного объекта (металл, камень) – уход в полость ротора; отрицательные черты – часть резца может оторваться, при наезде на большое количество твердых материалов (не древесины) – высок шанс искривления посадочной оси, которую понадобится менять.

Минусы ротора с подвижными резцами:

- из-за меньшей проникающей способности за смену производительность ниже на 15 % по сравнению с ротором, где установлены фиксированные молотки;

- при наезде на большое скопление твердых объектов высокая вероятность полной потери металлического каркаса полый части ротора между установленными молотками (стачивание до уровня начала сварки и при сильном ударе – потери металлического листа). Последствия – дисбалансировка ротора и дорогостоящая работа по восстановлению агрегата.

Плюсы ротора с фиксированными резцами:

- шанс поломки при попадании инородных объектов значительно меньше, чем у ротора с подвижным типом ротора. Оптимальная конструкция за счёт рёбер в виде проваренных дисков между резцами в конструкциях (FECON, DENIS CIMAF). Однако стоимость такого оборудования значительно возрастает, поэтому это не всегда рентабельно.

- возможность заглужения в землю за счёт суженных салазок на 5-10 см. Отрицательный момент – при попадании камня высокий шанс поломки оборудования (не гарантийный случай).

- большая производительность за счёт более грубой работы, за счёт вырывного усилия (при использовании резцов итальянских и немецких производителей ANWI, SEPPI, FERRI, SCHMIDT) или за счёт высоких оборотов ротора в совокупности с заостренными резцами (DENIS CIMAF, FECON). Минусом при этом выступает малый срок службы и требование по частой заточке резцов (для высокой проникающей способности).

Минусы ротора с фиксированными резцами:

- при попадании на крупные скопления твердых предметов, есть шанс серьёзной поломки за счёт вырывания не только фиксированного резца, но и посадочного места. Итог – большие вложения

в восстановление техники.

- более высокая стоимость содержания оборудования, за счёт цены на фиксированные резцы.

2. Совместимость с базовым трактором.

Мульчер, как навесное оборудование, необходимо агрегатировать на правильно подобранный трактор. Это позволит оптимизировать рабочий процесс, увеличить производительность и не тратить время и средства на ремонт оборудования [10].

Мульчеры по типу привода делятся на механические (от ВОМ трактора) и гидравлические. Механические занимают большую долю рынка, благодаря отсутствию большого количества гидравлических соединений, нуждающихся в регулярном обслуживании. Гидравлические мульчеры, запитываемые от гидросистемы трактора, получили широкое распространение при агрегатировании на спецшасси.

Для мульчерной техники лучше использовать трактор с валом отбора мощности, такие модели проще обслуживать. Реже мульчеры устанавливаются на гидравлические трактора, но при этом существует ряд нареканий: выход из строя гидромоторов, подбор специального масла и другие.

Мощность трактора является главным показателем успешной работы агрегата. Необходимо четко придерживаться его рекомендуемой мощности, она не должна превышать диапазон в большую и меньшую сторону свыше пятидесяти лошадиных сил. Для подбора мульчера на трактор мощностью свыше 220 лошадиных сил рекомендуется советоваться с заводом изготовителем.

При подборе мульчера от базовой мощности трактора необходимо вычитать 15-20 %, для определения мощности на ВОМ.

Трактора, на которые агрегируются мульчеры, должны обладать гидроходоуменьшителем (ГХУ), либо иметь возможность работать на скорости не выше 1,5-2 км. Опыт показал, что ряд моделей тракторов ХТЗ не имеют возможности установки ГХУ, что ведет к некачественной работе при измельчении древесины диаметром свыше 25 см, и как следствие - перегрузку ВОМ, разрыв ремней, выход из строя шкивов привода.

Для работы с заглужением в грунт, необходима максимальная величина работы на оборудовании, на нижнем пороге трехточечной навесной системы.

Для работы в густых лесных массивах требуется

специальная лесная защита. Она представляет собой металлический каркас в виде дуг или обрешетки вокруг кабины и моторного отсека. Также оснащаются решетками заднее и боковые окна.

Ресурс на расходные материалы в среднем составляет 600-1000 м/ч – зубья, молотки, ремни – 1500 м/ч. Для предотвращения простоя оборудования необходимо сразу заказать необходимые сменные части.

### 3. Рациональность применения спецшасси.

Есть мнение, что оборудование на базе спецшасси справляется с уборкой деревьев лучше навесного оборудования. При анализе рынка недостатками спецшасси в паре с гидравлическим мульчером является:

- часто выходят из строя гидромоторы и РВД на приводе мульчерной навески;

- возгорание спецшасси, вызванное попаданием щепы и древесной пыли в корпус машины из-за слабой защищенности корпуса от инородных тел;

- высокая стоимость запасных частей и частое отсутствие на складе в России;

- не предусмотрена система защиты гусеницы от разрыва, связанного с попаданием инородных металлических предметов;

- выход за габариты по ширине 2500 мм, что дает сложности при транспортировке;

- затратное содержание;

- сложная ремонтпригодность из-за большого количества катков на гусенице.

Применение спецшасси актуально для мульчера с рабочей зоной свыше 2.5 м и диаметром древесины 60-70 см.

При исследовании рынка выяснилось, что для отечественных потребителей при выборе мульчеров наиболее важными оказались следующие критерии [11]:

- механический привод вала отбора мощности энергоносителя;

- спиралевидный ротор лесной фрезы;

- количество резцов от 55 до 105 штук;

- соотношение массы мульчера к его мощности.

Для Воронежской области преимущество должно быть отдано применению техники с навесным оборудованием. При указанных условиях работы для Воронежской области целесообразно рассматривать навесные мульчеры следующих марок:

- Мульчер FAE Group UMM/S-UMM/S/HP (Италия) (рис. 1). Относится к тяжелому классу, навешиваются на трактора мощностью от 180 до 350 л.с. Приводятся в действие от ВОМ. Отличаются высокой надежностью и производительностью. Позволяют эффективно выполнять любые работы связанные с удалением и утилизацией нежелательной растительности диаметром ствола до 35 см. Заглубляются в почву на 5-7 см. Для работы с мульчером трактор должен быть оборудован ходоуменьшителем.



Рис. 1. Мульчер FAE Group UMM/S-UMM/S/HP

- Мульчер ANWI M550m (Германия) (рис. 2) разработан для машин мощностью 100-250 л.с. для 3-х точечной навески KAT III и KAT IV. Благодаря смещенной геометрии резцов в корпусе мульчера происходит максимальное измельчение растительности. Автоматический контроль натяжения ремней обеспечивает оптимальный отбор мощности и снижает износ ремней. Используемая в мульчере W-кинематика позволяет работать на склонах без потери мощности и снижает нагрузку на трансмиссию энергоносителя.

- Мульчер FERRI TFC-DT/R (Италия) (рис. 3) предназначен для расчистки от древесно-кустарниковой растительности со средним диаметром ствола 30-35 см.

Мульчеры FERRI оснащены толкающей рамой, которая предназначена для пригибания растительности вперед по ходу движения трактора, а так же обеспечивает дополнительную безопасность от заваливания дерева на кабину трактора.



Рис. 2. Мульчер ANWI M550m





Рис. 3. Мульчер FERRI TFC-DT/R

Мульчеры оснащаются двумя типами толкающих рам – механической и гидравлической. Мульчеры серии DT способны заглубляться в грунт до 5 см (переменно, в результате неровностей грунта). При этом следует отметить, что любой мульчер не способен работать ниже уровня грунта с постоянным заглублением – это прерогатива роторатора. Ширина рабочей зоны мульчера измеряется по внутренней стороне салазок, и позволяет оптимально подобрать мульчер к необходимому трактору.

- Мульчер навесной SEPPI M. STARFORST (рис. 4). Мощный лесной измельчитель, требующий мощности до 300 л.с. Подключение подходит благодаря системе ADAM™ обеспечивающей наклон редуктора измельчителя, это делает машину очень гибкой, легкой маневренности.

Система минимизации рабочих углов карданного вала, обеспечивает наклон редуктора измельчителя таким образом, что углы между карданным валом и ВОМ и между карданным валом и входным валом редуктора остаются разными. W-кинематика. Это выравнивание защищает кардан, а также ВОМ трактора от ненужных нагрузок, вызванных неровностью почвы.



Рис. 4. Мульчер навесной SEPPI M. STARFORST

Прочная конструкция из специальной износостойкой стали нового поколения, запатентованный ротор с твердосплавными режцами MINI DUO, с дополнительными вставками из карбида вольфрама, со-

четание инструментов и их опор, гарантируют высокоустойчивость, даже в самых сложных каждодневных условиях. Прочный корпус для длительного срока службы машины с защитой из износостойкой стали. Противорежущие пластины с внутренней стороны корпуса измельчение материала. Легко открывающиеся крышки обеспечивают удобный доступ к коробке передач для технического обслуживания.

- Мульчер навесной ORSI серии Big Forrest (рис. 5).



Рис. 5. Мульчер навесной ORSI серии Big Forrest

- Мульчер навесной UM-Forest. Средняя серия, ротор 505мм (Механический привод) (рис. 6).



Рис. 6. Мульчер навесной UM-Forest

Для условий работы в Воронежской области подходят следующие ротораторы:

- Ротораторы SSL SPEED (Италия) (рис. 7) навешивается на трактора с мощностью двигателя от 100 до 220 л.с. (в зависимости от рабочей ширины). Приводятся в действие от ВОМ. Применяются для фрезерования твердых почв с измельчением пней, корней и порубочных остатков. Измельчают пни и порубочные остатки диаметром до 30 см. и фрезеруют почву вместе с корнями на глубину до 30 см. Для работы с роторатором трактор должен быть оборудован ходоуменьшителем.



Рис. 7. Ротаватор SSL SPEED

- Ротаватор АНВИ RFL700 (Германия) (рис. 8). Отличается использованием машинных элементов с высоким запасом прочности. При максимальной рабочей глубине в 30 см гарантируется глубокая обработка почвенной поверхности. За счет вертикальной конструкции агрегата возможен также реверсивный режим работы фрезы. При этом в основном обрабатывается только верхний слой почвы. Такой порядок работы значительно уменьшает потребление мощности и износ режущих инструментов.



Рис. 8. Ротаватор АНВИ RFL700

- Agri-World – 180.15 (рис. 9). Навесное оборудование для измельчения мелкой поросли на уровне земли, а так же дробление камней, корней и пней в земле на глубине до 30 см.



Рис. 9. Agri-World – 180.15

### Выводы

1. Для Воронежской области, где диаметр растительности не превышает 40 см, преимущество должно быть отдано применению техники с навесным оборудованием. При удалении деревьев диаметром 30-40 см не обязательно использовать мощное базовое транспортное средство, вполне достаточно будет мощность 150-230 л.с.

2. Навесное оборудование по сравнению со спецшасси, позволит сэкономить на запчастях, базовом шасси и значительно сократит расход топлива.

3. При исследовании рынка выяснилось, что для отечественных потребителей при выборе мульчеров наиболее важными оказались следующие критерии:

- механический привод вала отбора мощности энергоносителя;
- спиралевидный ротор лесной фрезы;
- количество резцов от 55 до 105 штук;
- соотношение массы мульчера к его мощности.

4. Полученные результаты могут быть использованы при проведении работ по очистке территорий от растительности.

### Библиографический список

1. Шапкин, О.М. Интенсификация искусственного лесовосстановления : учеб. / О. М. Шапкин. – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 152 с.
2. Малюков, С. В. Оборудование для удаления лесной поросли / С. В. Малюков, Е. В. Поздняков, А. А. Аксенов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2014. – № 2-2 (7-2). – С. 99-103. – DOI: 10.12737/3111.
3. Кулик, К. Н. Инновационная технология реконструкции и восстановления защитных лесных полос / К. Н. Кулик, И. М. Бартевев // Тракторы и сельхозмашины. – 2018. – № 5. – С. 3-8.
4. Повышение эффективности работы кустореза при помощи упоров-улавливателей [Электронный ресурс] / И. М. Бартевев, С. В. Малюков, П. И. Титов, В. Н. Коротких // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 1. – Режим доступа: [www.science-education.ru/101-5304](http://www.science-education.ru/101-5304).

5. Казаков, В. И. Механизация агротехнического ухода в лесных питомниках / В. И. Казаков, Н. Е. Проказин, Е. Н. Лобанова // Лесохозяйственная информация. – 2017. – № 1. – С. 62-68.
6. The Possibility of Increasing the Wearing Resistance of Mulcher Tools / M. Tavodová, D. Kalincová, M. Kotus, L. Pavlík // Acta Technologica Agriculturae. – 2018. – Vol. 21 (2). – pp. 87-93. – DOI: 10.2478/ata-2018-0016.
7. Ivashnev, M. V. Synthesis methodology of patentable technical solutions: A case of equipment for removing tree and shrubby vegetation / M. V. Ivashnev, A. S. Vasiliev, I. R. Shegelman // Astra Salvensis. – 2018. – Vol. 6. – pp. 531-540.
8. Air flow conditions in workspace of mulcher (2018) / J. Čedík, J. Chyba, M. Pexa, S. Petrásek, J. Jedelský, M. Malý // Agronomy Research. – 2018. – 16 (3). – pp. 669-678. – DOI: 10.15159/AR.18.127.
9. Development of an experimental rig for soil and crop residues management / B. G. Jahun, D. Ahmad, M. R. Mahdi, S. Sulaiman // Acta Horticulturae. – 2017. – Vol. 1152. – pp. 87-93. – DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1152.12
10. Официальный сайт ООО «Агробук» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agrobook.ru/blog/user/aleksey-smaragdov/idealnyy-rotor-mulchera>.
11. Официальный сайт ООО ФСНП [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fsnpmachinery.ru/articles/125925>.
12. Официальный сайт «Мир мульчеров» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.mirmulcherov.ru](http://www.mirmulcherov.ru).

### References

1. Shapkin O. M. *Intensifikaciya iskusstvennogo lesovosstanovleniya* [Intensification of artificial reforestation]. Moscow, 1983, 152 p. (In Russian).
2. Malyukov S. V., Pozdnyakov E. V., Aksenov A. A. *Oborudovanie dlya udaleniya lesnoj porosli* [Equipment for removal of forest growth] *Aktual'nye napravleniya nauchnyh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika* [Actual areas of scientific research of the XXI century: theory and practice]. 2014, no. 2-2 (7-2). pp. 99-103. DOI: 10.12737/3111 (In Russian).
3. Kulik K. N., Bartenev I. M. *Innovacionnaya tekhnologiya rekonstrukcii i vosstanovleniya polezashchitnyh lesnyh polos* [Innovative technology of reconstruction and restoration of forest shelter belts] *Traktory i sel'hoz mashiny* [Tractors and agricultural machinery]. 2018, no. 5, pp. 3-8. (In Russian).
4. Bartenev I. M., Malyukov S. V., Titov P. I., Korotkikh V. N. *Povyshenie effektivnosti raboty kustoreza pri pomoshchi uporov-ulavlivatelyej* [Improving the efficiency of the brush cutter with the help of stop catchers] *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2012, no. 1. Available at: [www.science-education.ru/101-5304](http://www.science-education.ru/101-5304). (In Russian).
5. Kazakov V. I., Prokazin N. E., Lobanova E. N. *Mekhanizaciya agrotekhnicheskogo uhoda v lesnyh pitomnikah* // Lесоhozjaystvennaya informaciya. – 2017. - №1. – p. 62-68 (in Russian)
6. Tavodová M., Kalincová D., Kotus M., Pavlík L. The Possibility of Increasing the Wearing Resistance of Mulcher Tools. Acta Technologica Agriculturae, 2018, Vol. 21 (2), pp. 87-93. DOI: 10.2478/ata-2018-0016
7. Ivashnev M. V., Vasiliev A. S., Shegelman I. R. Synthesis methodology of patentable technical solutions: A case of equipment for removing tree and shrubby vegetation. Astra Salvensis, 2018, Vol. 6, pp. 531-540.
8. Čedík J., Chyba J., Pexa M., Petrásek S., Jedelský J., Malý M. Air flow conditions in workspace of mulcher. Agronomy Research, 2018, 16 (3), pp. 669-678. DOI: 10.15159/AR.18.127
9. Jahun B. G., Ahmad D., Mahd M. R., Sulaiman S. Development of an experimental rig for soil and crop residues management. Acta Horticulturae, 2017, Vol. 1152, pp. 87-93. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1152.12
10. *Official'nyj sajt ООО «Агробук»* [The official website of Agrobuk LLC]. Available at: <https://agrobook.ru/blog/user/aleksey-smaragdov/idealnyy-rotor-mulchera>(In Russian).
11. *Official'nyj sajt ООО ФСНП* [The official website of the FSNP LLC]. Available at: <http://www.fsnpmachinery.ru/articles/125925>(In Russian).
12. *Official'nyj sajt «Mir mul'cherov»* [Official site "World Mulcher"]. Available at: [www.mirmulcherov.ru](http://www.mirmulcherov.ru)(In Russian).

## Сведения об авторах

*Малюков Сергей Владимирович* – доцент кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», кандидат технических наук, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: malyukovsergey@yandex.ru

*Панявина Екатерина Анатольевна* – доцент кафедры менеджмента и экономики предпринимательства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», кандидат экономических наук, доцент, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: panyavina-e-a@mail.ru.

*Аксенов Алексей Александрович* – доцент кафедры производства, ремонта и эксплуатации машин ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», кандидат технических наук, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: aaa-aksenov@mail.ru.

## Information about authors

*Malyukov Sergey Vladimirovich* – Associate Professor Department of Forestry Mechanization and Machine Design, Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», PhD in Engineering, Voronezh, Russian Federation; e-mail: malyukovsergey@yandex.ru.

*Panyavina Ekaterina Anatolievna* – Associate Professor of Department of management and Economics entrepreneurship, Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Ph.D. in Economics, Associate Professor, Voronezh, Russian Federation; e-mail: panyavina-e-a@mail.ru.

*Aksenov Alexey Aleksandrovich* – Associate Professor of Production, Repair and Maintenance of Machinery Department, Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», PhD in Engineering, Voronezh, Russian Federation; e-mail: aaa-aksenov@mail.ru.

DOI: 10.12737/article\_5c920171c372b2.19385616

УДК 631.31, 004.94

## ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ДИНАМОМЕТРИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРЕОДОЛЕНИЯ ПРЕПЯТСТВИЙ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ОРУДИЙ НА ВИРТУАЛЬНОМ СТЕНДЕ

кандидат технических наук **М.Н. Лысыч**<sup>1</sup>

1 – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»,  
г. Воронеж, Российская Федерация

Статья посвящена исследованию процесса взаимодействия упруго закрепленных почвообрабатывающих рабочих органов и препятствий средствами компьютерных приложений, моделирующих динамику движения 3d-моделей (MDB), созданных в среде САПР. Описывается конструкция виртуального стенда и динамометрического блока, реализованная в среде САПР SolidWorks и приложении для моделирования динамики движения SolidWorks Motion. Виртуальный стенд позволяет одновременно фиксировать все составляющие вектора тягового сопротивления ( $R_x$ ,  $R_y$ ,  $R_z$ ). Как пример использования виртуального стенда приводятся измеренные объемные силовые характеристики процесса преодоления пня секцией модульного дискового культиватора и силы, возникающие на пружине предохранительного механизма. Также для более детального исследования силовых характеристик предохранительного механизма моделировался процесс въезда рабочего органа на препятствие клиновидной формы с плоской контактной поверхностью и постоянным углом подъема. Это дало возможность получить силовые характеристики движения рабочих органов по горизонтальной поверхности препятствий любых допустимых высот за один эксперимент и оценить параметры предохранительного механизма. Данные с участка непосредственного взаимодействия рабочего органа с препятствием были аппроксимированы полиномом второй степени, что позволило рассчитать значения сил при различных высотах препятствия (0, 10, 20, 30, 40 см) и установить их максимумы:

$R_{x_{max}}=1075,22\text{H}$  (высота 10,42см),  $R_{y_{max}}=977,01\text{H}$  (высота 13,75см),  $R_{z_{max}}=3876,45\text{H}$  (высота 12,08см). Полученные с применением виртуального стенда данные могут анализироваться непосредственно в приложении в режиме реального времени, либо выводиться в сторонние программы где происходит их окончательная обработка. В дальнейшем они могут использоваться как для оптимизации конструкций рабочих органов и предохранительных механизмов, так и для достоверной имитации возмущений при моделировании рабочего процесса машинно-тракторного агрегата в целом.

**Ключевые слова:** многотельная динамика, САПР, пространственное динамометрирование, почвообрабатывающие рабочие органы, препятствия, вырубка

### SPATIAL DYNAMOMETRATION OF THE PROCESS OF OBSTACLES OVERCOMING BY WORKING BODIES OF TILLAGE TOOLS ON A VIRTUAL STAND

PhD (Engineering) M.N. Lysych<sup>1</sup>

1 – FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov",  
Voronezh, Russian Federation

#### Abstract

The article is devoted to the study of the interaction of elastically fixed tillage working bodies and obstacles by means of computer applications that simulate the dynamics of 3d-models (MDB) movements created in CAD environment. The design of virtual stand and dynamometer block is described, implemented in the environment of CAD SolidWorks and SolidWorks Motion applications for movement dynamics modeling. Virtual stand enables to simultaneously capture all the components of traction resistance vector ( $R_x$ ,  $R_y$ , and  $R_z$ ). The measured volumetric power characteristics of the process of stump overcoming by a section of modular disk cultivator and forces arising on a spring of safety mechanism are given as an example of virtual stand use. Also, the process of working body driving onto a wedge-shaped obstacle with a flat contact surface and a constant angle of lift has been modeled for a more detailed study of power characteristics of safety mechanism. This made it possible to obtain the power characteristics of the movement of the working bodies on the horizontal surface of the obstacles of any allowable heights in one experiment and to evaluate safety mechanism parameters. The data from the site of direct interaction of working body with an obstacle have been approximated by a second-degree polynomial, which made it possible to calculate the values of forces at various heights of the obstacle (0; 10; 20; 30; 40 cm) and establish their maxima:  $R_{x_{max}}=1075.22$  H (height 10.42 cm),  $R_{y_{max}}=977.01$  H (height 13.75cm),  $R_{z_{max}}=3876.45$  H (height 12.08 cm). The data obtained with virtual stand use can be analyzed directly in the application in real time, or output to third-party programs, where their final processing takes place. In the future, they can be used both to optimize the structures of the working bodies and safety mechanisms, and to reliably simulate disturbances in modeling the working process of a machine-tractor unit as a whole.

**Keywords:** multibody dynamics, CAD, spatial dynamometry, tillage working bodies, obstacles, cutting

#### Введение

Для создания работоспособных рабочих органов лесных почвообрабатывающих орудий необходимо в первую очередь исследовать их способность преодолевать различные препятствия. Эти исследования целесообразно осуществлять с максимальным использованием компьютерного имитационного моделирования.

В настоящий момент моделирование взаимодействия почвообрабатывающих рабочих органов с препятствиями рассматривается только в двумерной системе координат [5-7] или трехмерной, но с измерением только тягового сопротивления [1]. Это при-

водит к значительному упрощению геометрии рабочих органов и снижению достоверности и информативности исследований. Существующие исследования объемного взаимодействия почвообрабатывающих рабочих органов относятся к исследованию их взаимодействия с однородной почвой. В этом случае используется либо метод конечных элементов (FEM) [4, 6], либо метод дискретных элементов (DEM) [2, 3, 9]. Однако эти методы не применимы для моделирования динамики многосвязных механизмов. Для этой задачи наиболее подходящим является метод многотельной динамики (MBD), широко используемый,



например, для моделирования движения подвески транспортных средств [8, 10].

### Цель исследования

Создание виртуального стенда для объемного динамометрирования процесса преодоления препятствий рабочими органами почвообрабатывающих орудий.

### Материал и методы исследования

Для объемного динамометрирования процесса преодоления препятствий рабочими органами почвообрабатывающих орудий был создан виртуальный стенд в среде САПР SolidWorks и приложении для моделирования динамики движения SolidWorks Motion (рис. 1).

Стенд состоит из основания 1, направляющей 2, водила 3 и условно обозначенной земли 4. На водило, имеющее возможность прямолинейного движения без трения, устанавливается виртуальный динамометрический блок 5 к которому крепится секция модульного орудия 6 или полностью орудие. В основании устанавливается пень 7 с различным боковым смещением.

Виртуальный динамометрический блок (рис. 2) состоит из направляющей 1 и каретки 2 направления  $R_y$ , направляющей 3 и каретки 4 направления  $R_z$ , направляющей 5 и каретки 6 направления  $R_x$ . Между каждой кареткой и направляющими установлены виртуальные нагрузочные пружины 7 без предварительного натяжения. Жесткость пружин выбирается либо равной жесткости стали, что исключает ее деформации под нагрузками, возникающими при моделировании, либо равной жесткости тракторных навесных устройств для имитации их колебаний.

Для проведения испытаний динамометрический блок жестко соединяется направляющей 1 с водилом с одной стороны, и кареткой 6 с исследуемым орудием с другой. Также жестко соединены между собой каретка 2 и направляющая 3, каретка 4 и направляющая 5. Таким образом конечное звено 6 может перемещаться в трех направлениях  $R_x$ ,  $R_y$ ,  $R_z$  относительно начального неподвижного звена 1, при этом его подвижность ограничивается виртуальными пружинами с задаваемой жесткостью.

### Результаты исследования и их обсуждение

Получаемые с использованием виртуального стенда данные могут анализироваться непосредственно в приложении в режиме реального времени, либо выводиться в сторонние программы где происходит их окончательная обработка. Как пример можно привести объемные силовые характеристики процесса преодоления пня высотой 30 см (условная глубина обработки 10 см, угол атаки  $30^\circ$ ) секцией модульного культиватора и силовую характеристику пружины предохранительного механизма (рис. 3), полученные с применением виртуального стенда и динамометрического блока. Проанализируем полученные результаты на трех основных участках: 1 – въезд на препятствие; 2 – движение по горизонтальной поверхности препятствия; 3 – сход с препятствия.

Первый участок. Компонента  $R_x$  достаточно резко возрастает до максимального значения в 11070 Н и также быстро убывает до 600 Н. Компонента  $R_y$  также резко изменяется до  $-14754$  Н из-за встречи тыльной стороны диска с пнем с последующим быстрым падением до  $-147$  Н. Компонента  $R_z$  начинает сначала несколько убывать от  $-1600$  Н (вес секции культиватора) до  $-2660$  Н с последующим быстрым ростом до 2460 Н. Сила на пружине быстро возрастает с 6800 Н (предварительная нагрузка) до 19000 Н. Второй участок. Компонента  $R_x$  колеблется стабилизируется у среднего значения 298 Н. Компонента  $R_y$  имеет среднее значение 384 Н. Компонента  $R_z$  имеет среднее значение 1652 Н. Сила на пружине также стабилизируется, имея среднее значение 18200 Н.

Третий участок. Компонента  $R_x$  в момент контакта стойки с ограничителями начинает колебаться с максимальной амплитудой до 3500 Н быстро стабилизируясь у 0 Н. Компонента  $R_y$  после незначительных колебаний стабилизируется у 0 Н. Компонента  $R_z$  возвращается к значению  $-1600$  Н. Сила на пружине также возвращается к исходному значению в 6800 Н. Значительных колебаний сил не наблюдается за счет использования виртуального демпфера.

Как видно из приведенных данных, полученные при проведении исследований значения, составляющих вектора тягового сопротивления, достаточно сложно поддаются анализу. Это связано с тем что измеряемые силы являются продуктом сложного пространственного взаимодействия препятствия и рабочего органа (например, четырехдисковая культиваторная батареи и цилиндрический пень), а также силового взаимодействия предохранительного механизма. Поэтому для оценки работоспособности виртуального стенда и силовой характеристики предохранительного механизма предлагается проводить эксперимент с использованием препятствия упрощенной клинообразной формы. Длина клина составляет 4м, максимальная высота – 0,4м. В конце клина расположен горизонтальный участок высотой 0,4м. Скорость движения рабочего органа составляет 1 м/с.

На рис. 4 представлен общий вид вирту-

ального испытательного стенда с препятствием клиновидной формы.

Имитационные исследования с применением виртуального стенда позволяют получить составляющие вектора тягового сопротивления  $R_x$ ,  $R_y$ ,  $R_z$  и силовые характеристики предохранительного механизма (рис. 5).

Проанализируем более подробно процесс движения рабочего органа по наклонной поверхности клина. Для этого отбросим данные полученные на участке до взаимодействия с препятствием и данные движения по горизонтальному участку препятствия. Затем произведем аппроксимацию результатов силового исследования полиномом второй степени. Это дает нам возможность рассчитать значения сил при различных высотах препятствия, а конкретно при 0, 10, 20, 30, 40см (рис. 6).

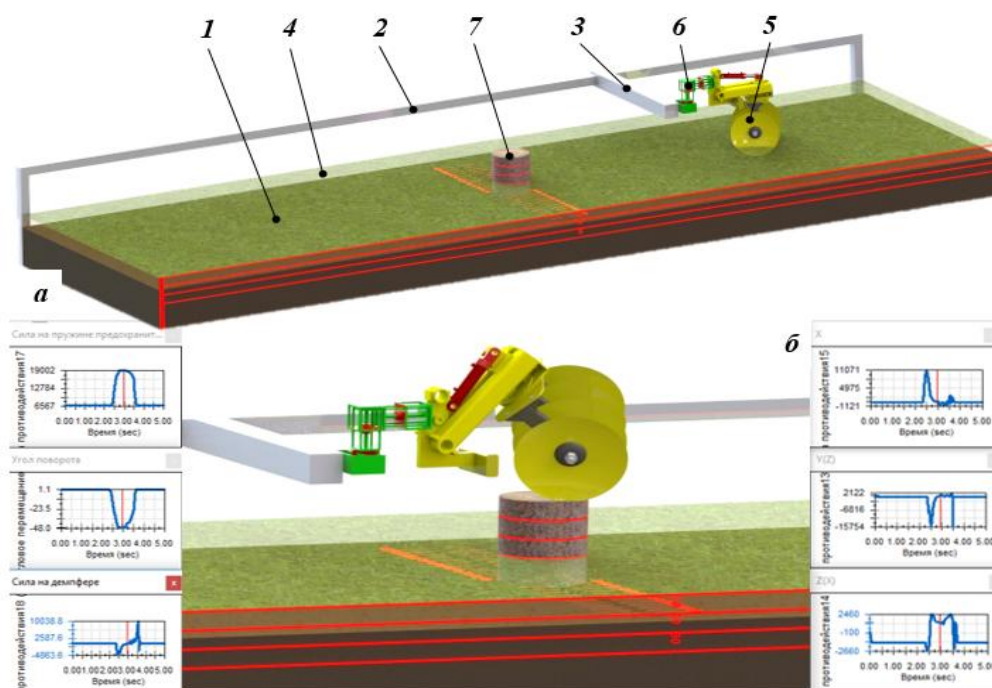


Рис. 1. Виртуальный стенд  
 а – общий вид; б – процесс моделирования с отслеживанием ключевых параметров

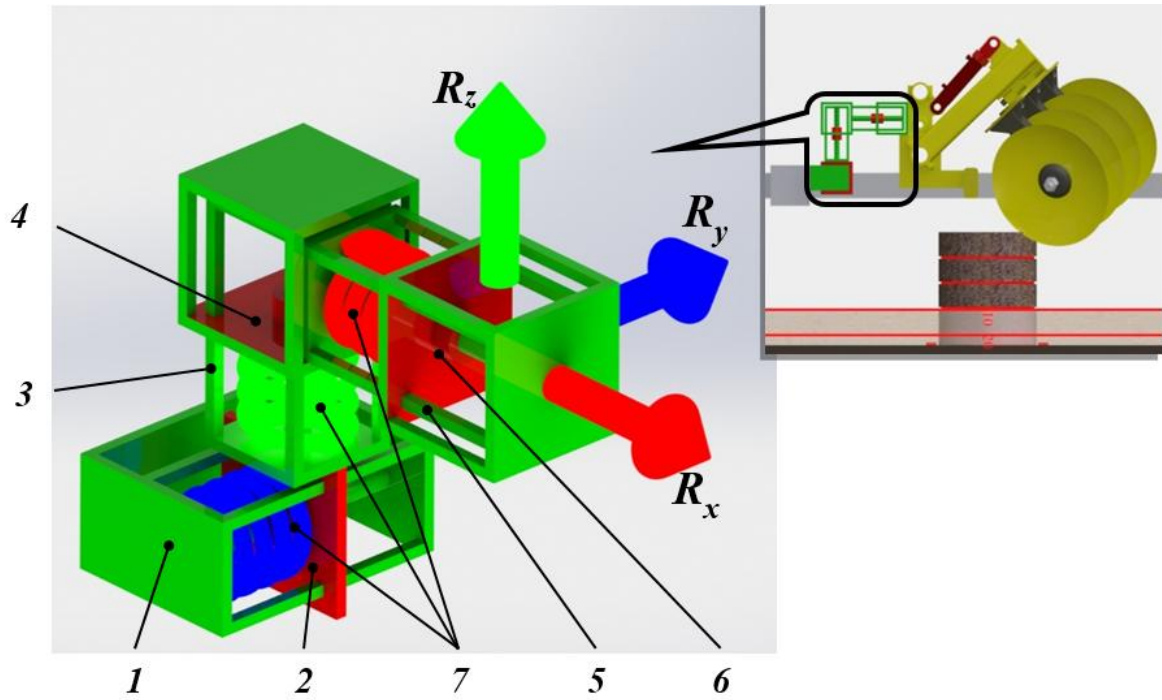


Рис. 2. Виртуальный тензометрический блок

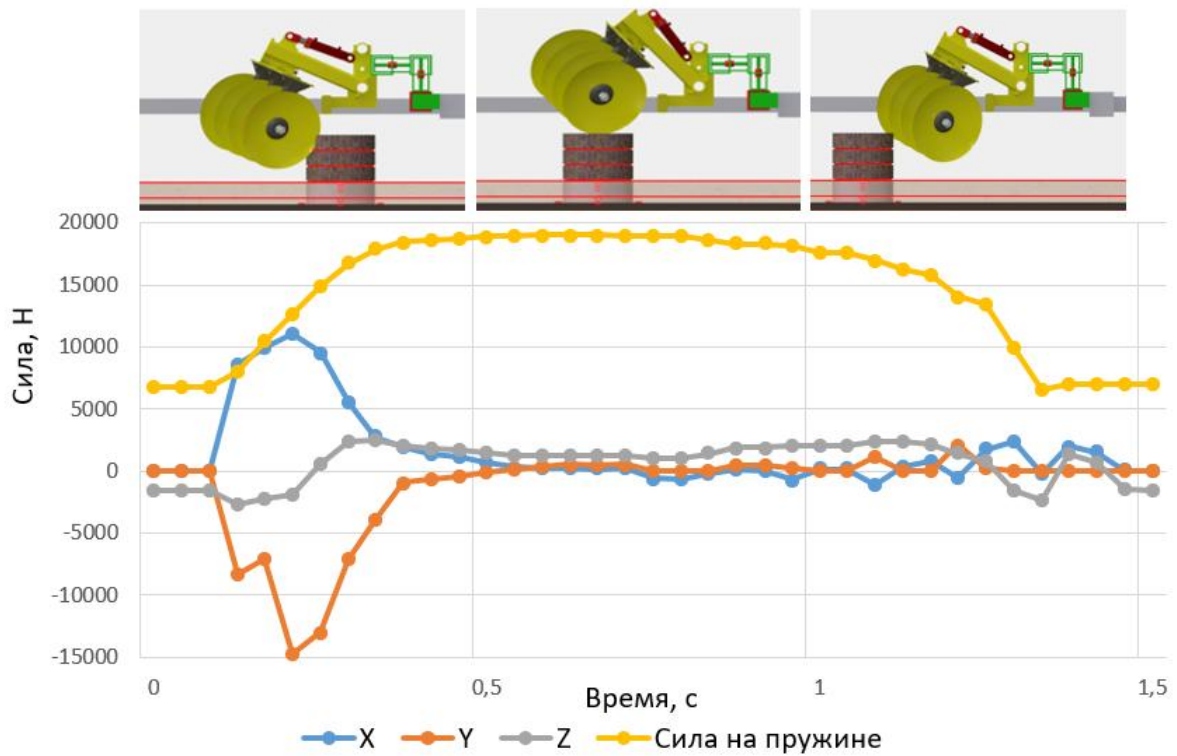


Рис. 3. Объемные силовые характеристики процесса преодоления 30 см пня секцией дискового культиватора при угле атаки батареи 30°



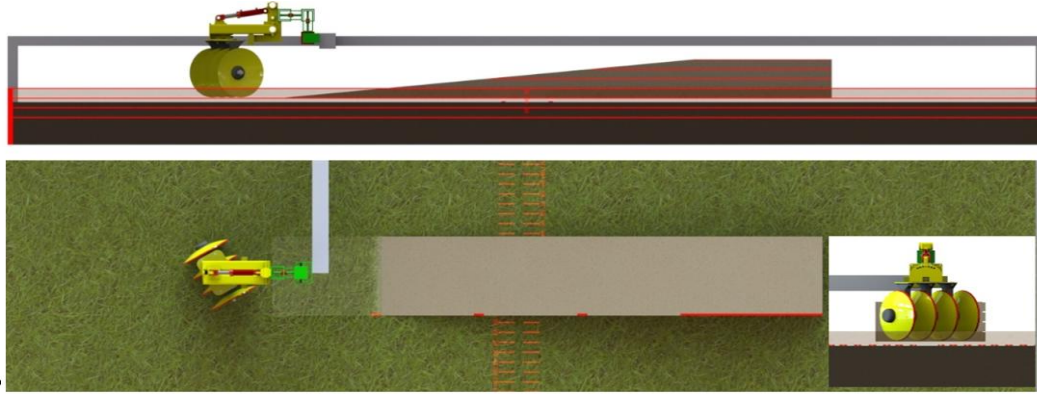


Рис. 4. Виртуальный испытательный стенд с препятствием клиновидной формы

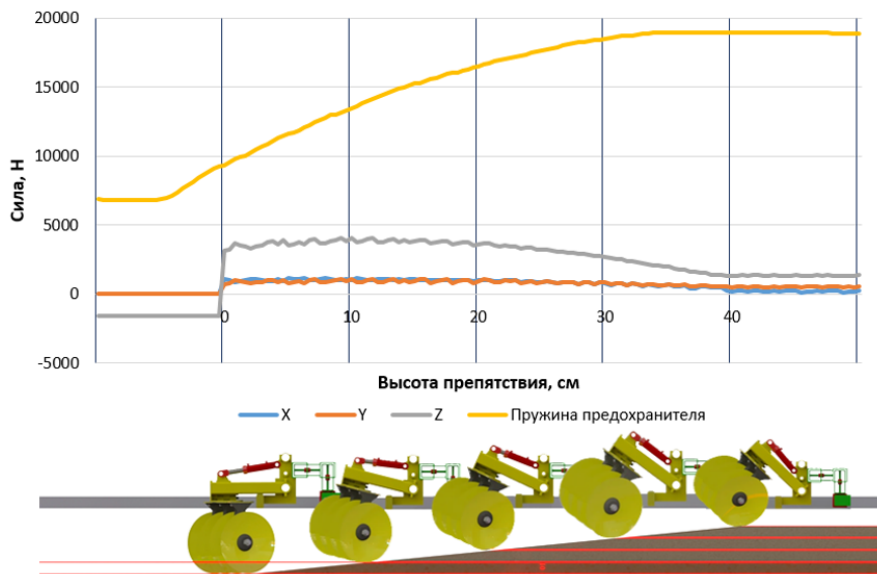


Рис. 5. Результаты виртуального динамометрирования процесса въезда дисковой батареи на препятствие клиновидной формы

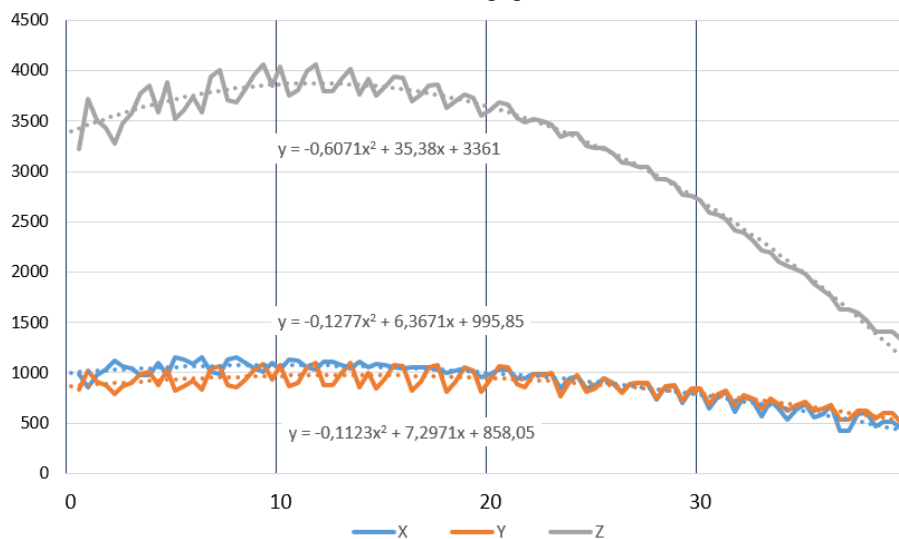


Рис. 6. Аппроксимация результатов силового исследования полиномом второй степени

По результатам аппроксимации получены следующие уравнения:

$$\text{для } R_x - y = -0,1277x^2 + 6,3671x + 995,85,$$

$$\text{для } R_y - y = -0,1123x^2 + 7,2971x + 858,05;$$

$$\text{и для } R_z - y = -0,6071x^2 + 35,38x + 3361.$$

Результаты расчета уравнений с различными высотами препятствий представлены в табл. 1. Дополнительно исследовав максимумы полученных уравнений получаем наибольшие значения составляющих вектора тягового сопротивления для данного предохранительного механизма и рабочего органа (табл. 2).

Анализ полученных данных показывает что на первом участке (высота 0-10 см) наблюдается постепенный рост всех составляющих. В начале второго участка (высота 10-20 см) компоненты достигают своих максимальных значений (табл. 2) после чего начинается плавный спад для  $R_x$  и  $R_y$  компонент и более интенсивное убывание для  $R_z$  компоненты. Данные тенденции сохраняются на участках три и четыре (высота подъема 20-30 и 30-40 см соответственно).

**Выводы.** Применение виртуального стенда для исследования силовых характеристик процесса преодоления препятствий почвообрабатывающими рабочими органами позволяет получить все составляющие вектора тягового сопротивления, а не отдельные его компоненты. При этом возможно достоверное исследование взаимодействия рабочих органов сложной пространственной геометрии с препятствиями любой формы.

Для быстрого исследования силовых характеристик предохранительного механизма можно эффективно использовать препятствия упрощенной клинообразной формы. Это дает возможность получить силовые характеристики движения рабочих органов по горизонтальной поверхности препятствий любых допустимых высот за один эксперимент и оценить параметры предохранительного механизма.

Данные виртуальных экспериментов могут использоваться как для оптимизации конструкций рабочих органов и предохранительных механизмов, так и для достоверной имитации возмущений при моделировании машинно-тракторного агрегата в целом.

Таблица 1

Значения составляющих сил тягового сопротивления при разных высотах пней

Составляющие вектора тягового сопротивления, Н	Высота препятствия, см				
	0	10	20	30	40
$R_x$	995,85	1075,11	1007,25	792,28	430,21
$R_y$	858,50	968,95	950,02	801,73	524,06
$R_z$	3361,00	3860,43	3660,48	2761,15	1162,45

Таблица 2

Максимальные значения составляющих сил тягового сопротивления

Максимальные значения составляющих вектора тягового сопротивления, Н	Высота препятствия, см	Сила, Н
$R_{x\max}$	10,42	1075,22
$R_{y\max}$	13,75	977,01
$R_{z\max}$	12,08	3876,45

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-38-00920.*

## Библиографический список

1. Лысыч, М. Н. Использование САПР для обоснования конструктивных и прочностных параметров почвообрабатывающих орудий / М. Н. Лысыч, М. Л. Шабанов, П. В. Захаров // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 4.
2. Chen, Y. A discrete element model for soil–sweep interaction in three different soils [Текст] / Y. Chen, L. J. Munkholm, T. A. Nyord // Soil & Tillage Research. – 2013. – № 126. – С. 34-41.
3. Discrete element simulations and experiments of soil disturbance as affected by the tine spacing of subsoiler / C. Hang [et al.] // Biosystems Engineering. – 2017. – № 168. – С. 73-82.
4. Study the effect of tool geometry and operational conditions on mouldboard plough forces and energy requirement: Part 1. Finite element simulation / A. Ibrahim [et al.] // Computers and Electronics in Agriculture. – 2015. – № 117. – С. 258-267.
5. Lutchmeea, B. B. S. Design of a partially parallel stump jump using computer-aided design // Thesis Submitted for the degree Master of Applied Science / The University of Adelaide. – Australia. – 1997. – 126 p.
6. Ovsyanko, V. The computer modeling of interaction between share-mouldboard surface of plough and soil / V. Ovsyanko, A. Petrovsky // J. Res. Appl. Agric. Eng. – 2014. – vol. 59, № 1. – С. 100-103.
7. Substantiation and evaluation of effectiveness of perspective constructions of forest tractors ancillary equipment / V. I. Posmetyev [et al.] // ARPN J. Eng. Appl. Sci. – 2016. – vol. 11, № 3. – С. 1840-1855.
8. Teixeira, R. R. Multibody Dynamics Simulation of an Electric Bus / R. R. Teixeira, S. R. D. S. Moreira, S. M. O. Tavares // Procedia Engineering. – 2015. – № 114. – С. 470-477.
9. Ucgul, M. Comparison of the discrete element and finite element methods to model the interaction of soil and tool cutting edge / M. Ucgul, C. Saunders, J. M. Fielke // Biosystems Engineering. – 2018. – № 169. – С. 199-208.
10. Wu, G. Ride comfort evaluation for road vehicle based on rigid-flexible coupling multibody dynamics / G. Wu, G. Fan, J. Guo // Theoretical & Applied Mechanics Letters. – 2013. – № 3. – С. 13004.

## References

1. Lysych M. N., Shabanov M. L., Zaharov P. V. *Ispol'zovanie SAPR dlya obosnovaniya konstruktivnyh i prochnostnyh parametrov pochvoobrabatyvayushchih orudij* [Use CAD for a substantiation constructive and strength parameters of tillage implements]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], 2013. no. 4 (in Russian).
2. Chen Y., Munkholm L. J., Nyord T. A. A discrete element model for soil–sweep interaction in three different soils. *Soil & Tillage Research*. 2013, no. 126, pp. 34-41.
3. Hang C., Gao X., Yuan M., Huang Y. Discrete element simulations and experiments of soil disturbance as affected by the tine spacing of subsoiler/ *Biosyst. Eng.* 2017, no. 168, pp. 73-82.
4. Ibrahim A., Bentaher H., Hbaieb M., Maalej A., Mouazen A.M. Study the effect of tool geometry and operational conditions on mouldboard plough forces and energy requirement: Part 1. Finite element simulation. *Comput. Electron. Agric.* 2015, no. 117, pp. 258-267.
5. Lutchmeea B. B. S. Design of a partially parallel stump jump using computer-aided design. Thesis Submitted for the degree Master of Applied Science. The University of Adelaide. Australia. 1997, 126 p.
6. Ovsyanko V., Petrovsky A. The computer modeling of interaction between share-mouldboard surface of plough and soil. *J. Res. Appl. Agric. Eng.*, 2014, vol. 59, no. 1, pp. 100-103.
7. Posmetyev V. I., Zelikov V. A., Drapalyuk M. V., Latysheva M. A., Shatalov E. V. Substantiation and evaluation of effectiveness of perspective constructions of forest tractors ancillary equipment. *ARN J. Eng. Appl. Sci.* 2016, vol. 11, no. 3, pp. 1840-1855.

8. Teixeira R. R., Moreira S. R. D. S., Tavares S. M. O. Multibody Dynamics Simulation of an Electric Bus. *Procedia Engineering*. 2015, no. 114, pp. 470–477.
9. Ucgul M., Saunders C., Fielke J. M. Comparison of the discrete element and finite element methods to model the interaction of soil and tool cutting edge. *Biosyst. Eng.* 2018, vol. 169, pp. 199-208.
10. Wu G., Fan G., Guo J. Ride comfort evaluation for road vehicle based on rigid-flexible coupling multibody dynamics. *Theor. Appl. Mech. Lett.* 2013, no. 3, pp. 13004.

### Сведения об авторе

*Лысыч Михаил Николаевич* – доцент кафедры лесной промышленности, метрологии, стандартизации и сертификации ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», кандидат технических наук, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: miklynea@yandex.ru.

### Information about the author

*Lysych Mikhail Nikolaevich* – Associate professor of Forest Industry, Metrology, Standardization and Certification department, Federal State Budget Education Institution of Higher Education "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov", PhD. (Engineering), Voronezh, Russian Federation; e-mail: miklynea@yandex.ru.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ НОРМИРОВАНИЯ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ РОССИИ

доктор экономических наук, профессор **С.С. Морковина**<sup>1</sup>

кандидат экономических наук **Е.А. Панявина**<sup>1</sup>

кандидат сельскохозяйственных наук **И.А. Авдеева**<sup>1</sup>

1 – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация

Лесной кодекс Российской Федерации определил разделение функций государственного управления и лесохозяйственной деятельности. Государственные функции управления лесами на уровне субъекта осуществляются уполномоченным органом исполнительной власти субъекта Российской Федерации. Работы по охране, защите и воспроизводству лесов на участках, не переданных в аренду, осуществляют государственные организации различных организационно-правовых форм, на участках, переданных в аренду – предпринимательские структуры. На реализацию функций управления лесами и финансирование лесохозяйственных работ на землях, не переданных в аренду, предусмотрены субвенции из государственного бюджета и бюджетов субъектов РФ. В основе выделения субвенций на лесопользование и ведение лесного хозяйства лежат действующие в лесном хозяйстве нормативы и методики определения норм. Установлено, что нормы выработки и нормы времени практически на все виды лесохозяйственных работ являются устаревшими. Особенно остро эта проблема стоит в лесном хозяйстве южных регионов страны, леса которых произрастают преимущественно в гористой местности. Ввиду отсутствия действующих норм времени и норм выработки по видам лесохозяйственных работ, разработаны нормы выработки и нормы времени, включая методические рекомендации по применению норм для целей разработки нормативов по видам лесохозяйственных работ, осуществляемых в горных условиях. При разработке норм выработки и норм времени применяли метод непосредственных замеров, при котором основными видами наблюдений являются фотография рабочего времени и хронометраж трудовых процессов. Представлены фрагменты разработанных норм выработки и норм времени в горных условиях на лесохозяйственные работы – прокладку минерализованной полосы. Определено, что в связи со спецификой лесного хозяйства необходима разработка типовых норм выработки и норм времени с учетом научно-исследовательских разработок, современных технологий работ и новейшей техники на регионально-типологической основе.

**Ключевые слова:** лесное хозяйство России, нормирование, система нормирования, нормы времени, нормы выработки.

## STUDY OF THE SYSTEM OF RATIONING IN FORESTRY OF RUSSIA

DSc (Economics) **S.S. Morkovina**<sup>1</sup>

PhD (Economics) **E.A. Panyavina**<sup>1</sup>

PhD (Agriculture) **I.A. Avdeeva**<sup>1</sup>

1 – Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russian Federation

### Abstract

The Forest Code of the Russian Federation has defined the separation of the functions of government and forestry activities. State functions of forest management at the level of a subject are performed by an authorized executive body of a constituent entity of the Russian Federation. Work on the protection, preservation and reproduction of forests in areas not leased, carried out by the state organizations of various organizational and legal forms, in areas leased - business structures. Subventions from the state budget and the budgets of the subjects of the Russian Federation are provided for the implementation of the functions of forest management and financing of forestry work on land not

leased. The basis for the allocation of subventions for forest management and forest management are the standards and methods for determining standards that are in force in forestry. It has been established that the development rates and time standards for almost all types of forestry work are obsolete. This problem is particularly acute in the forestry of the southern regions of the country, whose forests grow mainly in mountainous terrain. Due to the absence of current time standards and production standards for types of forestry work, development standards and time standards have been developed, including guidelines for the application of standards for the purpose of developing standards for types of forestry work carried out in mountainous conditions. In the development of standards and time standards used the method of direct measurements, in which the main types of observations are photographs of working time and timing of labor processes. Fragments of the developed norms of development and standards of time in mountain conditions for forestry works - laying of the mineralized strip are presented. It was determined that in connection with the specifics of forestry, it is necessary to develop standard production standards and time standards taking into account research and development, modern work technologies and the latest technology on a regional-typological basis.

**Keywords:** Russian forestry, rationing, rationing system, time norms, production standards.

Леса Российской Федерации составляют более четверти мировых запасов древесной массы и выполняют важные средозащитные и средообразующие функции: рекреации, туризма, охоты, водоохранные и почвозащитные, заготовки живицы, пищевых лесных ресурсов и сбора лекарственных растений, являясь не только экологическим каркасом для всей нашей планеты, но и колоссальным ресурсом для повышения благосостояния и укрепления здоровья граждан России [1].

Помимо экологической составляющей важна и экономическая составляющая потенциала лесов России, так как он обеспечивает удовлетворение потребности промышленности, строительства, сельского хозяйства, полиграфии, торговли, медицины в сырьевых ресурсах [2].

В основе управления лесами лежит многократно реформируемое лесное законодательство.

Введенный в действие Лесной кодекс (2006) обеспечил разделение функций государственного управления и лесохозяйственной деятельности и децентрализовал лесопользование, передав функции распоряжения и государственного надзора за лесным фондом органам государственной власти субъектов Российской Федерации.

В настоящий момент государственные функции управления лесами на уровне субъекта осуществляются уполномоченным органом исполнительной власти субъекта Российской Федерации, на реализацию которых предусмотрены субвенции из федерального бюджета [3].

Для выполнения наработ по охране, защите и воспроизводству лесов на участках, не переданных

в аренду, в созданной структуре управления лесами созданы и действуют государственные организации различных организационно-правовых форм [4].

На участках лесного фонда, переданных в аренду, хозяйственные функции (работы по восстановлению, уходу, охране и защите леса) осуществляют предпринимательские структуры в объемах и в сроки, указанные в проекте освоения лесов и договоре аренды [5]. Источниками финансирования этих работ являются средства арендаторов лесных участков.

Финансирование лесохозяйственных работ на землях лесного фонда, не переданных в аренду, осуществляется из государственного бюджета и бюджетов субъектов РФ [6].

В основе выделения субвенций на лесопользование и ведение лесного хозяйства лежат действующие в лесном хозяйстве нормативы и методики определения норм.

В международной практике используются четыре основных типа нормативов: базовые, идеальные, достижимые, текущие.

Базовые нормативы относятся к долговременным и служат индикаторами долговременных тенденций состава затрат соответствующей им технологии производства. Идеальные нормативы могут использоваться в идеальных условиях организации производства, и мало применимы в практике. Достижимые нормативы – это тот уровень нормативов, который в наибольшей степени соответствует практической реализации.

Текущие нормативы представляют собой временно действующие нормативы, которые дейст-

вуют в ситуациях, когда обычные достижимые нормативы не могут быть реализованы в силу отклонений в ходе производственного процесса.

Особенности нормирования в лесном хозяйстве связаны в первую очередь с разделением функций управления и хозяйствования на уровне региональных систем.

Отметим, что распределение субвенций из федерального бюджета субъектам РФ для осуществления полномочий по управлению лесами осуществляется на основании Постановления Правительства РФ от 29.12.2006 г. № 838 (ред. от 13.02.2019 г.) «Об утверждении Методики распределения между субъектами Российской Федерации субвенций из федерального бюджета для осуществления отдельных полномочий Российской Федерации в области лесных отношений, реализация которых передана органам государственной власти субъектов Российской Федерации» [7]. Порядок расчета нормативных затрат установлен на федеральном уровне Приказом Рослесхоза от 02.03.2017 № 81 «Об утверждении Порядка определения нормативных затрат на выполнение работ федеральными бюджетными и автономными учреждениями, в отношении которых Федеральное агентство лесного хозяйства осуществляет функции и полномочия учредителя» [8]. В каждом субъекте Российской Федерации приняты свои аналогичные нормативные акты, суть которых идентична.

Финансирование ведения лесного хозяйства также осуществляется с учетом производственных норм и нормативов.

Отметим, что значительная часть типовых норм времени, используемых для расчета нормативов затрат разработана в конце XX века и продолжает использоваться в экономике лесного хозяйства. Стремительное развитие отраслей народного хозяйства привело не только к замене машин и орудий, но и существенному развитию технологий.

Лесное хозяйство страны в этом плане не является исключением, и на смену трудоемким и ресурсоемким технологиям пришли новые, обеспечившие рост производительности труда. Цифровизация и интенсификация производственных процессов в лесном хозяйстве предопределили необходимость пересмотра действующих норм времени

и норм выработки на лесохозяйственные работы и разработки нормативных и методических документов, позволяющих модернизировать действующие нормативы.

Изменения, произошедшие в этом плане за последние десять лет, можно оценить как незначительные.

Современное состояние нормирования труда в лесном хозяйстве характеризуется отсутствием централизованного контроля за разработкой и выполнением норм затрат труда, новые нормативные материалы не разрабатываются, нормы выработки и нормы времени практически на все виды лесохозяйственных работ являются устаревшими [9].

Особенно остро эта проблема стоит в лесном хозяйстве южных регионов страны, леса которых произрастают преимущественно в гористой местности. К горным лесам относятся все леса (в том числе заросли кедрового стланика, карликовой березы и т.п.), расположенные в пределах горных систем и отдельных горных массивов с колебаниями относительных высот местности более 100 м.

Ввиду отсутствия действующих норм времени и норм выработки по видам лесохозяйственных работ нами разработаны нормы выработки и нормы времени, включая методические рекомендации по применению норм для целей разработки нормативов по видам лесохозяйственных работ осуществляемых в горных условиях.

Норма времени – это величина затрат рабочего времени, установленная для выполнения единицы работы работником или группой работников (в частности, бригадой) соответствующей квалификации в определенных организационно-технических условиях [10].

Норма выработки – это установленный объем работы (количество единиц продукции), который работник или группа работников (в частности, бригада) соответствующей квалификации обязаны выполнить (изготовить, перевезти и т.д.) в единицу рабочего времени в определенных организационно-технических условиях [10].

Известно, что нормы времени и нормы выработки разрабатываются на те лесохозяйственные работы, которые:

- не отражены в справочниках типовых норм времени и норм выработки лесохозяйственных работ;

- на лесохозяйственных операциях применяется техника, отличная от техники, указанной в справочниках типовых норм времени и норм выработки лесохозяйственных работ;

- нормообразующие факторы на лесохозяйственных операциях отличаются от указанных в справочниках типовых норм времени и норм выработки лесохозяйственных работ.

Считаем, что при разработке норм выработки и норм времени в лесном хозяйстве необходимо применять метод непосредственных замеров, при котором основными видами наблюдений являются: фотография рабочего времени и хронометраж трудовых процессов.

Нормы выработки и нормы времени в горных условиях разработаны на лесохозяйственные работы – прокладка минерализованной полосы.

В основу разработки норм положены:

–фотохронометражные наблюдения;

–технические характеристики орудий и инструментов, применяемых для работ;

–результаты анализа организации труда и мероприятия по её совершенствованию.

Нормы определены по исполнителям в расчете на рабочую смену продолжительностью 8 часов.

Нормами выработки учтено и отдельно не оплачивается время, затрачиваемое исполнителями работ на:

–подготовку рабочего места перед началом работы и приведение его в порядок в конце смены;

–получение задания и инструктажа на выполнение работы;

–ежесменный технический уход за инструментом;

–сдачу выполненной работы;

–отдых и личные потребности.

В описании содержания работ перечислены характерные элементы операции. Элементы, являющиеся неотъемлемой частью данной производственной операции и не приведенные в описании содержания работы, особой оплатой не подлежат.

В нормах предусматривается выполнение всех работ в соответствии с действующими инструкциями и правилами по охране труда и противопожарной технике.

Нормы установлены с учётом выполнения:

–действующих нормативных документов по лесному хозяйству;

–полного оснащения рабочих мест необходимым инструментом;

–применения наиболее рациональных технологических процессов (ступенчатое точечное зажигание лесных горючих материалов);

–выполнение работ рабочими соответствующей квалификации.

Наименование профессий, разряды работ и рабочих в настоящих нормах выработки указаны в соответствии со «Справочником по тарификации механизированных и ручных работ в сельском, водном и лесном хозяйстве», утвержденным Постановлением Государственного комитета СССР по труду и социальным вопросам от 03.11. 1986 № 462/26-62 [11].

Расчеты норм времени и норм выработки на прокладку минерализованной полосы в два прохода при крутизне склона до 20 град. включает этапы:

1. Проведение фотографии рабочего времени, т.е. изучения рабочего времени путем наблюдения и измерения всех без исключения затрат на протяжении рабочего дня. Фотография проводится в целях выявления фактических показателей использования рабочего времени, причин невыполнения действующих норм, сокращения потерь времени [12].

Наблюдение проводится минимум в течение трех дней и состоит в последовательной и подробной записи в наблюдательном листе всего происходящего на рабочем месте. Результаты наблюдения за один день представлены в табл. 1. Материалы фотографии рабочего времени, полученные при наблюдении, обрабатывали, а результаты анализировали. Для этого составлялась сводка одноименных затрат рабочего времени (табл. 2). При этом суммировались все затраты рабочего времени на выполнение данного элемента рабочего процесса, отмеченные в наблюдательном листе одним и тем же номером. Суммируя затраты рабочего вре-



мени по всем элементам, получали общую продолжительность рабочего времени.

После окончания первичной обработки фотографии рабочего времени сводные данные всех наблюдательных листов, кроме обеденного перерыва, вносили в нормировочную карту (сводную таблицу). На основе этих данных определяли фактический и проектируемый баланс времени рабочего дня (табл. 3).

Из сводки затрат рабочего времени по каждому дню наблюдений в гр. 2-4 табл. 3 заносили данные о затратах рабочего времени по элементам. Элементы рабочей смены в графе 1 распределяли в соответствии с классификацией затрат рабочего времени.

Фактическое время рабочего дня определяется сначала суммарно (гр. 5), а затем в среднем для одного дня наблюдений (гр. 6).

Фактический баланс рабочего времени подлежит анализу. При этом вскрываются резервы рабочего времени, потери рабочего времени и их причины, намечаются организационно-технические мероприятия по устранению потерь и использованию резервов рабочего времени. Так, при прокладке минерализованной полосы имеют место потери рабочего времени, связанные с работой, не предусмотренной заданием.

На основе анализа фактического баланса времени и намеченных мер проектировали нормальный баланс времени рабочего дня. В таблице 3 он показан в минутах и процентах (гр. 8-9).

При нормировании проектируют 8-часовой рабочий день, равный 480 мин (100 %). В проектируемый баланс времени рабочего дня (смены) должны входить элементы, необходимые для выполнения установленного технологического про-

цесса, то есть время оперативной работы, подготовительно-заключительной работы, обслуживания рабочего места, а также время на отдых и личные надобности.

Расходы времени на работу, не предусмотренную производственным заданием (случайную и др.), на нерегламентируемые перерывы (из-за нарушения трудовой дисциплины, по организационным, техническим и метеорологическим причинам) в норму времени не включают и в нормальный баланс времени рабочего дня не проектируют.

Более эффективное использование рабочего времени, расходуемого на оперативную работу, определяется после обработки хронометражных наблюдений посредством сравнения фактических и улучшенных затрат оперативного рабочего времени на единицу работы. Хронометраж трудовых ресурсов предназначен для измерения затрат времени на выполнение периодически повторяющихся трудовых приемов в процессе оперативной работы. Хронометраж и фотография рабочего времени взаимно дополняют друг друга.

Для каждого хронометражного ряда определяются фактические и улучшенные данные о сумме продолжительности всех замеров, число замеров и средняя арифметическая длительность одного замера. На основе этих данных и данных фактического и проектируемого баланса рабочего времени, определяют нормы времени, нормы выработки и показатели использования рабочего времени (табл. 4). После того, как по каждому хронометражному ряду определена среднеарифметическая величина затрат оперативного рабочего времени (табл. 5), проверяют доброкачественность данных наблюдений и научную обоснованность и достоверность полученных показателей.

Таблица 1

Фотография рабочего времени (прокладка минерализованной полосы в 2 прохода (ДТ-75))

Наименование элементов работы и перерывов	№ элементов	Текущее время, чч:мм:сс	Продолжительность	
			чч:мм:сс	в мин. с точностью до 0,1
Начало работы		7:59:30		
Получение задания	1	7:59:30	0:10:16	10,3
Заправка ГСМ	2	8:09:46	0:06:05	6,1
Долив воды в радиатор	3	8:15:51	0:04:07	4,1

## Менеджмент. Экономика. Организация

Подготовка орудий к работе	4	8:19:58	0:09:57	10,0
Пуск и прогрев двигателя	5	8:29:55	0:04:18	4,3
Прокладка минерализованной полосы в 2 прохода	6	8:34:13	0:49:42	49,7
Очистка рабочих органов плуга	7	9:23:55	0:01:26	1,4
Отдых и личные надобности	8	9:25:21	0:03:12	3,2
Прокладка минерализованной полосы в 2 прохода	6	9:28:33	0:52:11	52,2
Очистка рабочих органов плуга	7	10:20:44	0:01:35	1,6
Отдых и личные надобности	8	10:22:19	0:03:12	3,2
Прокладка минерализованной полосы в 2 прохода	6	10:25:31	0:47:30	47,5
Очистка рабочих органов плуга	7	11:13:01	0:01:35	1,6
Отдых и личные надобности	8	11:14:36	0:03:12	3,2
Прокладка минерализованной полосы в 2 прохода	6	11:17:48	0:51:33	51,6
Очистка рабочих органов плуга	7	12:09:21	0:01:17	1,3
Обеденный перерыв	9	12:10:38	1:00:29	60,5
Дозаправка ГСМ	10	13:11:07	0:04:04	4,1
Уборка препятствий на пути	11	13:15:11	0:03:07	3,1
Прокладка минерализованной полосы в 2 прохода	6	13:18:18	0:51:26	51,4
Очистка рабочих органов плуга	7	14:09:44	0:01:26	1,4
Отдых и личные надобности	8	14:11:10	0:03:11	3,2
Прокладка минерализованной полосы в 2 прохода	6	14:14:21	0:44:44	44,7
Очистка рабочих органов плуга	7	14:59:05	0:01:17	1,3
Отдых и личные надобности	8	15:00:22	0:03:18	3,3
Прокладка минерализованной полосы в 2 прохода	6	15:03:40	0:52:15	52,3
Очистка рабочих органов плуга	7	15:55:55	0:01:34	1,6
Отдых и личные надобности	8	15:57:29	0:03:15	3,3
Прокладка минерализованной полосы в 2 прохода	6	16:00:44	0:51:10	51,2
Очистка рабочих органов плуга	7	16:51:54	0:01:22	1,4
Сдача работы	12	16:53:16	0:09:39	9,7
Окончание работы		17:02:55		
Итого:				543,8

Таблица 2

### Сводка затрат рабочего времени по элементам

Наименование элементов работы и перерывов	Номера (индексы) элементов	Сумма продолжительности элементов (в мин) за день наблюдений		
		1 день	2 день	3 день
Получение задания	1	10,3	10,1	9,8
Заправка ГСМ	2	6,1	6,3	6,4
Долив воды в радиатор	3	4,1	4,1	4,1
Подготовка орудий к работе	4	10,0	9,5	10,0
Пуск и прогрев двигателя	5	4,3	4,9	4,6
Прокладка минерализованной полосы в 2 прохода	6	400,6	404,0	402,0
Очистка рабочих органов плуга	7	11,6	11,8	11,8

## Менеджмент. Экономика. Организация

Отдых и личные надобности	8	19,4	20,0	20,2
Дозаправка ГСМ	10	4,1	4,0	3,8
Уборка препятствий на пути	11	3,1	1,2	2,8
Сдача работы	12	9,7	9,3	9,4
ИТОГО:		483,3	485,2	484,9
Обеденный перерыв	9	60,5	59,9	61,2
Общая продолжительность наблюдений		543,8	545,1	546,1

Таблица 3

### Фактический и проектируемый баланс времени рабочего времени

Классификация затрат рабочего времени по элементам		Дата наблюдений			Фактический баланс			Проектируемый баланс		
		День 1	День 2	День 3	сумма за все дни наблюд. (мин)	в сред. за один день (мин)	в %	одного рабочего дня (мин)	в %	
1		2	3	4	5	6	7	8	9	
I. Работа	1) предусмотренная заданием	а) оперативная	400,6	404,0	402,0	1206,6	402,2	83,02	400,0	83,33
		б) подготовительно-заключительная	38,6	38,7	38,1	115,4	38,5	7,94	38,5	8,02
		в) обслуживание рабочего места, машины, механизмов	21,6	21,3	21,8	64,7	21,6	4,45	21,5	4,48
	Итого работа, предусмотренная заданием:		460,8	464,0	461,9	1386,7	462,2	95,41	460,0	95,83
	2) не предусмотренная заданием	а) по организационным причинам								
б) по техническим и технологическим причинам		3,1	1,2	2,8	7,1	2,4	0,49			
в) из-за нарушения трудовой дисциплины										
Итого работа, непредусмотренная заданием:		3,1	1,2	2,8	7,1	2,4	0,49			
ВСЕГО поразделу I		463,9	465,2	464,7	1393,8	464,6	95,90	460,0	95,83	
II. Перерывы	1) регламентируемые	а) отдых и личные надобности	19,4	20,0	20,2	59,6	19,9	4,10	20,0	4,17
		б) технологические								
		в) организационные								
	ИТОГО перерывы регламентируемые:		19,4	20,0	20,2	59,6	19,9	4,10	20,0	4,17
	2) нерегламентируемые	а) по организационным причинам								
б) из-за нарушения трудовой дисциплины										
в) метеорологические										
ИТОГО перерывы нерегламентируемые:										
ВСЕГО поразделу II		19,4	20,0	20,2	59,6	19,9	4,10	20,0	4,17	
ВСЕГО поразделам I, II		483,3	485,2	484,9	1453,4	484,5	100,00	480,0	100,00	

Таблица 4

### Расчеты нормы времени, нормы выработки и показателей использования рабочего времени

Показатель	Расчет показателей и их оценка	
	фактическое значение	проектируемое значение
1. Процент оперативного времени	$K_{1ф} = \frac{T_{оп. ф} \times 100 \%}{T_{см. ф}} = \frac{402,2 \times 100 \%}{484,5} \approx 83,02$	$K_{1п} = \frac{T_{оп. п} \times 100 \%}{T_{см. п}} = \frac{400,0 \times 100 \%}{480,0} \approx 83,$

2. Норма времени на единицу продукции (работ), мин.	$N_{вр\phi} = 44,53$	$N_{врп} = 44,53$
3. Норма выработки, км	$N_{выр\phi} = \frac{Топ. \phi}{N_{вр\phi}} = \frac{402,2}{44,53} \approx 9,03$	$N_{вырп} = \frac{Топ. п}{N_{врп}} = \frac{400,0}{44,53} \approx 8,98$

Таблица 5

Расчет величин ошибки арифметической середины для хронометражного ряда элемента «Прокладка минерализованной полосы в 2 прохода»

Варианты	Частоты	Арифметическая середина $M_{cp}$	Отклонение $a$	$a^2$
3,9	1	4,5	-0,6	0,36
4,0	1		-0,5	0,25
4,1	2		-0,4	0,16
4,2	3		-0,3	0,09
4,3	3		-0,2	0,04
4,4	4		-0,1	0,01
4,5	6		0,0	0,00
4,6	3		0,1	0,01
4,7	3		0,2	0,04
4,8	2		0,3	0,09
4,9	1		0,4	0,16
5,0	1		0,5	0,25
			Итого:	2,10

С этой целью определяют коэффициент устойчивости хроноряда и среднюю ошибку (точность) проведенных наблюдений (табл. 6).

Хроноряд считается доброкачественным, если величина средней ошибки не превышает 5-10 %.

По данным расчетов, проведенных в табл. 6, установили, что хронометражный ряд является доброкачественным.

Типовые нормы выработки на прокладку минерализованной полосы, выполняемые в горных условиях, содержат следующие разделы:

1. Содержание работы: получение задания, подготовка тракторного агрегата к работе (заправка, долив воды в радиатор, подготовка орудий к работе, пуск и прогрев двигателя), прокладка минерализованных противопожарных полос, обслуживание агрегата в течение смены (очистка рабочих органов орудий от налипшей почвы, дозаправка трактора топливом и водой, регулировка рабочих органов), сдача и приемка выполненной работы.

Таблица 6

Расчет показателей доброкачественности хронометражных рядов

Показатель	Расчетная формула	Прокладка минерализованной полосы в 2 прохода	Нормат. знач.
1. Коэффициент устойчивости хроноряда ( $K_y$ )	$K_y = \frac{t_{max}}{t_{min}}$	$\frac{5,0}{3,9} \approx 1,28$	$< 3,0$

2. Показатели достоверности хроноряда: – среднеквадратическое отклонение $\sigma$	$\sigma = \pm \frac{\sqrt{\sum a^2}}{n-1}$	$\pm \frac{\sqrt{2,10}}{30-1} \approx \pm 0,005$	-
– средняя ошибка $m$	$m = \frac{\pm \sigma}{\sqrt{n}}$	$\frac{\pm 0,005}{\sqrt{30}} \approx \pm 0,009$	-
3. Выводы о доброкачественности хроноряда ( $P$ )	$P = \frac{m \times 100\%}{M_{cp}}$	$\frac{0,009 \times 100\%}{4,5} \approx 0,20\%$	< 5 %

2. Исполнитель: тракторист-машинист.

3. Тарифный разряд при работе на тракторе ДТ-75: 5-й.

Норма выработки на прокладку минерализованной полосы в 2 прохода при крутизне склона до 20 град представлена в табл. 7.

Таблица 7

Нормы выработки на прокладку минерализованной полосы в 2 прохода при крутизне склона до 20 град

Тип трактора, состав агрегата	Норма выработки, км при слабой каменистости почвы
Гусеничный, ДТ-75 в агрегате с плугом	8,98

Таким образом, на сегодняшний день в лесном хозяйстве отсутствуют актуализированные нормы выработки и нормы времени, а действующая методика распределения субвенций не учитывает территориальные особенности ведения лесного хозяйства, опираясь на устаревшие нормативы.

Следует отметить, что модернизация устаревших норм времени и норм выработки в лесном хозяйстве необходима по ряду причин:

- во-первых, использование устаревших нормативов влечет за собой искажение плановых заданий и является тормозом на пути развития новых технологий и внедрения инноваций;

-во-вторых, при определении нормативных затрат по видам лесохозяйственных работ на основе устаревших нормативов, неизбежны ошибки, приводя-

щие в дальнейшем к занижению или завышению объемов финансирования работ;

- в-третьих, существует объективная необходимость в нормировании работ, осуществляемых на базе новой техники или технологий.

В лесном хозяйстве в связи с широкой механизацией трудовых процессов техническое нормирование становится основным научным методом изучения резервов рабочего времени.

Лесное хозяйство – специфичная отрасль ввиду наличия особенностей, таких как длительный производственный цикл, связь с природно-климатическими условиями, значительная географическая рассредоточенность предметов труда, выраженная сезонность и трудоемкость работ, высокий уровень рисков лесохозяйственных работ. Это означает, что механически перенести существующие в других отраслях принципы, методы и приемы организации производства и его финансирования на лесное хозяйство невозможно, что усиливает важность решения задачи нормирования процессов и операций лесохозяйственного производства. В этой связи необходима разработка типовых норм выработки и норм времени с учетом научно-исследовательских разработок, современных технологий работ и новейшей техники на регионально-типологической основе.

#### Библиографический список

1. Rational use of Forest as a renewable natural resource / Yu. N. Stepanova, Zinoveva I.S., Bezrukova T.L., Kuksova I.V. // European Research Studies Journal. – 2018. – Т.21. – № S1. – С. 443-454

2. Function value analysis in Forestry practice / S. S. Morkovina, V. K. Rezanov, E. A. Panyavina, V. E. Sukhova // Innovation Management and Education Excellence through Vision 2020. Proceedings of the 31st International Business Information Management Association Conference (IBIMA). – 2018. – С. 4419-4425.
3. Козлова, О. Г. Оценка результативности управленческой деятельности органов исполнительной власти субъектов РФ в области лесных отношений / О. Г. Козлова, И. А. Авдеева // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2018. – Т.6. – № 2(38). – С. 307-311
4. Петров, А. П. Рыночная организация лесного хозяйства: опыт зарубежных стран и российских регионов / А. П. Петров, С. С. Морковина // Лесотехнический журнал. – 2016. – Т. 6. – № 4(24). – С. 250-258
5. Морковина, С. С. Экономические аспекты развития предпринимательства в лесном хозяйстве мало-лесной зоны / С. С. Морковина, Е. А. Пянина, Д. А. Панасенко // Социально-экономические явления и процессы. – 2016. – Т.11. – № 8. – С. 58-65
6. Морковина, С. С. Государственно-частное партнерство в лесном хозяйстве ЦЧР: формы реализации и перспективы / С. С. Морковина, Б. Шанянь, О. И. Драпалюк // Лесотехнический журнал. – 2013. – № 2(10). – С. 179-189.
7. Постановление Правительства РФ «Об утверждении Методики распределения между субъектами Российской Федерации субвенций из федерального бюджета для осуществления отдельных полномочий Российской Федерации в области лесных отношений, реализация которых передана органам государственной власти субъектов Российской Федерации» [Электронный ресурс] :от 29.12.2006 г. № 838 (ред. от 13.02.2019 г.)// КонсультантПлюс онлайн - Некоммерческие интернет-версии системы Консультант-Плюс. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_107227/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_107227/)
8. Приказ Рослесхоза «Об утверждении Порядка определения нормативных затрат на выполнение работ федеральными бюджетными и автономными учреждениями, в отношении которых Федеральное агентство лесного хозяйства осуществляет функции и полномочия учредителя» [Электронный ресурс] :от 02.03.2017 № 81// КонсультантПлюс онлайн - Некоммерческие интернет-версии системы Консультант-Плюс. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_216526/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_216526/)
9. Морковина, С. С. Финансовый механизм поддержки инноваций в лесном хозяйстве / С. С. Морковина, И. В. Сибиряткина, А. В. Иванова // Лесотехнический журнал. – 2016. – Т.6. – № 3(23). – С. 221-231
10. Постановление Госкомтруда СССР, Президиума ВЦСПС «Об утверждении Положения об организации нормирования труда в народном хозяйстве» [Электронный ресурс]: от 19.06.1986 N 226/П-6 // КонсультантПлюс онлайн - Некоммерческие интернет-версии системы Консультант-Плюс. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?from=4420-32&rnd=D6DE0FEACA172B5EDD2C77B70952C6AA&req=doc&base=ESU&n=27618&REFDOC=4420&REFBASE=ESU#47n3mvzz99k>
11. Справочник по тарификации механизированных и ручных работ в сельском, водном и лесном хозяйстве [Электронный ресурс]: утв. Постановлением Госкомтруда СССР, ВЦСПС от 03.11.1986 N 462/26-62// КонсультантПлюс онлайн – Некоммерческие интернет-версии системы Консультант-Плюс. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_156154/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_156154/)
12. Бычин, В. Б. Нормирование труда : учеб. / В. Б. Бычин, С. В. Малинин, Е. В. Новикова. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 348 с.

### References

1. Stepanova Yu. N., Zinoveva I.S., Bezrukova T.L., Kuksova I.V. Rational use of Forest as a renewable natural resource // European Research Studies Journal. – 2018. – Т.21. – № S1. – С. 443-454
2. Morkovina S. S., Rezanov V. K., Panyavina E. A., Sukhova V. E. Function value analysis in Forestry practice // Innovation Management and Education Excellence through Vision 2020. Proceedings of the 31st International Business Information Management Association Conference (IBIMA). – 2018. – С. 4419-4425.

3. Kozlova O. G., Avdeeva I. A. Evaluation of the effectiveness of management activities of the executive authorities of the constituent entities of the Russian Federation in the field of forest relations // Actual areas of research of the XXI century: theory and practice. 2018. -Т.6. № 2 (38). p. 307-311
4. Petrov A. P., Carrot S. S. Market Organization of Forestry: Experience of Foreign Countries and Russian Regions // Forest Engineering Journal. - 2016. - Т.6.- № 4 (24). - p. 250-258
5. Morkovina S. S., Paniavina E. A., Panasenko D. A. Economic aspects of the development of entrepreneurship in the forestry of the low forest zone // Socio-economic phenomena and processes. 2016. Т.11. № 8. p. 58-65.
6. Morkovina S. S., Shanyan B., Drapalyuk O. I. Public-Private Partnership in the Forestry of the Central Chernozem Region: Forms of Implementation and Prospects // Forestry log. 2013. № 2 (10). p. 179-189
7. Decree of the Government of the Russian Federation —On Approval of the Method of Distribution between Subjects of the Russian Federation of Subventions from the Federal Budget for the Implementation of Certain Powers of the Russian Federation in the Field of Forest Relations, the implementation of which has been transferred to state authorities of the subjects of the Russian Federation” [Electronic resource]: No. 838 of December 29, 2006 (Ed. 13.02.2019) // Kon-sultantPlyus online - Non-commercial Internet versions of the system Consultant Plus. Access mode: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_107227/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_107227/)
8. The Order of the Rosleskhoz –On Approval of the Procedure for Determining the Standard Expenditures for the Execution of Works by Federal Budget and Autonomous Institutions for which the Federal Agency for Forestry performs the functions and powers of the founder” [Electronic resource]: No. 81 dated 03.03.2017 // ConsultantPlus online - Non-profit Internet version of Consultant Plus. Access mode: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_216526/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_216526/)
9. Morkovina, S.S. Financial mechanism to support innovation in forestry [Text] / S.S. Morkovina, I. V. Sibiryatkina, A. V. Ivanova // Forest-technical journal. 2016. Т.6. № 3 (23). pp. 221-231
10. Resolution of the USSR State Labor Committee, Presidium of the All-Union Central Council of Trade Unions on the approval of the regulation on the organization of labor valuation in the national economy [Electronic resource]: от 19.06.1986 N 226/П-6 // ConsultantPlus online - Non-profit Internet version of Consultant Plus. Access mode: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?from=442032&rnd=D6DE0FEACA172B5EDD2C77B70952C6AA&req=doc&base=ESU&n=27618&REFDOC=4420&REFBASE=ESU#47n3mvzz99k>
11. Handbook of pricing mechanized and manual work in agriculture, water and forestry approved. By decree of the USSR State Labor Committee, the All-Union Central Council of Trade Unions[Electronic resource]:от 03.11.1986 N 462/26-62// ConsultantPlus online - Non-profit Internet version of Consultant Plus. Access mode: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_156154/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_156154/)
12. Bychin V. B., Malinin S. V., Novikova E. V. Labor Rationing : textbook. M. : INFRA-M, 2017. 348 p.

### Сведения об авторах

*Морковина Светлана Сергеевна* – профессор кафедры менеджмента и экономики предпринимательства ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», доктор экономических наук, профессор, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: [tc-sveta@mail.ru](mailto:tc-sveta@mail.ru).

*Панявина Екатерина Анатольевна* – доцент кафедры менеджмента и экономики предпринимательства ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», кандидат экономических наук, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: [panyavina-e-a@mail.ru](mailto:panyavina-e-a@mail.ru).

*Авдеева Ирина Александровна* – доцент кафедры менеджмента и экономики предпринимательства ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», кандидат сельскохозяйственных наук, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: [ia240777@mail.ru](mailto:ia240777@mail.ru).

### Information about authors

*Morkovina Svetlana Sergeevna* – Professor of Department of management and Economics entrepreneurship, Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies

named after G.F. Morozov», DSc (Economics), Professor, Voronezh, Russian Federation; e-mail: tc-sveta@mail.ru.

*Panyavina Ekaterina Anatolievna* – Associate Professor of Department of management and Economics entrepreneurship, Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», PhD (Economics), Voronezh, Russian Federation; e-mail: panyavina-e-a@mail.ru.

*Avdeeva Irina Aleksandrovna* – Associate Professor of Department of management and Economics entrepreneurship, Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», PhD. (Agriculture), Voronezh, Russian Federation; e-mail: ia240777@mail.ru

DOI: 10.12737/article\_5c92017294e4b5.84748067

УДК 647.6

### **ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРИОРИТЕТЫ РАЗДЕЛЬНОГО СБОРА ОТХОДОВ**

кандидат социологических наук, старший преподаватель **Е.А. Преликова**<sup>1</sup>

кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой охраны труда и окружающей среды

**В.В. Юшин**<sup>1</sup>

доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой региональной экономики и менеджмента

**Ю.В. Вертакова**<sup>1</sup>

1 – ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Курск, Российская Федерация

В статье рассмотрены преимущества раздельного сбора отходов как наиболее оптимальной схемы обращения с ТКО. Опыт зарубежных стран показывает, что использование отходов, разделение их на полезные компоненты, применяемые в качестве вторичного сырья на предприятиях, позволяют не только извлекать финансовую выгоду из мусора, но и очищать окружающую среду. Целью исследования является выявление эколого-экономические приоритеты раздельного сбора отходов. В исследовании использованы теоретические и эмпирические методы, в частности: обзор литературы, логический и системный анализ, методы сбора эмпирических данных, описания, прогноза и обработки результатов исследования. Нормативно-правовая база в сфере обращения с отходами РФ претерпела значительные изменения. Появились законы, указы президента, проекты, направленные на решение проблемы по раздельному сбору отходов. Государством разработан ряд мер, предусматривающих деятельность региональных операторов, механизмов управления, обеспечивающих использование мусора в качестве сырья, вовлекаемого в производство продукции. Есть надежда, что такие меры оправдают себя, и переход к раздельному сбору отходов останется не на бумагах, а в реальной жизни. Для достижения цели исследования авторами был проанализирован международный опыт решения подобных проблем, нормативно-правовое обеспечение проблемы обращения с отходами, выявлены и обоснованы экономические приоритеты, а также рассмотрена практика раздельного сбора отходов и деятельность регионального оператора ТКО в Курской области. Результатом исследования стал анализ перспективных направлений раздельного сбора мусора, представлены эколого-экономические приоритеты и мотивация перехода на раздельный сбор отходов.

**Ключевые слова:** отходы, утилизация, раздельный сбор, вторичное сырье, рециклинг, сертификация, региональный оператор.

### **ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC PRIORITIES OF SEPARATE WASTE COLLECTION**

Candidate of sociological sciences, senior lecturer, **E.A. Prelikova**<sup>1</sup>

Candidate of engineering science, senior lecturer, head of department of labor and environmental protection



V.V. Yushin<sup>1</sup>

Doctor of economics, professor, head of department of regional economics and management **Yu. V. Vertakova**<sup>1</sup>  
1- Southwest State University, Kursk, Russian Federation

## Abstract

The article describes the advantages of separate waste collection as the most optimal scheme of treatment of MSW. The experience of foreign countries shows that the use of waste, their division into useful components used as secondary raw materials in enterprises, can not only benefit financially from garbage, but also clean the environment. The aim of the study is to identify environmental and economic priorities of separate waste collection. The study used theoretical and empirical methods, in particular: literature review, logical and system analysis, methods of empirical data collection, description, prediction and processing of research results. The regulatory framework in the field of waste management of the Russian Federation has undergone significant changes. There were laws, decrees of the President, projects aimed at solving the problem of separate waste collection. The state has developed a number of measures providing for the activities of regional operators, management mechanisms to ensure the use of garbage as a raw material involved in the production of products. It is hoped that such measures will be justified, and the transition to separate waste collection will not remain on paper, but in real life. To achieve the goal of the study, the authors analyzed the international experience of solving such problems, regulatory and legal support for the problem of waste management, identified and justified economic priorities, and also considered the practice of separate waste collection and the activities of the regional operator of MSW in the Kursk region. The result of the study was the analysis of promising areas of separate waste collection, presents environmental and economic priorities and motivation for the transition to separate waste collection.

**Key words:** waste, disposal, separate collection, secondary raw materials, recycling, certification, regional operator.

Утилизация отходов в развитых странах является не только залогом чистой окружающей среды, но средством извлечения были из мусора – это направление выгодно с экономической точки зрения. В таких странах более 50 % отходов перерабатывается, а основная часть извлекаемого из отходов сырья идет на изготовление продукции и тепловой энергии.

В РФ от общего количества отходов перерабатывается лишь 7 %. По статистике на 2017 год в нашей стране построено 10 заводов по сжиганию мусора, 50 сортировочных комплексов и 243 перерабатывающих предприятия. При этом большинство из них не загружены. Согласно статистическим данным [1, 2], в том же году на сжигание было отправлено 2,4 % отходов, для переработки 7%, а оставшиеся отходы, в количестве 255 млн. тонн, отправились на полигон для захоронения.

Технологические мощности способны перерабатывать огромное количество отходов, но вся загвоздка в том, что сначала из мусора необходимо выделить полезные компоненты. Так, стеклянные, жестяные, пластиковые бутылки, макулатура, по-

крышки, аккумуляторы должны получить вторую жизнь в качестве уже новой продукции, вместо того, чтобы загрязнять почву в местах их захоронения.

В хозяйственной деятельности любого производства образуются отходы различных агрегатных состояний, классов опасности, которые могут быть вовлечены в новое производство как сырье для новой продукции.

Использование отходов в качестве вторичных материальных ресурсов является важнейшим элементом устойчивого природопользования. Однако в нашей, богатой первичными природными ресурсами, стране такое использование не всегда оказывается перспективным и востребованным. Успешность утилизации отходов зависит от эффективности механизмов управления, наличия технических и технологических возможностей, рентабельности технологического процесса, востребованности самого вторичного ресурса или производимой из него продукции [3].

Утилизация – использование отходов для производства товаров (продукции), включая по-

вторное применение отходов, в том числе по прямому назначению (рециклинг), их возврат в производственный цикл после соответствующей подготовки (регенерация), а также извлечение полезных компонентов для их повторного применения (рекуперация) [4].

Для решения данного вопроса есть несколько способов избавиться от отходов: захоронение, сжигание и переработка. Из трех способов только рециклинг не воздействует на окружающую среду.

Раздельный сбор и дальнейшая переработка отходов – наилучший способ борьбы с мусором, источающим неприятный запах, и переполненными полигонами. Именно такой способ избрали для себя европейцы. В связи с многочисленным населением и небольшой территорией, нехваткой площади под полигоны для захоронения отходов, на проблему обратили внимание ещё в конце прошлого века и создали отлично работающую модель.

**Международный опыт.** Примером для подражания может быть Швеция, использующая оборот вторсырья в производстве, – страна, в которой раздельный сбор и переработка отходов привели к дефициту мусора. В России это звучит неправдоподобно, но в Швеции справляются не только со своими отходами, но и принимают до 800 тысяч тонн отходов из Норвегии. Шведы построили инфраструктуру, способную не просто их утилизировать, а превращать в сырьё. В частности, столица Швеции на 45 % обеспечена электроэнергией благодаря отходам.

Несанкционированных свалок в стране практически нет: 93 % мусора здесь используют или сжигают. Такие высокие показатели обеспечивает, во-первых, высокая культура местных жителей, во-вторых, отлаженная система раздельного сбора отходов. Специальные контейнеры для сбора бумаги, пластика, стекла, батареек и других, утративших свои потребительские свойства, вещей установлены близ жилых домов и в магазинах; в аптеках принимают просроченные лекарства и использованные шприцы; бытовую технику и мебель разбирают на составные элементы, затем используют в качестве сырья. Всё, что переработать не представляется возможным, шведы сжигают. Мусоросжи-

гающие предприятия по-европейски экологичны. Выбросы в атмосферу не превышают 1% [5].

В Германии для раздельного сбора отходов используются специальные помещения с цветными контейнерами для определенного, конкретного типа отходов. В Японии и Англии за нарушение сортировки выписывается крупный штраф. В Швейцарии работает мусорная полиция, в чьи обязанности входит контроль сортировки и выброс отходов. Из мусора в Японии строятся целые острова. Во Франции и Италии на контейнерах устанавливают чипы, управляющие транспортом по вывозу отходов. Чип позволяет определить наполненность контейнера и установить дату вывоза, тем самым сумо организовать маршрут, сэкономить время работы сотрудников и затраты на горючее.

**Нормативно-правовое обеспечение проблемы обращения с отходами.** Согласно ФЗ-458 «О внесении изменений в Федеральный закон «Об отходах производства и потребления, отдельные законодательные акты Российской Федерации и признании утратившими силу отдельных законодательных актов (положений законодательных актов) Российской Федерации» [6], основная часть твердых коммунальных отходов (ТКО) в РФ должна быть использована. Захоронению подлежит не более 25 %. Реформа предполагает, что вывоз мусора станет независимой коммунальной услугой, и в платежках за ЖКУ, которые получают граждане, появится отдельная строка расходов.

Изменения в ФЗ-89 «Об отходах производства и потребления» сдвинули с места и систематизировали механизмы, регулирующие потоки отходов и работу специализированных предприятий по их обращению. Глава государства обратил внимание на проблему переработки мусора, и указал на то, что в ее решении не обойтись без участия общественности. Для ликвидации несанкционированных свалок и полигонов привлекаются волонтеры, молодежные организации, участие принимают активисты Общественного народного фронта, различные общественные организации. Все субъекты РФ разработали программы по выполнению законодательства в области обращения с отходами. Были утверждены территориальные схемы обращения с отходами, выбраны региональные операторы для

того, чтобы узаконить систему обращения с отходами, внести ясность в работу всех задействованных в ней служб по пути к разделному сбору и использованию мусора как компонента в производстве.

Президент РФ Путин В.В. уделяет проблеме разделного сбора отходов особое внимание, т. к. охрана окружающей среды – приоритетное направление сегодня. В последние годы на совершенствование механизмов управления, обеспечивающих использование мусора, направлены многие указы президента:

«-разработка программы по созданию отрасли обращения с твердыми коммунальными отходами (ТКО) замкнутого цикла (раздельный сбор, транспортирование, обработка, утилизация и размещение;

-вовлечение субъектов малого и среднего предпринимательства, населения в деятельность по переработке, сортировке отходов производства и потребления, ликвидации несанкционированных свалок и накопленного вреда окружающей среде,

- введение поэтапного запрета на прием ТКО без предварительной сортировки и утилизации;

- разработка стимулирующих мер и предложений к такому виду деятельности» [3].

Это первоначальный этап работы по удалению скопившихся за десятилетия завалов мусора. Чтобы радикально перестроить состояние сферы обращения с отходами, важно не только бросить все усилия на рекультивацию свалок и ликвидацию ущерба от этого, но и одновременно переходить к решению задачи сбора коммунальных отходов и переработки вторичного сырья. Это и есть составляющие единого комплекса.

Следовательно, проблема не в недостатке инфраструктуры, а в отсутствии системы разделного сбора отходов, недостаточной информированности населения и отсутствии у людей культуры обращения с мусором, хотя экологическая грамотность растет, и все больше людей понимают, что полезнее было бы избирательно выбрасывать мусор – разделять изделия и материалы для сдачи. Некоторые отдельно собирают стеклянные бутылки, кто-то металлолом или макулатуру, но из-за низкой стоимости и неудобного расположения пунктов

приема сдают такие материалы лишь единицы. К тому же не во всех городах России есть возможность даже для предприятий сдать отходы от собственной деятельности или производства, что говорить о простых людях. В поселках и деревнях ситуация куда печальнее – свалка может образоваться где угодно: в посадке, лесу, овраге и т. д., а из пунктов приема отходов можно найти лишь металлолом.

**Экономические приоритеты.** В основной своей массе ТКО состоят из пищевых отходов, которые заполняют контейнеры. В связи с этим, чтобы уменьшить количество таких отходов можно устанавливать кухонный измельчитель – этот прибор поможет избавиться от пищевых остатков, неприятного запаха, скопления насекомых. Измельченные остатки пищи смываются в канализацию, тем самым решается проблема переполненных баков.

Еще одной мерой экономического стимулирования является разделение тарифов на услуги ЖКХ за вывоз отходов уже разделенных на «полезные», которые могут использоваться в дальнейшем как сырье, и, так называемые, «хвосты» для захоронения. Для населения этот факт также будет немаловажным.

Необходимо формировать у населения сознательное отношение к разделному сбору отходов, проводить беседы с детьми, начиная с детского сада и школы, формировать бережное отношение к природе уже в раннем возрасте.

С этой целью на всех уровнях необходимо вести информационную работу с населением, привлекая внимание к проблеме разделного сбора отходов, как возможность не только сэкономить на оплате услуг ЖКХ, но и улучшить экологическую ситуацию в целом.

Помимо всего прочего, на законодательном уровне разработан экономический механизм – норматив утилизации, предусматривающий увеличение ответственности импортеров и прямых производителей товаров за утилизацию отходов, полученных при их использовании.

Государство утвердило «Стратегию развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления

на период до 2030 года» [7]. В основе ее предполагается разработка мер финансовой поддержки отечественных производителей оборудования для переработки отходов, чтобы такие перерабатывающие производства были загружены на всю мощность, а также - для поставок продуктов переработки потребителям вторсырья. Задача состоит в том, что средства, собранные от экологического сбора, были направлены на создание оборудования отечественного производства, а также на поддержку компаний-переработчиков, которым будет оказываться финансовая помощь.

В законодательстве, с практической точки зрения, нет понятия «вторичные ресурсы» в отношении сырья, которое образуется при сортировке, поэтому используются стандартные нормы об отходах, что затрудняет вовлечь такое сырье в полноценный хозяйственный оборот. Из общего объема твердых коммунальных отходов сортируется лишь 10%, а возвращается и используется в промышленности и того меньше – 3-5%. Поэтому различными ведомствами разрабатываются нормативные документы, согласно которым определяется статус таких вторичных ресурсов.

На законодательном уровне государство, таким образом, пытается урегулировать статус вторичных ресурсов и создать условия, при которых захоронение или хранение отходов, содержащих в своем составе компоненты для переработки, станет для собственника отходов экономически не выгодным. Планируется, что такие меры, вместе со Стратегией, оправдают себя, и обороты вовлечения вторичного сырья в механизм переработки останутся не на бумагах, а в реальной жизни [7].

Одним из новых направлений переработки отходов является перевод отходов в категорию продукта или товара. В России такой опыт не достаточно распространен, как на Западе. Так, например, переводят в продукцию следующие виды отходов:

- бой асфальта – в строительный материал;
- избыточный ил биологических очистных сооружений (после очистки от нефтепродуктов) – для рекультивации нарушенных земель;
- навоз КРС – в качестве удобрений на сельскохозяйственных полях,

- на металлургических комбинатах практически все отходы можно перевести в товар и использовать повторно в литейном производстве [8].

Такое направление приоритетно с точки зрения экономии на транспортных компаниях и полигонах, позволяет уменьшить количество отходов на предприятии, соответственно, уменьшить платежи за НВОС.

**Раздельный сбор отходов в Курской области.** В Курской области ряд компаний пытаются внедрить элементы раздельного сбора мусора и отходов, чтобы вычленив от коммунальных отходов полезные фракции и затем их утилизировать. Лишь в немногих районах города можно наблюдать емкости для сбора ПЭТ бутылок или макулатуры рядом с баками для ТКО.

В 2011 года ГК «ЭкоЛогика» создала проект «Чистый дом, в котором мы живем». Основная идея состояла в том, чтобы рекламная макулатура из почтовых ящиков в подъездах попала на переработку, а не на свалку, вместе с отходами упаковочного картона, которые выбрасывали жители домов, строители, сотрудники магазинов в мусорные баки.

Каждый из нас сталкивался с ситуацией, когда зайдя в подъезд, видит в своем ящике листовки рекламы. Кто-то вместе с почтой забирает ее домой, просмотрев, выбрасывает в мусорное ведро, кто-то выбрасывает тут же в подъезде на пол. После уборки подъезда макулатура отправляется в общие баки с мусором. В обоих случаях печатная продукция заканчивает свой жизненный цикл одинаково. То есть бумажные листовки попадают не на переработку, а на полигон, тем самым загрязняя природную среду.

Организатором были изготовлены металлические емкости для сбора такой бумаги, затем последовало предложение во все управляющие компании (УК), обслуживающие жилые дома города, т. к. проект мог заработать лишь при участии обслуживающих организаций или УК. В связи с этим были выдвинуты следующие предложения:

- 1) разрешить установку в подъездах домов раскрашенные ящики;
- 2) выделить угол для установки контейнера накопителя, без которого емкости в подъезде бессмысленны;

3) провести беседу с уборщиками и дворниками: обозначить место для сбора листовок и бумагу из подъездов.

Организатор, в свою очередь, изготавливал емкости и таблички с информацией, предоставлял транспорт для сбора и транспортировки собранного мусора, платил деньги за бумагу в обслуживающие дом управляющие компании. Лишь некоторые УК не остались безразличными и откликнулись на участие в программе.

В г. Курске существует сеть пунктов по приему вторсырья: бумажной упаковки и картона, печатной продукции, стеклотары, ПЭТФ бутылок и пленки, пластиковых ящиков, лома бытового пластика, жестяных банок, принадлежащая ООО «Курсктарепереработка». Сюда сдается продукция, пригодная для переработки. Если каждый будет постоянно сдавать за деньги бесконечно образующуюся бумажную, пластмассовую упаковку, стекло, металлическую тару, которые можно вновь использовать как материал, количество мусора на площадке сбора заметно уменьшится. В перечень организаций, принимающих отходы для переработки, входят: ЗАО «Торгвторсервис», ПКП «Гускарь», «Реполимер».

**Региональный оператор ТКО в Курской области.** С 1 июля 2018 г. в Курской области на основании ФЗ-458, принятого в январе 2016 года, появилось два региональных оператора ТКО, обслуживающих область: ООО «Экопол» и АО «САБ по уборке г. Курска».

ООО «Экопол» запустило линию по сортировке коммунальных отходов. Отсортированные компоненты отходов для последующей переработки - макулатура, полиэтиленовые отходы, пластмасса, текстиль, ПЭТ. Компания работает с предприятиями Курской области и ближайших регионов – потребителями вторичного сырья, использующими его для дальнейшего производства товаров. Так извлекается выгода от обработки отходов перед захоронением, тем самым обеспечивает себя дополнительной прибылью от продажи вторсырья и меньшими затратами на захоронение того объема «хвостов», которые не пригодны для переработки. Такое решение экономически и экологически вы-

годно не только для компании, но и для окружающей среды.

АО «САБ по уборке г. Курска» имеет только полигон для захоронения отходов, т. е. после сбора и транспортировки мусора на полигон сортировка отходов не производится из-за отсутствия линии сортировки вообще.

Комитетом ЖКХ и ТЭК Курской области была разработана и утверждена Территориальная схема обращения с отходами в том числе, с твердыми коммунальными [9]. Территориальная схема представляет собой основной документ, регулирующий планирование и осуществление деятельности по обращению с отходами Курской области. В ней содержатся целевые показатели перспективного развития отрасли обращения с отходами на период до 2025 года. Это и работа избранных на конкурсной основе операторов, и определение территорий, на которых образуются отходы, и объекты сбора, накопления, обработки, утилизации, обезвреживания отходов в целях достижения установленных в Территориальной схеме показателей. В данном документе представлены мероприятия по модернизации, реконструкции и строительству объектов размещения отходов; мероприятия, снижающие и предотвращающие вредное влияние отходов на здоровье человека и окружающую среду.

Таким образом, в г. Курске с помощью мер, указанных выше, решается вопрос исполнения экологического законодательства в области обращения с отходами. Важно, чтобы учителем в этой сфере было государство, а организации/предприятия и подобные проекты будут способствовать продвижению системы раздельного сбора отходов.

Руководство ТСЖ, УК, обслуживающие жилые дома, ЖКХ, организаций, вузов, школ, могло бы организовывать и проводить на закрепленных территориях субботники, где мусор можно и нужно делить на «полезный» и хвосты для полигонов.

Для экономии природных ресурсов можно повторить опыт прошлых лет, когда отдельно принималась макулатура. Это направление курировали школы. Каждый учащийся должен был сдать определенное количество бумаги, за что поощрялся грамотой или еще каким-либо призом. Такая мотивация

вазия заставляла даже взрослых участвовать в мероприятиях по раздельному сбору мусора.

Государство может привлечь крупные сетевые магазины экономически стимулировать население сдавать пригодные для использования отходы, например, проводить какие-либо акции и проекты: при покупке товара в пластиковой емкости, упаковке получать скидки или бонусы на покупку, если аналогичную упаковку можно принести из дома и тут же сдать [10,11,12,13]. Ведь подобные организации сортируют мусор и заключают договор на сдачу возвратных отходов. В свою очередь, государство могло бы поощрять такие предприятия, устанавливая для них льготы, например, понижающие коэффициенты при сдаче Декларации за НВОС, или ставки экологического сбора.

В бюджетах различных уровней должно быть запланировано финансирование на доступное и грамотное информирование, обучение населения – радио, федеральные каналы, образовательные программы для детей и взрослых. Необходимо выработать у людей разных поколений привычку разделять мусор у себя в квартире, организациях.

Чтобы изменить природную окружающую среду, нужно сначала изменить себя. Иначе мы увязнем в накопившемся мусоре и свалках. На первой ступени должны стоять бережное отношение к природе, рациональное использование природных ресурсов, их экономия. Вот основные приоритеты раздельного сбора отходов, которые нужно учитывать в этом непростом деле.

### Библиографический список

1. Доклад Совета по вопросам прав граждан на благоприятную окружающую среду при утилизации отходов // Совет при Президенте Российской Федерации по развитию гражданского общества и правам человека. URL: <http://president-sovet.ru/presscenter/news/read/4227> (дата обращения: 02.11.2018).
2. Отчет о результатах экспертно-аналитического мероприятия «Анализ показателей, характеризующих результативность отдельных мероприятий государственной программы Российской Федерации «Охрана окружающей среды» на 2012-2020 годы, направленных на обеспечение экологически безопасного обращения с твердыми коммунальными отходами и восстановление нарушенных естественных экологических систем, в 2016-2017 годах и истекшем периоде 2018 года» (с учетом информации контрольно-счетных органов субъектов Российской Федерации) // Счетная палата Российской Федерации: офиц. сайт. URL: [http://www.ach.gov.ru/activities/bulleten/2018\\_7.php?sphrase\\_id=9290740](http://www.ach.gov.ru/activities/bulleten/2018_7.php?sphrase_id=9290740) (дата обращения: 23.11.2018).
3. Горленко А. С., Ковалева Е.И. Подходы к разработке новых технологий утилизации отходов // Экология производства. – 2018. – № 8. С. 62-69.
4. Об отходах производства и потребления: федер. закон от 24.06.1998 № 89 // Консультант плюс: офиц. сайт. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_19109/bb9e97fad9d14ac66df4b6e67c453d1be3b77b4c](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/bb9e97fad9d14ac66df4b6e67c453d1be3b77b4c) (дата обращения: 25.11.2018).
5. Мотивация и стимулирование раздельного сбора мусора // Bone crusher. URL: <https://bonecrusher.ru/news/motivatsiya-i-stimulirovanie-razdelnogo-sbora-musora> (дата обращения: 25.11.2018).
6. О внесении изменений в Федеральный закон «Об отходах производства и потребления, отдельные законодательные акты Российской Федерации и признании утратившими силу отдельных законодательных актов (положений законодательных актов) Российской Федерации: федер. закон от 29.12.2014 N 458 // Консультант плюс офиц. сайт. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_172948](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_172948) (дата обращения: 20.10.2018).
7. Об утверждении Стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года: Распоряжение Правительства РФ от 25.01.2018 N

84-р // Консультант плюс: офиц. сайт. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_289114](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_289114) (дата обращения: 15.10.2018).

8. Альгешкина, О. А. Сертификация отходов как сырья // Экология производства. – 2018. – № 7. С. 60-65.

9. Территориальная схема обращения с отходами, в том числе с твердыми коммунальными // Администрация Курской области: офиц. сайт. URL: [http://adm.rkursk.ru/index.php?id=665&mat\\_id=61061](http://adm.rkursk.ru/index.php?id=665&mat_id=61061) (дата обращения: 21.10.2018).

10. Преликова Е. А., Юшин В. В. Разработка элементов системы управления отходами производства и потребления в г. Курске // Актуальные проблемы экологии и охраны труда: сб. ст. IV Междунар. науч.-практ. конф. – Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2012. – С. 161-164.

11. Тимофеев Г. П., Юшин В. В., Преликова Е. А. Современные способы сортировки, переработки и утилизации полимерных отходов // Актуальные проблемы экологии и охраны труда: сб. ст. II Междунар. науч.-практ. конф. – Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2010. – С. 211-215.

12. Вертакова Ю. В., Звягинцев Г. Л., Бабич Т. Н., Положенцева Ю. С. Оценка экономической эффективности инновационного проекта по созданию предприятия по новой горно-химической технологии деполимеризации отходов // Организатор производства. – 2017. – Т. 25. – № 2. – С. 79-91.

13. Vertakova Y. V., Babich T. N., Polozhentseva Y. S., Zvyagintsev G. L. Prospects for development of hydrocarbon raw materials resources reproduction // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Ser. "Innovations and Prospects of Development of Mining Machinery and Electrical Engineering – Materials Science" 2017. – С. 092031.

### References

1. Doklad Soveta po voprosam prav grazhdan na blagopriyatnuyu okruzhayushchuyu sredu pri utilizacii othodov // Sovet pri Prezidente Rossijskoj Federacii po razvitiyu grazhdanskogo obshchestva i pravam cheloveka. URL: <http://president-sovet.ru/presscenter/news/read/4227> (дата обращения: 02.11.2018).

2. Otchet o rezul'tatah ehkspertno-analiticheskogo meropriyatiya «Analiz pokazatelej, karakterizuyushchih rezul'tativnost' otdel'nyh meropriyatij gosudarstvennoj programmy Rossijskoj Federacii «Ohrana okruzhayushchej sredy» na 2012-2020 gody, napravlenyh na obespechenie ehkologicheskii bezopasnogo obrashcheniya s tverdymi kommunal'nymi othodami i vosstanovlenie narushennyh estestvennyh ehkologicheskikh sistem, v 2016-2017 godah i istekshem periode 2018 goda» (s uchedom informacii kontrol'no-schetnyh organov sub"ektov Rossijskoj Federacii) // Schetnaya palata Rossijskoj Federacii: ofic. sajт. URL: [http://www.ach.gov.ru/activities/bulleten/2018\\_7.php?sphrase\\_id=9290740](http://www.ach.gov.ru/activities/bulleten/2018_7.php?sphrase_id=9290740) (дата обращения: 23.11.2018).

3. Gorlenko A. S., Kovaleva E. I. Podhody k razrabotke novyh tekhnologij utilizacii othodov // EHkologiya proizvodstva. 2018. № 8. P. 62-69.

4. Ob othodah proizvodstva i potrebleniya: feder. zakon ot 24.06.1998 № 89 // Konsul'tant plyus: ofic. sajт. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_19109/bb9e97fad9d14ac66df4b6e67c453d1be3b77b4c](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/bb9e97fad9d14ac66df4b6e67c453d1be3b77b4c) (дата обращения: 25.11.2018).

5. Motivaciya i stimulirovanie razdel'nogo sbora musora // Bone crusher. URL: <https://bonecrusher.ru/news/motivatsiya-i-stimulirovanie-razdelnogo-sbora-musora> (дата обращения: 25.11.2018).

6. O vnesenii izmenenij v Federal'nyj zakon «Ob othodah proizvodstva i potrebleniya, otdel'nye zakonodatel'nye акты Rossijskoj Federacii i priznanii utrativshimi silu otdel'nyh zakonodatel'nyh aktov (polozhenij zakonodatel'nyh aktov) Rossijskoj Federacii: feder. zakon ot 29.12.2014 N 458 // Konsul'tant plyus ofic. sajт. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_172948](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_172948) (дата обращения: 20.10.2018).

7. Ob utverzhdenii Strategii razvitiya promyshlennosti po obrabotke, utilizacii i obezvrezhivaniyu othodov proizvodstva i potrebleniya na period do 2030 goda: Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 25.01.2018 N 84-r //

Konsul'tant plyus: ofic. sajt. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_289114](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_289114) (data obrashcheniya: 15.10.2018).

8. Al'geshkina O. A. Sertifikaciya othodov kak syr'ya // *Ehkologiya proizvodstva*. 2018. № 7. P. 60-65.

9. Territorial'naya skhema obrashcheniya s othodami, v tom chisle s tverdymi kommunal'nymi // *Administraciya Kurskoj oblasti: ofic. sajt*. URL: [http://adm.rkursk.ru/index.php?id=665&mat\\_id=61061](http://adm.rkursk.ru/index.php?id=665&mat_id=61061) (data obrashcheniya: 21.10.2018).

10. Prelikova E. A., YUshin V. V. Razrabotka ehlementov sistemy upravleniya othodami proizvodstva i potrebleniya v g. Kurske // *Aktual'nye problemy ehkologii i ohrany truda: sb. st. IV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Kursk: YUgo-Zap. gos. un-t, 2012. P. 161-164.*

11. Timofeev G. P., YUshin V. V., Prelikova E. A. Sovremennye sposoby sortirovki, pererabotki i utilizacii polimernyh othodov // *Aktual'nye problemy ehkologii i ohrany truda: sb. st. II Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Kursk: YUgo-Zap. gos. un-t, 2010. P. 211-215.*

### Сведения об авторах

*Преликова Елена Анатольевна* – старший преподаватель, кафедра охраны труда и окружающей среды, кандидат социологических наук, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация; e-mail: [elena\\_prelikova@bk.ru](mailto:elena_prelikova@bk.ru).

*Юшин Василий Валерьевич* – заведующий кафедрой охраны труда и окружающей среды, кандидат технических наук, доцент, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация; e-mail: [ushinvv@mail.ru](mailto:ushinvv@mail.ru).

*Юлия Владимировна Вертакова* – заведующий кафедрой региональной экономики и менеджмента, доктор экономических наук, профессор, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация; e-mail: [vertakova7@yandex.ru](mailto:vertakova7@yandex.ru).

### Information about the authors

*Prelikova Elena A.* – PhD (Sociology), senior lecturer, cathedra of chair of labor and environmental protection, Southwest State University, Kursk, Russian Federation; e-mail: [elena\\_prelikova@bk.ru](mailto:elena_prelikova@bk.ru).

*Yushin Vasily V.* – PhD (Engineering), senior lecturer, professor, head of department of labor and environmental protection, Southwest State University, Kursk, Russian Federation; e-mail: [ushinvv@mail.ru](mailto:ushinvv@mail.ru).

*Vertakova Yuliya V.* – DSc (Economics), Professor, head of department of regional economics and management, Southwest State University, Kursk, Russian Federation; e-mail: [vertakova7@yandex.ru](mailto:vertakova7@yandex.ru).



## ЭКСПОРТ ЛЕСНОЙ ПРОДУКЦИИ

Аспирант **Н.Р. Пирцхалава**

ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»,  
г. Архангельск, Российская Федерация

За последние годы, с увеличением таяния льда в Арктике, повысилась важность морской логистики в высоких широтах, эксплуатации ресурсов и научных исследований. Сокращения морского льда в Северном Ледовитом океане открывают новые маршруты транспортировки. Это развитие способствует росту новых торговых путей, расширение туризма и упрощение транспортировки грузов в высоких широтах. В качестве экспериментальной части был проведен опыт – влияние характеристик окружающей среды на качество лесной продукции при транспортировке морским транспортом по маршруту Мурманск – Новая Земля – Северный Полюс – Земля Франца-Иосифа – Архангельск. Транспортировка осуществлялась на атомном ледоколе «50 лет Победы» и на судне «Sea Spirit». С отобранными экспериментальными образцами лесной продукции были проведены тщательные замеры, после чего образцы были упакованы в разные виды пачек. В процессе морской логистической транспортировки на грузы оказывает воздействие окружающая среда - атмосферный воздух и забортная вода, которая омывает грузовые трюмы и танки судна. Влияние гидрометеорологических условий внешней среды может привести к изменению качественных показателей, в связи изменения физического и химического состава продукции. Сейчас Северный маршрут не выглядит высшей степени привлекательной экономической идеей. В ближайшее время транспортировками по нему будут пользоваться только отечественные компании, строительство ледоколов и судов вспомогательного флота, инфраструктура, обеспечение связи и навигационных систем, прокладка дорог, строительство железнодорожных дорог и портов, без которых невозможна полноценная эксплуатация северного морского пути, - очень дорогостоящий проект, на реализацию которого потребуется не одно десятилетие. Впрочем, СМП – это тот проект, развивать который нужно уже сейчас. Но основной целью должно быть не перетягивание грузов с южного маршрута и не завоевание рынков, а развитие самого пути. Именно это будет способствовать строительству инфраструктуры, организации системы связи, но самая ключевая цель – функционирование Северного морского пути станет локомотивом развития региона, потенциал которого огромен.

**Ключевые слова:** Северный морской путь, логистика, Арктика, транспортная система, лесопромышленный комплекс, экспорт, лесная продукция.

## EXPORT OF FOREST PRODUCTS

Post-graduate student **N R Pirtskhalava**

FSAEI HE Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk,  
Russian Federation

### Abstract

Resource exploitation and research has increased in recent years with the increase in ice melting in the Arctic, the importance of maritime logistics in high latitudes. Sea ice cuts in the Arctic Ocean open up new transportation routes. This development contributes to the growth of new trade routes, expanding tourism and simplifying the transportation of goods in high latitudes. The test (the influence of environmental characteristics on the quality of forest products during transportation by sea along the route Murmansk - Novaya Zemlya - North Pole - Franz Josef Land - Arkhangelsk) has been made as an experimental part of the research. Transportation has been carried out on the nuclear icebreaker 50 Years of Victory and on Sea Spirit ship. Careful measurements have been made with selected experimental samples of forest products, after which the samples have been packed in different types of batches. In the process of

maritime logistic transportation, cargo is affected by the environment — ambient air and outside water, which washes cargo holds and tanks of the vessel. The influence of hydrometeorological conditions of the environment can lead to changes in quality indicators, due to changes in the physical and chemical composition of products. Now the Northern route does not look like a highly attractive economic idea. In the near future, only domestic companies, construction of icebreakers and auxiliary fleet vessels, infrastructure, communications and navigation systems, road construction, construction of railways and ports, without which full operation of the northern sea route is impossible, is a very expensive project, the implementation of which will take more than one decade. However, the NSR is the project that needs to be developed now. But the main goal should be not to drag the goods from the southern route and not to conquer markets, but to develop the route itself. This is what contributes to the construction of the infrastructure, the organization of the communication system, but the most important goal is: operation of the Northern Sea Route will be the engine of regional development, whose potential is great.

**Keywords:** Northern Sea Route, logistics, Arctic, transport system, timber industry, export, forest products.

### Введение

За последние годы, с увеличением таяния льда в Арктике, повысилась важность морской логистики в высоких широтах, эксплуатации ресурсов и научных исследований. С момента наблюдения за ледовой обстановкой с 1979 года морской лед значительно уменьшился до 40 %. За последние шесть лет 2013-2018 было зафиксировано шесть наименьших минимумов морского льда с 1979 года. В сентябре 2017 года службой изменения климата был установлен минимальный уровень морского льда, который составил 49 % ниже среднего значения 1979-2018 годов, и что на 18 % ниже предыдущего минимума в 2013 году. В этом же исследовании было установлено, что за семь лет 2005-2012 годах, многолетний лед сократился на 50 %. Морской лед, скорее всего, собирается и сохраняется в северной части канадского Архипелага и в западной части Гренландии, в то время как центральная и восточная часть Арктики испытывает значительное снижение льда, способствуя дальнейшему развитию морской логистики по северному маршруту. Летний навигационный сезон по северному маршруту теперь составляет пять месяцев с июля по ноябрь.

Особое внимание уделяется использованию Северного морского пути для трансарктической навигации, поскольку именно этот маршрут используется в последнее время для транспортировки природных ресурсов Арктики на мировые рынки, как видно из исследования Корейского научного центра морских исследований, Sung-WooLee (2012) [6]. Такие рейсы проводились в период навигации. В течение короткого летнего сезона в 2011 году

было проведено 34 трансарктических маршрута, а летом 2012 года было проведено еще 35 рейсов, перевозящих более 1 млн тонн грузов. В 2011 году было зафиксировано около 18 000 рейсов с использованием Суэцкого канала в течение круглогодичного навигационного сезона. Одним из ключевых вопросов исследования Sung-WooLee является продолжительность экономически выгодных навигационных сезонов Северного Ледовитого океана. Однако, для транспортировки в высоких широтах требуется логистический анализ, учитывающий комплекс переменных: ледовые условия, скорость транспортировки, длительность судоходства, использование северных маршрутов за пределами островных групп российской Арктики, графики грузовых перевозок, суда ледового класса, сборы за ледокольные и ледовые перевозки. В исследовании были выявлены проблемы влияния факторов, влияющих на трансарктическую навигацию в высоких широтах. А также, необходимость к расширению сотрудничества между арктическими и неарктическими государствами. Как указал доктор Гуннарссон (2013) [10], в настоящее время международная морская организация разрабатывает обязательный международный кодекс безопасности для судов, работающих в полярных регионах. Такая разработка позволит плотно сотрудничать в международном арктическом пространстве. Основным фактором, влияющим на использование Северного маршрута — непредсказуемый рынок грузовых перевозок. Это трудно оценить из-за колебаний в разных сегментах логистической цепи. Основным фактором является экономия, достигаемая за счет использования северного маршрута, относительно

традиционных маршрутов. Другими важными факторами являются различие в стоимости в транспортируемой продукции на азиатских и западных рынках, время доставки. В целом, высокие цены на сырьевую продукцию и, в частности, высокий спрос на Азиатском рынке являются текущими драйверами транспортировки по трассам северного маршрута. Транспортировка лесной продукции, углеводородов и минеральных руд из Северо-Западной части России на азиатские рынки по Северному морскому пути (СМП) считается альтернативным маршрутом доставки с высокой экономией. Сегодня, как и в ближайшем будущем, в первую очередь будут рассматриваться сухие навалочные суда и танкеры, проходящие через СМП в пункты назначения за пределами Арктики. Но предпосылка для увеличения роста транзитных перевозок по Северному маршруту – это наличие грузового транспорта в восточном и западном направлениях. Поэтому для дальнейшего развития необходимо определить новую логистическую базу для отправки на запад вдоль СМП. Это позволит повысить эффективность использования арктических судов путем сокращения или даже устранения затрат на транзит, и тем самым значительно повысит общую экономическую эффективность эксплуатации каждого судна. Глобальные операции по транспортировке зависят от трех ключевых факторов: предсказуемость, пунктуальность и экономичность, все из которых в настоящее время ограничены в арктических перевозках. Контейнерные суда работают на регулярных графиках и следуют установленным маршрутам. Крупные контейнерные перевозки по СМП в рамках мировой торговли весьма проблематичны, так как приведенные выше факторы не могут быть выполнены даже в течение навигационного сезона. В течение навигационного сезона по СМП такое точное временное планирование может стать реальностью в ближайшие годы. Хотя, в летнем сезоне крупные контейнерные перевозки по СМП будут становиться все более свободными от льда. Для СМП это означает непредсказуемость навигационных условий, обусловленных наличием сезонного морского льда, охватывающего всю Арктику зимой и весной. С другой стороны, сухие балкеры и танкеры следуют менее предска-

зуемым графикам и их маршруты в большей степени зависят от изменения спроса на продукцию.

### Методы и материалы

Исследования проводились на основе технико-экономических данных научного центра морских исследований, а также на основе результатов полевых исследований.

Лесная продукция Архангельской области активно экспортируется на азиатский рынок, используя логистический маршрут СМП [1]. В табл. 2, 3 и 4 приведены ресурсы лесных товаров и их место в международном товарообороте. Исторически сложилась специализация лесных предприятий области на производство пиломатериалов для экспорта. Лесные грузы, руды и металлы могут быть складированы на шахте или в порту назначения, а также в больших резервуарах для хранения. Затем материалы могут быть отправлены вдоль Северного морского пути.

Крупнейшими странами-экспортерами лесоматериалов являются: РФ – 18 %, Новая Зеландия – 11 %, США – 10 %.

Крупнейшие страны-импортеры лесоматериалов: Китай – 35 %, Австрия – 6 %, Германия – 6 %.

Крупнейшие экспортеры пиломатериалов: Канада – 20 %, РФ – 16 %, Швеция – 10 %, Германия, Финляндия – 6 %, Австрия, Чили, Латвия.

Страны-импортеры пиломатериалов: США, Китай, Япония, Великобритания, Италия, Германия, Ближний Восток.

Основные грузопотоки международной лесной торговли:

Канада – США: лесоматериалы, пиломатериалы, товары целлюлозно-бумажной промышленности, строительные детали, плиты.

США – Китай, Япония, Корея: лесоматериалы, пиломатериалы.

Швеция, Финляндия – Западная Европа, Средиземноморские страны: пиломатериалы, строганая продукция (Швеция – 35 % по объему, Финляндия – 15 %), товары целлюлозно-бумажной промышленности, древесные плиты, древесные полуфабрикаты.

Бразилия, Чили – Азия, Европа, Средиземноморские страны: лесоматериалы, пиломатериалы, древесные полуфабрикаты, товары целлюлозно-бумажной промышленности.

Объемы перевалки грузов через морские порты России [3]

Вид груза	2013	2015 факт		2020 прогноз		2030 прогноз	
	млн тонн						
	факт	En	Inn	En	Inn	En	Inn
Всего грузов	589,2	637,7	683,6	832,8	915,1	1013,4	1196,1
в том числе							
Наливные	333,4	364,0	377,0	427,0	435,0	464,0	477,0
нефть сырая	207,5	226,0	235,0	255,0	258,0	260,0	265,0
нефтепродукты	111,7	116,0	120,0	120,0	125,0	122,0	130,0
прочие наливные	14,2	22,0	22,0	52,0	52,0	82,0	82,0
Сухогрузы	255,8	273,7	306,6	405,8	480,1	549,4	719,1
Навалочные	132,2	122,8	146,0	166,3	198,5	234,1	296,9
уголь и кокс	101,1	90,2	110,0	100,7	115,4	136,0	166,0
руды и концентраты	7,4	10,9	11,5	24,5	29,8	32,2	39,2
химические (минеральные удобрения)	12,9	12,8	14,5	29,0	35,1	51,4	60,7
сахар	1,0	2,4	3,0	2,7	4,1	3,7	6,5
прочие навалочные	9,8	6,5	7,0	9,4	14,1	10,8	24,5
Зерно	18,3	24,6	28,1	34,2	39,9	37,6	46,0
Лесные	4,4	8,1	9,5	12,3	17,8	21,0	27,5
Генеральные	100,9	118,2	123,0	193,0	223,9	256,7	348,7
металлы не в деле	32,6	33,6	34,0	51,2	55,0	67,8	85,1
машины и оборудование	5,2	4,5	5,0	6,9	8,2	7,0	12,4
скоропортящиеся	3,7	5,5	6,0	8,2	10,9	8,2	15,1
контейнеры	44,4	48,3	50,5	90,5	106,8	135,5	183,0
паромы	6,5	12,4	13,0	18,0	23,9	19,2	29,7
прочие	8,5	13,9	14,5	18,2	19,1	19,0	23,4

Таблица 2

Место лесной торговли в международном товарообороте [7]

	Товар	Годовой объем торговли, млрд долл. США
1	Нефть, природный газ, каменный уголь	2 000
2	Продовольственные товары	600
3	Сталь, цветные металлы	500
4	Автомобили	400
5	Лесные товары	200
6	Вооружение	60

Таблица 3

Ресурсы лесных товаров [8]

	Регион, страна	Запас леса на корню, млрд м <sup>3</sup>	Заготовка, млн м <sup>3</sup>	Экспорт круглых ЛМ, млн м <sup>3</sup>	Производство ПМ, млн м <sup>3</sup>	Экспорт ПМ, млн м <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6	7
	Весь мир	354	3 600	83	330	120
<b>1</b>	<b>Россия</b>	<b>83</b>	<b>205</b>	<b>19</b>	<b>30</b>	<b>20</b>
2	Бразилия	81	260			
3	США	25	400	18	90	
4	Китай		300			
5	Канада	25	160	15	80	50
6	Швеция	3,2	76		17	13
7	Германия	2,9	55		20	7
8	Финляндия	2,2	60		12	8
	<b>РФ – азиатская часть</b>	<b>60</b>	Около 60 % – экономически недоступны			
	- Европейско-уральская	23	20 % – то же			
	<b>Северо-Западный ФО</b>	<b>10</b>	<b>50</b>		<b>6,0</b>	
1	Республика Коми	2,8	8		0,8	0,5
<b>2</b>	<b>Архангельская область</b>	<b>2,5</b>	<b>12</b>		<b>1,6</b>	<b>1,1</b>
3	Вологодская область	1,5	11	2,2		0,1
	Иркутская обл.		24			
	Красноярский край		14			
	Хабаровский край		7			

Таблица 4

Продукция Лесопромышленного комплекса – экспорт [8]

Товары	Выручка, млн долл./ год
Картон, бумага	400
Пиломатериалы	300
Целлюлоза	260
Фанера	70
Биотопливо – ДТГ	30
Готовые изделия из древесины	10
Круглые лесоматериалы	10
Итого	1 080

Новая Зеландия – Азия: лесоматериалы.

Россия – экспорт: лесоматериалы: Китай, Япония, Корея, Финляндия, Турция, пиломатериалы: Китай, Западная Европа, Средиземноморские страны.

Импорт в РФ: товары целлюлозно-бумажной промышленности, мебель – из Европы.

Экспорт из Архангельской области:

ПМ – Голландия, Египет, Германия, Великобритания, Франция. Товары ЦБП – Европа, Азия. Древесные топливные гранулы – Дания, Великобритания, Голландия, Китай [8].

### Результаты и обсуждение

Отгрузка лесных грузов из Мурманска через СМП сберегает 19-дневное время транспортировки в Кобе (Япония); 18,5 дней до Пусана (Южная Корея) и 16 дней в Нинбо (Китай), по сравнению с Суэцким маршрутом, при этом средняя скорость плавания на двух маршрутах одинакова. Используя более короткий маршрут между Северной Европой и Азией экономит около 40 % времени в пути и последующих расходах на топливо и грузовые перевозки [4]. Сокращенное количество дней в море позволяет судну совершать больше обратных рейсов, в результате чего происходит увеличение доходов. Судно с небольшой скоростью по маршруту Китай и Киркенес – Архангельск и Мурманск может снизить свою скорость на 40 %, в то время как судно идет на полной скорости по Суэцкому маршруту. Такая небольшая скорость может удвоить энергоэффективность судна и приведет к значительному сокращению выбросов парниковых газов. Таким образом, сокращение выбросов также может привести к значительной экономии средств. Более короткие расстояния позволяют значительно снизить затраты на топливо. К примеру, судно Rapataх (около 75 000 дедвейтов), направляющийся из Киркенеса на севере Норвегии в Шанхай (Китай) сжигает около 30 метрических тонн тяжелого мазута в день по цене 650 долл. США за тонну. Время транспортировки по СМП, по сравнению с Суэцким каналом, составляет 21 день, поэтому 42 дня сохранены, или 1260 метрических тонн сжигаемого масла, что является эквивалентом 820 000 долл. США. Общая экономия затрат зависит от типа транспортируемого груза. Увеличение

перевозок в Арктике и транзитные транспортировки на круглогодичной основе требуют создания перевалочных узлов на маршруте СМП, чтобы полностью использовать специализированные арктические суда наиболее экономически эффективным способом, обеспечивая хранение и обслуживание для промышленных целей [2, 3]. Один центр может быть расположен в Баренцевом море – возможно, в районе Архангельск-Мурманск-Киркенес. Другой должен быть расположен за Беринговым проливом в северной части Тихого океана, возможно, в Алеутских островах. Расположение центра Архангельск-Мурманск-Киркенес является довольно стратегическим, так как этот маршрут составляет девять дней, как из северной части Тихого океана (Берингова пролива), так и из Средиземноморья (Гибралтар), а также вблизи крупных нефтегазовых месторождений в Баренцевом море, на рудниках на севере Швеции и в Финляндии. Транспортировка будет наиболее актуальной для СМП в краткосрочной и среднесрочной перспективе [5]. Это включает в себя перевозку грузов между внутренними портами и за пределами региона, такими как нефть, газовый конденсат, древесное сырье и продукция из древесных материалов, уголь и минералы. Подсчитано, что общий объем всех видов грузов транспортировки по СМП может достигать 100 миллионов тонн в год к 2020 году (включая транзиты) и, возможно, к 2030 году достигнет 150 миллионов тонн.

В качестве экспериментальной части был проведен опыт – влияние характеристик окружающей среды на качество лесной продукции при транспортировке морским транспортом по маршруту Мурманск – Новая Земля – Северный Полюс – Земля Франца-Иосифа – Мурманск (рис. 1). Транспортировка осуществлялась на атомном ледоколе «50 лет Победы», дедвейтом 3 505 т, и на судне «SeaSpirit». С отобранными экспериментальными образцами лесной продукции были проведены тщательные замеры, после чего образцы были упакованы в разные виды пачек. Пачки сформированы по видам и сортам продукции.

В процессе морской логистической транспортировки на грузы оказывает влияние находящаяся вокруг среда – атмосферный воздух и за-

бортная вода, которая омывает грузовые трюмы и танки судна. Воздействие гидрометеорологических критериев наружной среды имеет возможность привести к изменению высококачественных характеристик, в связи конфигурации физиологического и химического состава продукции. В критериях морской транспортировки продукции различают 3 облика перемен температуры внешнего воздуха:

- общерейсовый, зависящий от района плавания судна.
- эпизодический, зависящий от местных условий плавания и изменения погоды;
- суточный, зависящий от солнечной радиации, свойств предметов, формы поверхности и цвета их окраски.

Дневные колебания температуры меняются в больших пределах в зависимости от качества материалов, цвета предметов, формы поверхности (сечения) и их размеров. Неравномерный термический приток солнечной энергии приводит к суточным колебаниям температуры воздуха, воды и предметов.

Исключительно невысокая температура воздуха зафиксирована перед восходом солнца, самая высокая над морской поверхностью – около полудня. В порту дневная амплитуда находится в зависимости от рельефа местности и широты, на которой расположен порт стоянки судна. В полярных портах колебания температуры составляют около 1 °С, а в умеренных широтах в пределах 6 °С [9, 10].

Эпизодические колебания температуры воздуха связаны с переменной погодных условий и изменяются в пределах нескольких градусов в час.

Эпизодические колебания температуры намного превышают значения средних дневных колебаний.

Общерейсовые конфигурации температуры воздуха, которые находятся в зависимости от района и дальности транспортировки, могут достигать 30 °С и более, если транспортировка проходит через различные широты [11]. Амплитуда дневных колебаний воды вдали от берегов обычно составляет не более 2 °С. Общерейсовое изменение температуры воды весьма значительное и может колебаться в пределах до 30 °С. Грузовые помещения, в которых находится продукция в процессе морской логистической транспортировки, являются закрытыми пространствами, в которых образуется свой микроклимат. Для правильного регулирования атмосферы трюмного воздуха необходимо регулярно, на всем протяжении рейса проводить замеры параметров атмосферы наружного и трюмного воздуха.

В табл. 5-7 приведены изменения показателей при транспортировке в высоких широтах. В течение недели по прибытию образцов в конечный пункт (см. табл. 10) Архангельского морского торгового порта, образовалась плесень на образцах фанеры всех сортов в открытых и поврежденных типах пачек, а образцы разных сортов досок остались без повреждения. Открытием данного исследования является то, что образцы лесной продукции подвержены изменениям воздействия окружающей среды, что в последующем оказывает влияние на качественные характеристики. Данный опыт проводился в Арктических широтах на трассах Северного морского пути. Температура при транспортировке приведена в табл. 11.

Таблица 5

Образцы продукции – фанера березовая карбамидоформальдегидная  
(толщина 10 мм сорт ¾ ФК 100\*100)

Номер образца	Масса до, г	Масса после, г	Изменение влажности
1	59,898	70,836	19 % 0,8%
2	62,163	73,569	23 % 0,9 %
3	62,200	73,340	20 % 0,9 %
4	63,598	74,910	20 % 0,9 %
5	60,445	72,217	22 % 0,9 %
6	61,450	72,423	19 % 0,8 %

Таблица 6

Образцы продукции – фанера березовая фенолформальдегидная и карбамидоформальдегидная (толщина 12 мм 1-9: ФСФ, 10-18 ФК 100\*100)

Номер образца	Масса до, г	Масса после, г	Изменение влажности
1	78,297	98,100	30 % 1,5 %
2	79,534	98,364	30 % 1,5 %
3	78,571	97,767	25 % 1,0 %
4	78,207	96,794	30 % 1,5 %
5	81,955	104,205	20 % 0,9 %
6	76,002	94,339	25 % 1,0 %
7	86,107	104,607	22 % 0,9 %
8	83,963	101,755	20 % 0,9 %
9	77,437	92,046	18 % 0,8 %
10	87,576	104,984	20 % 0,9 %

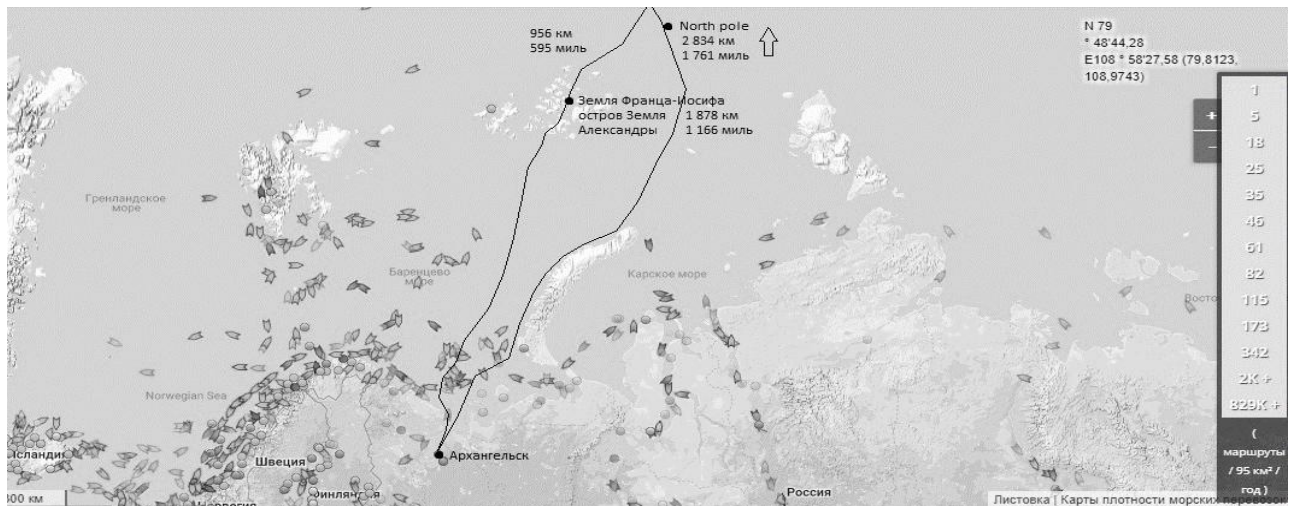


Рис. 1. Логистический маршрут транспортировки

Таблица 7

Образцы продукции – фанера березовая карбамидоформальдегидная (толщина 5 мм ФК 100\*100)

Номер образца	Масса до, г	Масса после, г	Изменение влажности
1	37,248	44,527	20 %
2	39,051	46,168	21 %
3	37,500	44,705	20 %

Таблица 8

Образцы продукции – обрезные доски (длина – 1200 мм, ширина – 750 мм, толщина 450 мм.)

Номер образца	Масса до, г	Масса после, г	Влажность до	Влажность после
1	211,039	236,465	11% 0,4%	22% 0,9%
2	186,794	211,679	11% 0,4%	21% 0,9%
3	155,750	177,147	10% 0,4%	20% 0,9%
4	164,147	183,853	12% 0,5%	21% 0,9%
5	195,136	219,468	12% 0,5%	21% 0,9%



Таблица 9

Образцы продукции – древесные топливные гранулы

Номер образца	Масса до, г	Масса после, г
1	98,124	113,072
2	151,400	156,326
3	140,506	145,274
4	98,385	111,394
5	125,727	167,172
6	117,510	124,028
7	136,763	141,372

Таблица 10

Краткая информация о портах

	Порт	Расположение (бассейн)	Габариты судов (длина* осадка), м	Причалы		Грузооборот, млн т	Примечание
				число	протяженность, м		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Архангельский морской торговый порт	Двинская губа Белого моря, дельта Северной Двины	190 * 9,2** - проходная осадка на Березовом баре			4,0	Ледокольное обслуживание в зимнее время
2	Мурманск	Баренцево море	Без ограничений	97	11 500	26	

Таблица 11

Температурные изменения при транспортировке в высоких широтах

05.07.2018	+2 °С	20.07.2018	+5 °С	04.08.2018	+2 °С	19.08.2018	+3 °С
06.07.2018	+1 °С	21.07.2018	+2 °С	05.08.2018	+3 °С	20.08.2018	+4 °С
07.07.2018	+1 °С	22.07.2018	+4 °С	06.08.2018	+5 °С	21.08.2018	+4 °С
08.07.2018	+3 °С	23.07.2018	+3 °С	07.08.2018	+5 °С	22.08.2018	+2 °С
09.07.2018	+3 °С	24.07.2018	+5 °С	08.08.2018	+7 °С	23.08.2018	+3 °С
10.07.2018	+4 °С	25.07.2018	+5 °С	09.08.2018	+5 °С	24.08.2018	+2 °С
11.07.2018	+2 °С	26.07.2018	+5 °С	10.08.2018	+4 °С	25.08.2018	+2 °С
12.07.2018	+2 °С	27.07.2018	+5 °С	11.08.2018	+5 °С	26.08.2018	+2 °С
13.07.2018	+2 °С	28.07.2018	+4 °С	12.08.2018	+5 °С	27.08.2018	+1 °С
14.07.2018	+2 °С	29.07.2018	+4 °С	13.08.2018	+3 °С	28.08.2018	+1 °С
15.07.2018	+3 °С	30.07.2018	+3 °С	14.08.2018	+1 °С	29.08.2018	-1 °С
16.07.2018	+4 °С	31.07.2018	+3 °С	15.08.2018	+5 °С	30.08.2018	0 °С
17.07.2018	+3 °С	01.08.2018	+5 °С	16.08.2018	+1 °С	31.08.2018	0 °С
18.07.2018	+4 °С	02.08.2018	+3 °С	17.08.2018	+2 °С	01.09.2018	0 °С
19.07.2018	+4 °С	03.08.2018	+2 °С	18.08.2018	+2 °С	02.09.2018	0 °С
03.09.2018	-2 °С	04.09.2018	-1 °С	05.09.2018	-1 °С	06.09.2018	0 °С

### Заключение

По результатам проведенных исследований можно сделать следующий вывод: лесная продукция подвержена изменениям воздействия окружающей среды при длительной транспортировке в высоких широтах, что в последующем оказывает влияние на качественные характеристики. Однако, следует учитывать расположение продукции на грузовом судне и тип пачки. По результатам исследования приведены эпизодические и общерейсовые колебания температуры, а также регулирование температурного режима в трюме на всем маршруте транспортировки. Данные исследования ранее не проводились и в перспективе продолжить изучение данного вопроса при транспортировке в северо-восточной части России, а также через Суэцкий канал.

С логистической точки зрения, Северный маршрут не выглядит высшей степени привлека-

тельной экономической идеей. В настоящее время транспортировками по нему пользуются только отечественные компании, строительство ледоколов и судов вспомогательного флота, инфраструктура, обеспечение связи и навигационных систем, прокладка дорог, строительство железнодорожных дорог и портов, без которых невозможна полноценная эксплуатация северного морского пути, – очень дорогостоящий проект, на реализацию которого потребуется не одно десятилетие. Впрочем, СМП – это тот проект, развивать который нужно уже сейчас. Но основной целью должно быть не перетягивание грузов с южного маршрута и не завоевание рынков АТР, а развитие самого пути. Именно это будет способствовать строительству инфраструктуры, организации системы связи, но самая ключевая цель – функционирование Северного морского пути станет локомотивом развития региона, потенциал которого огромен.

### Библиографический список

1. Пирцхалава Н. Р., Карпов А. А., Дербин М. В. Национальная транспортная коммуникация в Арктике [Электронный ресурс] // Лесотехнический журнал. Режим доступа: [www.lestehjournal.ru](http://www.lestehjournal.ru).
2. Lavson B. International Cooperation in Arctic Marine Transportation, Safety and Environmental Protection. In *The Arctic in World Affairs: A North Pacific Dialogue on Arctic Marine Issues*. Seoul and Honolulu: Korea Maritime Institute and East-West Center, 2013, 115-134 p.
3. Arild Moe. Offshore Petroleum and maritime infrastructure. In *The Arctic in World Affairs: A North Pacific Dialogue on Arctic Marine Issues*. Seoul and Honolulu: Korea Maritime Institute and East-West Center, 2014, 21-38 p.
4. Vylegzhanin A. Russia's Arctic Policy. In *The Arctic in World Affairs: A North Pacific Dialogue on Arctic Marine Issues*. Seoul and Honolulu: Korea Maritime Institute and East-West Center, 2014, 129-155 p.
5. Gail Fondal. A scientific perspective. In *The Arctic in World Affairs: A North Pacific Dialogue on Building capacity for a sustainable Arctic in a Chaining Global Order*. Seoul and Honolulu: Korea Maritime Institute and East-West Center, 2017, 150-163 p.
6. Lee Sung-Woo. Potential Arctic Shipping: Change, Benefit, Risk and Cooperation. In *The Arctic in World Affairs: A North Pacific Dialogue on Arctic Marine Issues*, Seoul and Honolulu: Korea Maritime Institute and East-West Center, 2012, 39-61 p.
7. Mitrova T. Russian Perspectives. In *The Arctic in World Affairs: A North Pacific Dialogue on Arctic Marine Issues*. Seoul and Honolulu: Korea Maritime Institute and East-West Center, 2017, 126-140 p.
8. Kevin Harun. View from the Arctic regional communities. In *The Arctic in World Affairs: A North Pacific Dialogue on Building capacity for a sustainable Arctic in a Chaining Global Order*. Seoul and Honolulu: Korea Maritime Institute and East-West Center, 2017, 164-171 p.
9. Yang Jian. 2014.China's Arctic Policy. In *The Arctic in World Affairs: A North Pacific Dialogue on Arctic Marine Issues*. Seoul and Honolulu: Korea Maritime Institute and East-West Center, 2017, 172-187 p.

10. Gunnarsson B. The Future of Arctic Marine Operations and Shipping Logistics. In *The Arctic in World Affairs: A North Pacific Dialogue on Arctic Marine Issues*. Seoul and Honolulu: Korea Maritime Institute and East-West Center, 2013, 37-62 p.

### References

1. Pirtskhalava N. R. *Nacional'najatransportnajakommunikacija v Arktike*[National Transport Communication in the Arctic]. *Nauchnyjlesotekhnicheskijzhurnal*[Scientific forestry journal]. 2018, vol. 2, pp. 185-195(In Russian).

2. Lavson Brigham. International Cooperation in Arctic Marine Transportation, Safety and Environmental Protection. In *The Arctic in World Affairs: A North Pacific Dialogue on Arctic Marine Issues*. Seoul and Honolulu: Korea Maritime Institute and East-West Center, 2013, 115-134 p.

3. Arild Moe. Offshore Petroleum and maritime infrastructure. In *The Arctic in World Affairs: A North Pacific Dialogue on Arctic Marine Issues*. Seoul and Honolulu: Korea Maritime Institute and East-West Center, 2014, 21-38 p.

4. Vylegzhanin A. Russia's Arctic Policy. In *The Arctic in World Affairs: A North Pacific Dialogue on Arctic Marine Issues*. Seoul and Honolulu: Korea Maritime Institute and East-West Center, 2014, 129-155 p.

5. Gail Fondal. A scientific perspective. In *The Arctic in World Affairs: A North Pacific Dialogue on Building capacity for a sustainable Arctic in a Chaining Global Order*. Seoul and Honolulu: Korea Maritime Institute and East-West Center, 2017, 150-163 p.

6. Lee Sung-Woo. Potential Arctic Shipping: Change, Benefit, Risk and Cooperation. In *The Arctic in World Affairs: A North Pacific Dialogue on Arctic Marine Issues*, Seoul and Honolulu: Korea Maritime Institute and East-West Center, 2012, 39-61 p.

7. Mitrova T. Russian Perspectives. In *The Arctic in World Affairs: A North Pacific Dialogue on Arctic Marine Issues*. Seoul and Honolulu: Korea Maritime Institute and East-West Center, 2017, 126-140 p.

8. Kevin Harun. View from the Arctic regional communities. In *The Arctic in World Affairs: A North Pacific Dialogue on Building capacity for a sustainable Arctic in a Chaining Global Order*. Seoul and Honolulu: Korea Maritime Institute and East-West Center, 2017, 164-171 p.

9. Yang Jian. 2014.China's Arctic Policy. In *The Arctic in World Affairs: A North Pacific Dialogue on Arctic Marine Issues*. Seoul and Honolulu: Korea Maritime Institute and East-West Center, 2017, 172-187 p.

10. Gunnarsson B. The Future of Arctic Marine Operations and Shipping Logistics. In *The Arctic in World Affairs: A North Pacific Dialogue on Arctic Marine Issues*. Seoul and Honolulu: Korea Maritime Institute and East-West Center, 2013, 37-62 p.

### Сведения об авторе

*Пирицхалава Нана Роландиевна* – аспирант очной формы обучения, кафедра лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств, высшая инженерная школа ФГАОУ ВО «САФУ», Архангельск, Российская Федерация; e-mail: nanahoroshaya@gmail.com.

### Information about the author

*Pirtskhalava Nana Rolandievna* – PhD student, higher engineering school, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov», Arkhangel'sk, Russian Federation; e-mail: nanahoroshaya@gmail.com.

## СТАНОВЛЕНИЕ ЛЕСНОГО МЕНЕДЖМЕНТА В УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ РЫНОЧНОЙ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

кандидат технических наук, профессор **Г.А. Прешкин**<sup>1</sup>

кандидат технических наук, профессор **А.В. Мехренцев**<sup>1</sup>

кандидат педагогических наук, доцент **С.Ф. Масленникова**<sup>1</sup>

доктор экономических наук, профессор **В.М. Пищулов**<sup>2</sup>

1 – ФБГОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,  
г. Екатеринбург, Российская Федерация

2 – ФБГОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»,  
г. Екатеринбург, Российская Федерация

Нынешнее, затянувшееся на десятилетия депрессивное состояние лесного сектора экономики в Российской Федерации привело к диспропорции между социально-экономическим эффектом и затратами на поддержание природного потенциала лесов. Причина кроется в устаревшем стиле и методах управления лесными благами по всем их важнейшим функциям. В статье предлагается использовать положительный зарубежный опыт реализации принципов лесного менеджмента как ориентира для проведения коренных преобразований системы управления лесным сектором экономики. Лесной менеджмент – это эффективная система управления воспроизводимым природным объектом ценности в рыночной экономике. Он послужит началом креативного становления отечественного стиля рачительного пользования богатствами лесов для общественных нужд и российского населения. Условия развития цифровой рыночной экономики благоприятствуют применению методов менеджмента в лесном секторе. Предлагаются теоретико-методологические подходы к формированию лесного менеджмента, определено его место в системе экономических и управленческих наук, этапы формирования стратегии и тактики его поэтапного становления: кардинальное обновление нормативной базы и на её основе совершенствование методики количественной и стоимостной оценки эколого-технологически доступных ресурсов и полезных функций лесных экосистем с применением средств современных методов познания. Это разрешит проблему рисков проектного менеджмента в процессе становлении лесных бизнесов при постановке в известность размеров лесных региональных богатств как объектов управления оборотом лесных видов ресурсов во времени и пространстве с учетом затрат на их экономическое воспроизводство на территории земель государственного лесного фонда.

**Ключевые слова:** лесной менеджмент, лесные ресурсы, нормативы экономической оценки

## FORMATION OF FOREST MANAGEMENT IN CONDITIONS OF DIGITAL MARKET ECONOMY DEVELOPMENT

PhD (Engineering), Professor **G.A. Preshkin**<sup>1</sup>

PhD (Engineering), Professor **A.V. Mekhrentsev**<sup>1</sup>

PhD (Pedagogy), Associate Professor **S.F. Maslennikova**<sup>1</sup>

DSc (Economics), Professor **V.M. Pishchulov**<sup>2</sup>

1 – FSBEI HE Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russian Federation

2 – FSBEI HE Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russian Federation

### Abstract

The current depressed (for decades) state of the forest sector of the Russian economy has led to a disproportion between social and economic effect and cost of natural potential of forests maintaining. The reason lies in the outdated style and methods of managing the use of forest goods for all their essential functions. The article proposes to use positive foreign experience in implementing the principles of forest management as a guideline for carrying out fundamental changes in the environmental management system. Forest management is an effective system for managing a reproducible natural value object in a market economy. It will serve as the beginning of domestic style creative development of zealous use of forest wealth for public needs and the Russian population. The conditions for the development of a digital market economy favor the use of management methods in environmental management. Theoretical and methodological approaches to the formation of forest management, stages of formation of the strategy and tactics of its gradual formation are proposed: radical update of regulatory framework and improvement of methods for the quantitative and valuation of ecological and technologically accessible resources and useful functions of forest ecosystems for environmental planning using modern methods knowledge on its basis. This will solve the problem of maintaining sustainable management of forest businesses in the field of environmental management when notifying the size of regional forest wealth as the objects for managing the circulation of various types of forest products in time and space on the territory of the state forest fund lands.

**Keywords:** sustainable nature management, forest resources, standards of resources use efficiency

### Введение

Социально-экономическое развитие лесного сектора экономики – это процесс затянувшегося периода крайне неэффективного управления национальными лесными богатствами России в условиях транзитивной рыночной экономики [1-3, 10, 11, 15]. Лесные ресурсы являются важнейшим элементом системы экономических отношений общества. Их ценность в сфере финансов влияет на национальное и экономическое состояние страны. Ситуация, сложившаяся в Российской Федерации, привела к диспропорции между социально-экономическим эффектом и затратами на поддержание природного потенциала стоимости национальных лесов. Требуется обновление структуры экономических механизмов лесопользования в виде инновационной модели устойчивого управления использованием богатствами российских лесов на основе принципов цифровой рыночной экономики

и лесного менеджмента, характерного для передовых лесных держав мира [3, 14, 27]. По определению Общества американских лесничих (1958) лесной менеджмент представляет собой «применение методов бизнеса и технических принципов лесоводства к управлению лесной недвижимостью» [20]. Следовательно, лесной менеджмент объективно присущ рыночной экономике, в нем строго учитываются законы рынка, он требует от менеджеров иной, более содержательной квалификации лесничего для управления ценностями лесных благ с использованием четырёх взаимосвязанных функций: планирования, организации, мотивации и контроля эффективности.

**Целью исследования** является обоснование места лесного менеджмента в системе экономических и управленческих наук для условий российской действительности. Основная цель лесного менеджмента в области планирования заключается в

обеспечении гармоничного развития практической деятельности управляемых объектов по иерархии управления. Исходя из этого, основной задачей лесного менеджмента является создание, приведение в надлежащий порядок систему управления ценностями лесных благ и поддержание устойчивой эффективности многофункциональных лесных бизнесов.

Поставленные цели определили необходимость решений следующих взаимосвязанных задач исследования:

1. Обосновать методологическую схему построения системы лесного менеджмента лесными благами.
2. Сформулировать принципы лесного менеджмента.
3. Установить структурную взаимосвязь основных понятий, используемых в системе лесного менеджмента

Законодательством определен объект лесостроительства, им является лесничество (лесопарк) и на его территории финансирование работ по обустройству земель государственного лесного фонда (Project Management) осуществляется за счёт средств, выделяемых регионам из федерального бюджета. Порядок осуществления лесостроительства установлен Лесостроительной инструкцией (2011 г.), которая разрабатывается и утверждается федеральным органом государственной власти в области лесных отношений. Существенным недостатком этой инструкции является низкий уровень общественного признания, её недостаточная легитимность как правового документа. Инструкция – это руководящие указания, подробное наставление; свод правил для выполнения чего-либо. В настоящее время теоретические основы лесостроительства в части организационно-экономического планирования конкретного вида практического лесопользования деградированы, поскольку они утратили экономическую составляющую после введения в действие нового Лесного кодекса РФ (2006 г) [10]. Взамен былых хозяйственных объектов лесостроительства в рыночных условиях необходимы иные организационно-правовые формы организаций, составляющих круг основных видов лесных бизнесов (см. рис. 1), где объективно показано использо-

вание методов лесного менеджмента (Forest Management) [2, 3, 8, 17].

Неудовлетворительное управление национальными лесными богатствами на протяжении более двадцати лет оборачивается системным кризисом лесопользования в целом [15]. Выход из него авторы видят в разработке методологии и становлении современного лесного менеджмента как инструмента для достижения социо-эколого-экономического подъёма лесного сектора «зелёной» цифровой экономики в объектах хозяйствования – крупных лесных природно-хозяйственных комплексах и лесопромышленных кластерах [1-3, 7, 8, 11, 14, 17, 24].

*Предмет и факторы формирования объектов лесного менеджмента.* Если общий менеджмент – это профессионально осуществляемое управление любой хозяйственной (социально-экономической) деятельностью организации (предприятия), направленной на получение дохода на основе принципов эффективного использования ограниченных ресурсов и правильного социально-эколого-ориентированного поведения людей, то своеобразие лесного менеджмента выражают принципы экологического управления. Считается, что основной задачей лесного менеджмента является создание национального природного капитала, приведение его в надлежащий порядок и управление его экономико-правовой квотой постоянного пользования посредством возможностей лесных бизнесов на базе государственного или государственно-частного предпринимательства [8, 15].

Какое место должен занять лесной менеджмент в системе экономических и управленческих наук? Почти век тому назад в развитие передовых идей лесостроительства и традиционного лесопользования, выдающийся деятель лесной науки проф. М.М. Орлов на основе научных трудов французского учёного экономиста в сфере менеджмента А. Файоля, предложил применительно к российской системе хозяйствования новую, научно обоснованную модель устойчивого управления использованием богатствами лесов. Однако в то время она не нашла поддержки у властей для внедрения в практику лесопользования в России [10, 16].

Обеспечивать эколого-экономический успех в рыночных условиях рачительное пользование и воспроизводство благ лесов позволяет менеджерам лесного дела (лесничему как государственному служащему) мастерство, умения и знания основ экономики и организации лесного бизнеса во всех сферах хозяйственной деятельности, если они на научной основе прилагают свои управленческие усилия для правильного ведения лесного бизнеса. Такой подход к лесоуправлению на основе идей проф. М.М. Орлова вновь актуален на ином, более совершенном научном уровне и по праву должен занимать в системе экономических и управленческих наук достойное место для коренной трансформации российской системы обучения основам искусства лесоуправления (Operational Management) [9].

Неудовлетворительное управление национальными лесными богатствами на протяжении более двадцати лет оборачивается системным кризисом лесоуправления [15]. Выход из него авторы видят в разработке методологии и становлении современного лесного менеджмента как актуального инструмента для достижения социо-эколого-экономического подъёма лесного сектора «зелёной» цифровой экономики в объектах хозяйствования – крупных лесных природно-хозяйственных комплексах и лесопромышленных кластерах [2, 7, 11, 15, 17, 24].

Целью исследования выступает также анализ проблем и выявление перспектив развития лесного менеджмента как малоисследованной составляющей региональной цифровой экономики с учетом современных рыночных условий и глобализации. Поставленная цель предопределила на будущее необходимость решения следующих задач [2, 7, 8, 11, 16, 19, 21]:

– определить сущность лесного менеджмента, проблемы его становления в развивающейся «зелёной» цифровой рыночной экономике;

– определить миссию, стратегическую цель развития лесного сектора экономики и роль системы лесного менеджмента в нём, наметить этапы разработки политики лесного менеджмента в регионах;

– обосновать необходимость введения на современном этапе методологии лесного менеджмента в лесной сектор экономики.

Стоит отметить, что в утверждённой в России «Стратегии развития информационного общества РФ на 2017-2030 годы» дано следующее определение цифровой экономики: «Цифровая экономика – это хозяйственная деятельность, в которой ключевым фактором производства являются данные в цифровом виде, обработка больших объемов и использование результатов анализа которых по сравнению с традиционными формами хозяйствования позволяют существенно повысить эффективность различных видов производства, технологий, оборудования, хранения, продажи, доставки товаров и услуг» [12]. Объектом лесного менеджмента является организация управления больших объёмов экономической информации о разнородных по своей природе факторах (экономических, социальных, экологических, технологических), для эффективного удовлетворения организациями насущных потребностей рынков и местного населения в лесобумажных товарах и полезностях лесов [3, 10, 11, 25].

*Экономические факторы* являются важнейшими, однако они отражают лишь финансовые интересы организаций лесного бизнеса. Для их основного структурного звена – субъекта хозяйствования – этими интересами являются: финансовая самостоятельность, коммерческий расчет, интернализация внешних эффектов (платность экосистемных услуг) и др. [18, 25, 26].

*Социальные факторы* формирования объектов лесного менеджмента учитывают, прежде всего, уровень занятости трудоспособного населения, обеспеченность жильём, транспортным, коммунальным и социально-культурным обслуживанием жителей, порой отдаленных лесных населённых пунктов от центральных административно-хозяйственных центров, поддержание возможностей для духовного и культурного развития детей и взрослых [5, 18, 19]. В последнее время с позиции интересов данного фактора актуализируется категория «человеческий капитал», в том числе в социальной среде лесного сектора экономики. Медленно растёт роль внешних эффектов от пользования невесомыми функциями лесов на усиление важно-

стей развития социального фактора в системе удовлетворения потребностей в рекреации, туризме, ассимиляции вредных веществ [1, 5, 10, 17, 18, 23].

*Экологические факторы* отражают интересы устойчивого развития лесопользования и лесоводства. Принципы постоянства лесопользования и сохранения биоразнообразия, депонирование углерода для стабилизации состава атмосферного воздуха являются ведущими в организации лесного сектора экономики и стратегии его развития [2, 4, 9, 18].

*Технико-технологические факторы* отражают характер и специфические черты труда в лесном секторе экономики, они значимо влияют на процессы его разделения по сферам деятельности, кооперации, повышения производительности. Формирование объектов управления по технико-технологической общности трудовой деятельности определяет основное содержание потребности лесовыращивания при создании крупных комплексных природно-хозяйственных кластеров на основе государственно-частного партнёрства [2, 9-11, 27].

Действие вышеназванных факторов интегрирует собой *организационный* фактор, который определяет базовую количественную и качественную характеристику объекта управления, его конкретное выражение и внутренние структурные связи [13, 23].

В новой экономике ведущим фактором в формировании объектов лесного менеджмента является экологический фактор, учитывающий особенности в организации устойчивого развития лесопользования и всей системы ведения лесного хозяйства [4, 21]. Лесоводство, в концентрированном виде выражающее данный фактор, является научной основой организации лесохозяйственного производства лесных ресурсов (рис. 2).

Предметом лесного менеджмента является

наука о лесоправленческих эколого-экономических отношениях, возникающих в разнообразных масштабах использования и устойчивого воспроизводства лесных ресурсов. Так, лесной менеджмент в широком смысле выражает становление эколого-экономического управления в лесном секторе экономики страны посредством системы формирования и реализации лесной политики государства. Лесной менеджмент в узком смысле определяет система лесопользования, выражающая интересы субъектов лесной собственности и условия устойчивого ведения лесного бизнеса.

В методологическом плане на формирование лесного менеджмента из экономических наук непосредственное влияние оказывает экономика природопользования и ее дочерняя наука – лесная цифровая экономика.

Объектом лесной экономики является устойчивое развитие воспроизводства и использования лесных ресурсов. Узловая проблема стратегии устойчивого развития – формирование социально-экономических условий рачительного пользования лесных благ бизнесом в пределах хозяйственно допустимой квоты от продукционного потенциала экосистем. С этих позиций биосфера рассматривается не как неисчерпаемый источник материальных ресурсов природы, а как естественный фундамент жизни, сохранение которого во времени и пространстве – обязательное условие социально-экономического развития. В данном контексте определяющая роль отводится экологической безопасности [1, 18, 20]. Речь идет о кардинальном пересмотре ценностных установок современного лесного менеджмента, под влиянием которого должно произойти основательное изменение парадигмы экономической эффективности воспроизводства лесных благ и результативности производства лесных товаров.



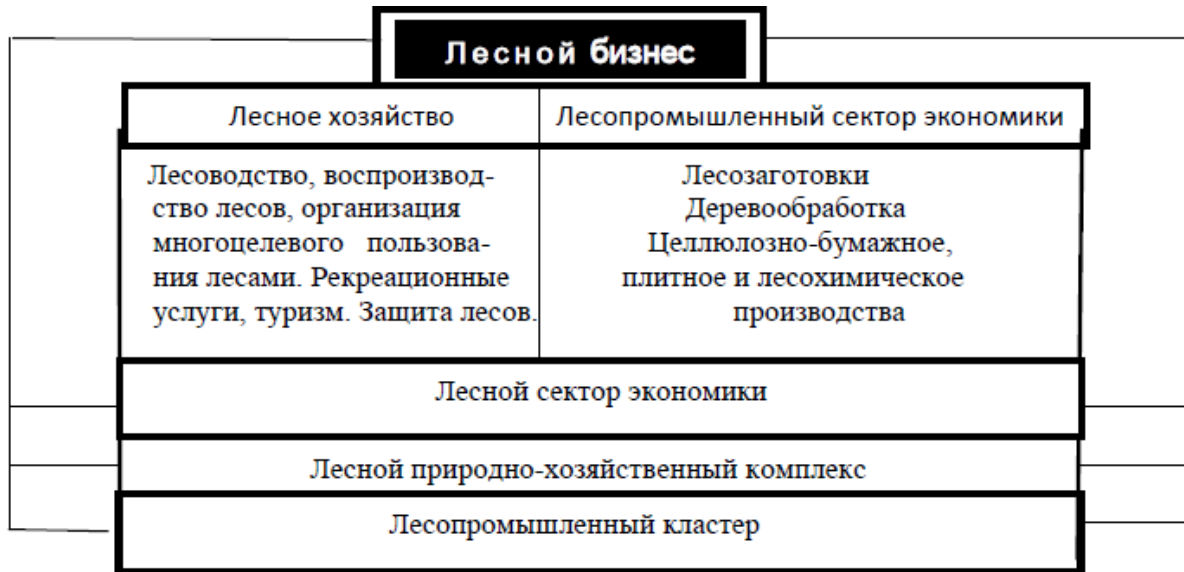


Рис. 1. Структурная взаимосвязь основных понятий в системе лесного менеджмента

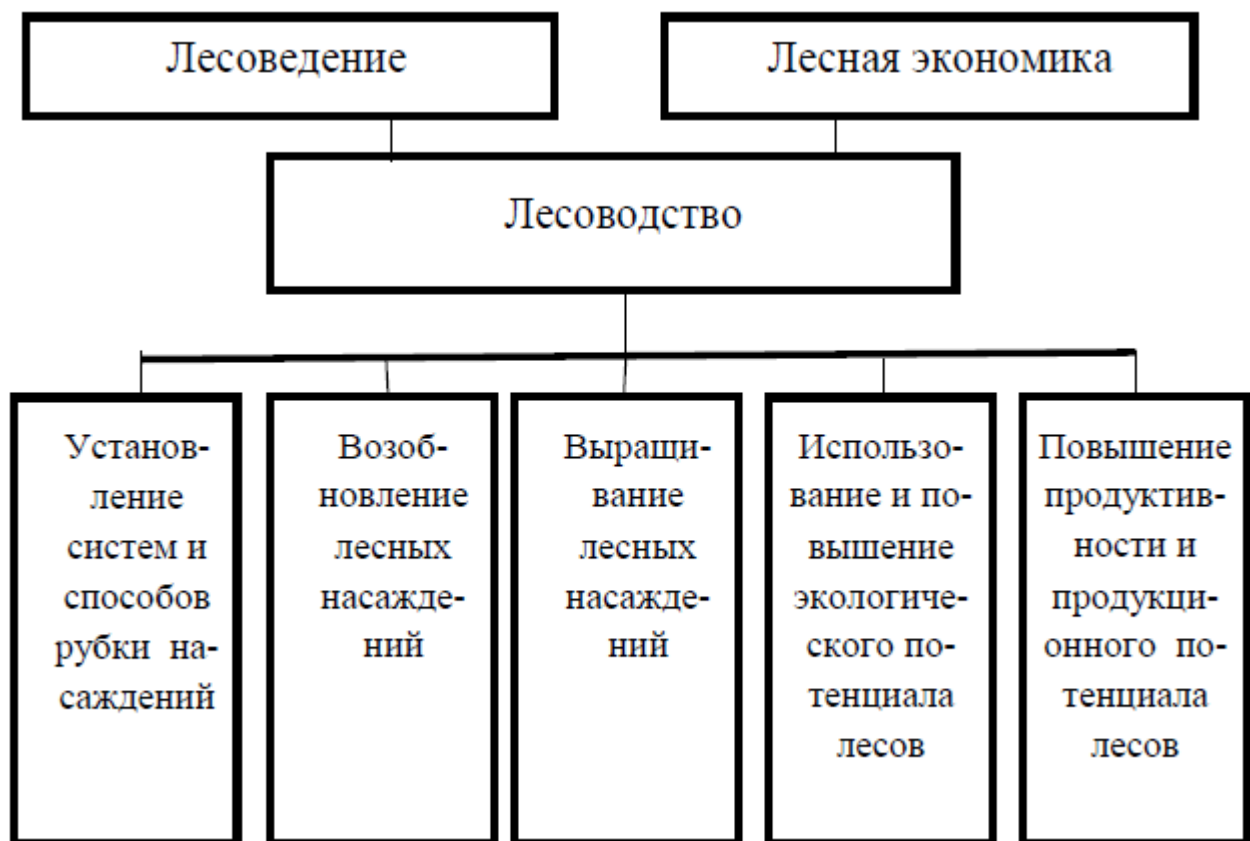


Рис. 2. Трансформация лесоведения и лесной экономики в лесоводство

Предлагается на основе структурной экономико-технологической и институциональной перестройки лесопромышленного управления осуществить переход

к устойчивому развитию экологизации производств, в частности, в лесном секторе экономики, где вопросы развития решаются на основе иннова-

ционной модели управления лесопользованием [14]. Эффективность перестройки структуры управления с позиции интересов устойчивого развития рассматривается как уровень достижения (или превышения) научно обоснованной и социально целесообразной нормы потребностей [1, 2, 10, 11, 26]. Структуризация потребностей в аспекте постиндустриального развития (когда наступает превосходство сектора услуг, особенно тех, которые определяют воспроизводство человеческого капитала) и, соответственно, правильная структуризация производства — главная линия роста эффективности экономики лесопользования. Для достижения устойчивого развития его неотъемлемую часть должна составлять экономическая защита окружающей среды с использованием информации мониторинга цен на лесобумажные товары во всех странах, чтобы отражать страновую «экологическую стоимость» их производства и выражать её рефлексивностью на стоимостях национальных лесобумажных товаров [1, 2, 18].

Сложившиеся стереотипы мышления, базирующиеся на убеждении в том, что нынешние экологические затруднения можно разрешить за счет внедрения ресурсосберегающих и малоотходных технологий, совершенствования производственных процессов и т. п. являются несостоятельными. Такого рода представления не учитывают того факта, что главное в достижении устойчивого развития зависит от ценностных ориентаций человека и его отношения к природе [1, 8, 11, 19, 21]. Следует признать, что чисто технического или технологического пути решения социально-экологических проблем не существует. Энерго и ресурсосберегающие технологии, хотя и приносят несомненный положительный эффект, но совершенно недостаточны для преодоления экологического кризиса [1, 22]. Люди добровольно не откажутся от своего экологического благополучия, от научно обоснованной и социально целесообразной нормы потребления экологических благ. Необходима воля государства в обеспечении стабильности этих норм, иначе последует наращивания всех видов капитала, за исключением одного — экологического, только он ограничен в приращении количества и качества

ресурсов окружающей среды естественными природно-климатическими факторами.

Новая экономика — это технология жизни человека, основанная на 5 базовых принципах, сформулированных В. Смитом и Д. Канеманом — лауреатами Нобелевской премии по экономике в 2002 г. [4]. И, чем эти принципы эффективнее реализуется, тем богаче экономика и более содержательна жизнь человека, да и сам человек. В мире люди не могут быть все равны, но духовное богатство мировой цивилизации составляет общее достояние. Примат духовного богатства над материальным — признак нового качества человека и его потребностей. Человеческие потребности с учетом экологических ограничений и этических норм — исходный пункт устойчивого развития. Смещение экономических интересов в сторону духовного развития человека — один из главных принципов новой экономики, необходимая предпосылка решения экологических проблем. Но чтобы это изменение произошло, необходимо изменить самого человека, обеспечив ему достойный уровень качества жизни как исходную базу его духовного развития [3, 4, 21, 23]. Вместе с тем фундаментальные незаменимые свойства общественного блага возвышают человека над благами частными.

Социальная система целенаправленного воспроизводства чистого общественного блага способна кардинально изменить содержание экономических отношений. Самое главное в развитии зеленой экономики — разрешение противоречия между частным и общественным интересом к благам окружающей среды обитания [1, 21-23]. Общественное благо реализуется через творческую деятельность каждого человека, свободную реализацию его способностей и талантов. Интерес всех членов общества в полезности общественных благ, переведенный в «коммерческое русло», обеспечивает их устойчивое воспроизводство. В справедливом обществе соблюдается пятый принцип новой экономики — рациональное природопользование, ценность которого признается не только человеком экономическим, но и экологическим, этическим, эстетическим [3, 8, 14, 16, 20]. Справедливый социум — это общество благосостояния, которое далеко не исчерпывается материальным благополучием. Невозможно рассматривать общественное благо-

состояние вне удовлетворения экологических, этических и эстетических потребностей. Благо, их удовлетворяющее, имеет все черты чистого общественного товара. Вопрос устойчивого развития лесной экономики — это проблема самого человека, мотивации людей и их отношения друг к другу и к природе. Ее корни уходят в проблему гуманизации человека и его поведения. Человек — существо биодуховное, «био» имеет физическое измерение, духовность — измерение нравственное. Наличие духовного начала выделяет нас из окружающего мира (природы), но не отделяет от него. Духовная составляющая человека формирует его сущность, которая по отношению к остальной природе имеет одно отличие — совесть, удивительное и драгоценное свойство человека. Закон совести гласит: «Во всем, как хотите, чтобы с вами поступали люди, так поступайте и вы с ними, ибо в этом закон и пророки» [5]. С этих позиций мораль становится не только самоцелью, но и определяющим фактором человеческого развития, формирующего адекватную социальную среду и систему самостоятельно ограниченных потребностей. Следовательно, высшие духовные ценности реализуются с помощью этики, которая в последнее время все больше и больше становится институциональной, так или иначе, воздействуя на поведение экономического человека в деловой среде персонала лесного менеджмента [4, 22].

Итак, основная цель лесного менеджмента в области практической деятельности заключается в том, чтобы обеспечить гармоничное развитие управляемого объекта по иерархии управления. Это означает, что все элементы лесной сферы экономики как объекты управления, включая лесного менеджера, должны функционировать согласованно и эффективно в составе контура организационной структуры, приведенной на рисунке 3.

На рис. 3 показаны основные этапы формирования системы лесного менеджмента, без которого невозможно решение задач Государственной программы развития лесного комплекса России на период до 2020 года:

– использование международного опыта и знаний для актуализации национальной политики,

становления системы лесного менеджмента в лесном секторе цифровой экономики [12];

– развитие национального лесного законодательства и формирование адаптивной системы экономических инструментов, необходимых для активного становления лесного менеджмента как инструмента развития;

– обеспечение политических и экономических интересов России при реализации международных документов в области лесного хозяйства;

– использование возможностей государственных финансовых ресурсов для решения актуальных проблем пользования лесами и их воспроизводства, экономико-технологического развития лесной науки и лесотехнического образования для формирования специалиста инженера – менеджера, востребованного в сфере лесных бизнесов;

– привлечение в государственный лесной сектор экономики инноваций и частных инвестиций путем развития взаимовыгодного двустороннего сотрудничества для становления лесного менеджмента в условиях рыночной цифровой экономики [6].

Важнейшей составляющей успеха в управлении национальными лесными ресурсами является создание комплекса технических регламентов как законодательных установлений правовой основы лесных отношений в системе лесного менеджмента. Это позволит *государственному служащему* – лесничему повысить эффективность использования экономико-правового ресурса о лесных благах лесничества для многофункциональных целей успешного хозяйствования. Ключевым звеном в лесном менеджменте как организационно-управленческом механизме возникает качественно новая фигура государственного лесного менеджера, наделённого правами и обязанностями, ответственного за эффективность решения социо-эколого-экономических (управленческих) задач «зелёной» цифровой экономики и роста лесного дохода на территории лесничества (лесопарка). В его деятельности ведущим фактором в формировании объекта лесного менеджмента является экологический фактор, учитывающий особенности организации устойчивого развития экологизированного лесопользования на принципах новой экономики [1-3, 7-12].

### Результаты исследований

Лесной менеджмент в условиях социально-ориентированной рыночной цифровой экономики и цифровых информационных систем передачи и применения современной актуальной информации о внутренних и внешних параметрах системы управления необходим как экономический инструмент для успешного ведения современных лесных бизнесов [21-23]. Одной из важнейших проблем становления лесного менеджмента является формировании систем новых знаний о количественных и качественных таксационных нормативах целевых технологически доступных лесных товаров потребительского выбора, содержащихся в эксплуатационных и защитных лесах объектов лесопользования [10, 13]. Они необходимы для постановки в извест-

ность технологически доступные древесные ресурсы для оценки количества и качества целевых лесопроductов, которые они содержатся в эксплуатационных древостоях, информация о которых отсутствует для применения в системе лесного менеджмента для текущего и перспективного планирования лесопользования с применением современных методов познания. Следует отметить, что различия основ теории общего и лесного менеджмента с прагматической точки зрения нуждаются в подкреплении методологии принятия управленческих решений с применением современных методов познания, что является предметом последующих обсуждений проблем становления лесного менеджмента и в условиях развития рыночной цифровой экономики.

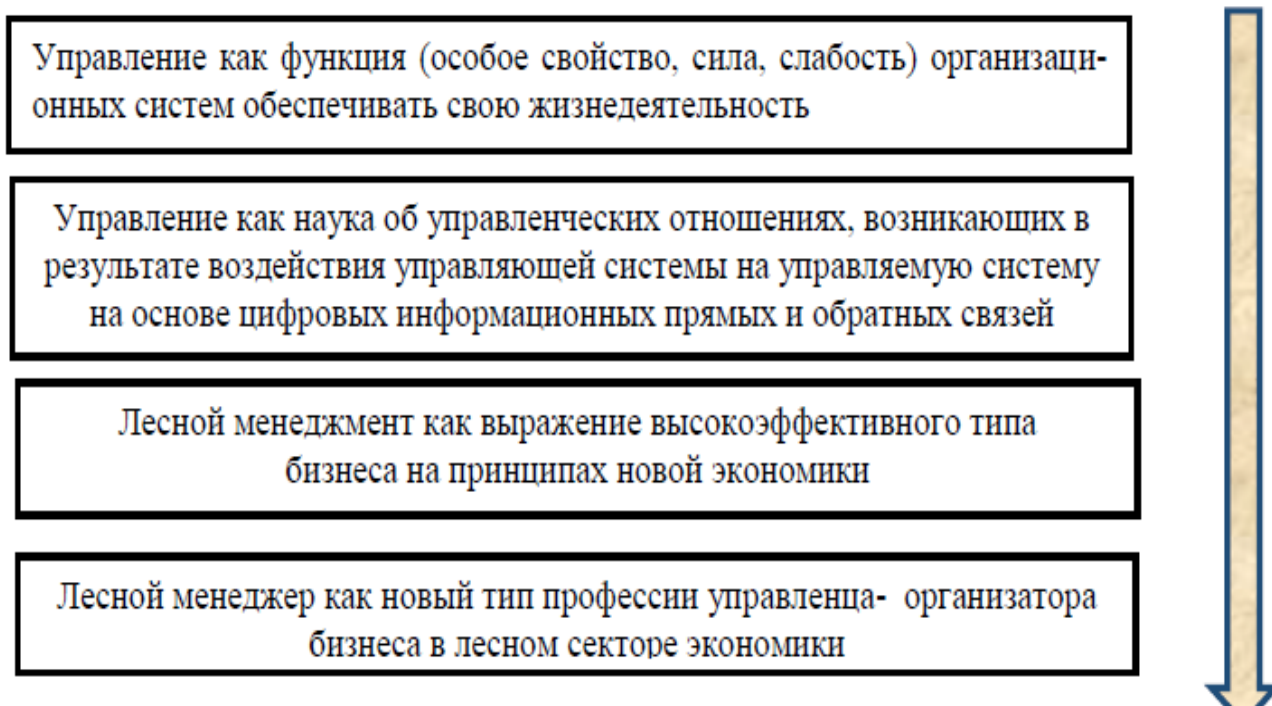


Рис. 3 Лесной менеджмент как сфера управления в условиях социально-ориентированной рыночной экономики

### Выводы

Проблема совершенствования инновационного управления ценностями лесных благ в условиях цифровой рыночной экономики в общем виде не решена. Её решение связано с созданием концептуальных основ инновационного преобразования структуры управления лесным сектором экономики и наличием воли государства к переменам в мето-

дах управления государственным лесным природным капиталом в полном соответствии условиями рыночных реальностей. Многолетняя практика и апробированная методология инновационного управления использованием и воспроизводством лесных благ, характерных для передовых лесных держав с рыночным стилем экономики ассоциируется с необходимостью внедрения в России лесного ме-

менеджмента. Применение методов лесного менеджмента менеджерами нового поколения при коренной перестройке структуры и системы управления лесным хозяйством и лесопромышленным освоением лесных ресурсов позволит реабилитировать социально-экономическую эффективность российских лесов как национального богатства.

Таким образом, теоретико-методологический анализ и аргументы о необходимости неотложных

преобразований структуры управления ценностями лесных национальных богатств и методов управления ими с применением методов лесного менеджмента в условиях зелёной цифровой рыночной экономики позволит восстановить достойный вклад лесного сектора в эффективность экономики регионов и страны в целом.

### Библиографический список

1. Белик, И. С. Оценка и диагностика эколого-экономической безопасности территорий: моногр. / И. С. Белик. – Екатеринбург, 2008.
2. Безрукова, Т. Л. Концепция природно-хозяйственного комплекса / Т. Л. Безрукова, Г. А. Прешкин, Г. Л. Нохрина // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф. – Воронеж, 2014. – № 3. – Ч. 3. – С. 394-399.
3. Выводцев, Н. В. Цели и задачи лесоустройства в новой концепции управления лесным хозяйством // Проблемы региональной экологии: матер. Второй всерос. конференции. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2000.
4. Деминг, Э. Новая экономика. The new Economics for Industry, Government, Education: моногр. / Э. Деминг. – М: Эксмо. 2006.
5. Святое Евангелие (с приложениями). – Клин : Христианская жизнь. 2006.
6. Казаков, Н. В. Методы учёта древостоев лесосек и мониторинга произведённой продукции / Н. В. Казаков, П. Б. Рябухин // Лесной журнал. – 2017. – № 5. – С. 103-109.
7. Ковалевич, Д. А. Сегодня конкурируют не компании, а кластеры / Д. А. Ковалевич. – URL: [www.atomic-energy.ru/interviews/2012/17/31034](http://www.atomic-energy.ru/interviews/2012/17/31034).
8. Кожухов, Н. И. Концептуальные подходы к формированию лесопромышленных кластеров в России / Н. И. Кожухов, Н. П. Кожемяко, А. А. Фитчин // Лесотехнический журнал. – 2017. – № 3. – С. 236-253.
9. Лесное управление: моногр. / А. В. Неверов [и др.]. – Минск : Печатковская школа, 2014.
10. Управление проектами лесопользования – альтернатива лесоустройству / А. В. Мехренцев [и др.]. // Аграрный вестник Урала. – 2016. – № 11 (152). – С. 41-45. – URL: [www.avu.usaca.ru](http://www.avu.usaca.ru).
11. Организация устойчивого лесопользования в Красноярском крае / [В. А. Соколов и др.] ; отв. ред. И.В. Семечкин; Ин-т леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Сиб. меж. ин-т леса, Красноярское рег. обществ. экодвижение «Друзья сибирских лесов». – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2009.
12. Указ Президента РФ от 9 мая 2017 г. № 203 «О стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы». URL [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_216363/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_216363/).
13. Прешкин, Г. А. Нормативы оценки лесных благ: проблемы, решения: моногр. / Г. А. Прешкин. – Екатеринбург, 2011.
14. Прешкин, Г. А. Экономические механизмы перевода лесопользования на инновационную модель устойчивого управления / Г. А. Прешкин // Известия Оренбургского гос. аграрн. ун-та. – 2014. – № 2 (46). – С. 229-232.
15. Степанов, С. В. Направления и механизмы государственного участия в развитии лесного сектора Российской Федерации / С. В. Степанов // Лесной вестник. – 2014. – № 3. – С. 50-55.
16. Орлов, М. М. Лесопромышленное управление / М. М. Орлов. – М. : Лесн. пром-сть, 2006.

17. Ферова, И. С. Кластерная модель как инструмент устойчивого инновационного развития Красноярского края / И. С. Ферова, Е. Н. Таненкова // *Управленец*. – 2015. – № 5(57). – С. 58-63.
18. Altunina, T. M. Information as an economic resource / T. M. Altunina, G. A. Preshkin // *SGEM conf. on political sciences, law, finance, economics & tourism: Intern. conf. proceeds (Economics & tourism)*, Vol. III. Albena. Bulgaria. 2014. pp. 285 -291.
19. Chen S., Shahi C., Chen H., etc. Economic analysis of forest management alternatives: Compositional objectives, rotation ages, and harvest methods in boreal forests // *Forest Policy and Economics*. 2017. Vol. 85. Part 1. pp. 124-134.
20. Davis, L. S. (2008) *Forest Management. Textbook*. URL: [Lisalill.com/ebookpage/116657-Forest=Management](http://Lisalill.com/ebookpage/116657-Forest=Management).
21. Deal R., Smith N., Gates J. Ecosystem services to enhance sustainable forest management in the US: moving from forest service national programmes to local projects in the Pacific Northwest // *Forestry*. 2017. Vol. 90. Issue 5. pp. 632-639.
22. Eriksson L., Bjorkman C., Klapwijk M. General public acceptance of forest risk management strategies in Sweden: Comparing three approaches to acceptability // *Environment and Behavior*. 2018. Vol. 50. Issue 2. pp. 159-186.
23. Lexer M., Bugmann H. Mountain forest management in a changing world // *European Journal of Forest Research*. 2017. Vol. 136. Issue 5-6. pp. 981-992.
24. Liubachyna A., Bubbico A., Secco L., etc. Management goals and performance: clustering state forest management organizations in Europe with multivariate statistics // *Forests*. 2017. Vol. 8. Issue 12. Paper # 504.
25. Mollmann, T., Moehring B. A practical way to integrate risk in forest management decisions // *Annals of Forest Science*. 2017. Vol. 74. Issue 4. pp. 137-145.
26. Mobtaker A., Ouhimmou M., Ronnqvist M., etc. Development of an economically sustainable and balanced tactical forest management plan: a case study in Quebec // *Canadian Journal of Forest Research*. 2018. Vol. 48. Issue 2. pp. 197-207.
27. Jovanović M., Milanović M., Zorn M. The use of NDVI and CORINE land cover databases for forest management in Serbia // *Acta Geographica Slovenica-Geografski Zbornik*. 2018. Vol. 58. Issue 1. pp. 109-123.

### References

1. Belik I. S. *Otsenka i diagnostika ekologicheskoy i ekonomicheskoy bezopasnosti territoriy: monografiya* [Assessment and diagnosis of ecological and economic security of territories: monograph] Ekaterinburg, USTU-UPI Publ., 2008.
2. Bezrukova T. L., Preshkin G. A., Nokhrina G. L. *Kontseptsiya prirodno-ekonomicheskogo kompleksa* [Concept of natural-economic complex // Actual directions of scientific researches of the XXI century: theory and practice: Intern. conf. proceeds] Voronezh, 2014, no. 3, part 3, pp. 394-399.
3. Vyvodtsev N.V. *Tseli i zadachi lesoustroistva v novoy koncepcii upravleniya lesnym khozjstvom* [Goals and tasks of new conception of forest management // Problems of regional ecology: The Second all-Russian conference proceeds] Novosibirsk, Siberian branch of RAS. 2000. pp. 251-252.
4. Deming, Edward. *Novaya ekonomika* [New economy. The new Economics for Industry, Government, Education: monograph] Moscow, Esmo Publ., 2006.
5. *Svijatoe evangelie s prilozhenijami* [The Holy gospel (with annexes)] Klin, Christian life Publ., 2006.
6. Kazakov N. I. Ryabukhin P. B. *Metody ucheta drevostoev i monitoringa proizvedennoy produkcii* [Methods of accounting of forest stands of felling and monitoring produced goods]. *Lesnoy zhurnal*, 2017, no. 5, pp. 103-109.
7. Kovalevich D. A. *Segodnya konkurirujut ne kompanii, a klastery* [Today not companies are competing, but clusters]. URL: [www.atomic-energy.ru/interviews/2012/17/31034](http://www.atomic-energy.ru/interviews/2012/17/31034).

8. Kozhukhov N. I., Kozhemyako N. P. and Phitchin A. A. *Kontseptual'nye podkhody k formirovaniyu lesopromyshlennykh klasterov v Rossii* [Conceptual approaches to the formation of a forestry cluster in Russia]. *Lesotekhnicheskii zhurnal*, 2017, no. 3, pp. 236-253.
9. *Lesnoe upravlenie: monografiya*. A.V. Neverov, i drugie [Forest management: monograph. A.V. Neverov., etc] Minsk, Pochatkova shkola, 2014.
10. Mekhrentsev A. V., Preshkin G. A., Rusin, K. I., etc. *Upravlenie proektami lesopolzovania –al'ternativa lesoustroistvu* [Project forest management as alternative to forest organization] *Izvestija Ural'skogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta - Proceedings of the Urals state agrarian university*, 2016, no.11, pp. 41-45. URL: [www.avu.usaca.ru](http://www.avu.usaca.ru).
11. Organizatsiy ustoychivogo lesopol'zovaniy v Krasnojarskom kraie [Sustainable forest management in Krasnoyarsk region] Institute of forests named after V.N.Sukatchev. Novosibirsk: Siberian branch of RAS. 2000.
12. *Ukaz Prezidenta RF ot 9 May 2017. № 203 «O strategii razvitiy informatsionnogo obtshestva v Rossiyskoy Federatsii na 2017-2030 gody»*. [Directive of the Russian Federation President at May 9, 2017. № 203: —About the development strategy of society information in the Russian Federation during 2017-2030 years?] URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_216363/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_216363/)
13. Preshkin, G. A. *Normativy otsenki lesnykh blag: problemy i resheniya: monografiya* [Normal of valuation of forest benefits: problems and solutions: monograph] Ekaterinburg, 2011.
14. Preshkin G. A. *Ekonomicheskie mekhanizmy perevoda lesopolzovania na innovatsionnuyu model ustoychivogo upravleniya* [Economic mechanisms of transfer of forest management to an innovative model of sustainable management] *Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta - Proceedings of Orenburg state agrarian university*, 2014, № 2 (46), pp. 229-232.
15. Stepanov S. V. *Napravleniya i mekhanizmy gosudarsvennogo uchastiya v razvitiu lesnogo sektora Rossiiskoj Federatsii* [Directions and mechanisms of public participation in the development of the forest sector of the Russian Federation] *Lesnoy Vestnik - Forest Bulletin*, 2014, №. 3, pp. 50-55.
16. Orlov M. M. *Lesnoje upravlenie* [Forest Management] – Moscow, Forest Industry Publ., 2006.
17. Ferova I.S., Tanenkova E.N. *Klasternaja model kak instrument ustoychivogo innovatsionnogo razvitiya Krasnojarskogo kraja* [Klaster model as instrument of sustainable development of Krasnojarsk region] // *Manager*. 2015. № 5(57). С. 58-63.
18. Altunina T.M., Preshkin G.A. Information as an economic resource / SGEM conf. on political sciences, law, finance, economics & tourism: Intern. conf. proceeds (Economics & tourism), vol. III, Albena. Bulgaria, 2014, pp. 285 -291.
19. Chen S., Shahi C., Chen H., etc. Economic analysis of forest management alternatives: Compositional objectives, rotation ages, and harvest methods in boreal forests // *Forest Policy and Economics*, 2017, vol. 85, part 1, pp. 124-134.
20. Davis, L.S. (2008) *Forest Management*. Book. URL: [Lisalill.com/ebookpage/116657-Forest=Management](http://Lisalill.com/ebookpage/116657-Forest=Management).
21. Deal R., Smith N., Gates J. Ecosystem services to enhance sustainable forest management in the US: moving from forest service national programmes to local projects in the Pacific Northwest // *Forestry*, 2017, vol. 90, part 5, pp. 632-639.
22. Eriksson L., Bjorkman C., Klapwijk M. General public acceptance of forest risk management strategies in Sweden: Comparing three approaches to acceptability // *Environment and Behavior*, 2018, vol. 50, part 2, pp. 159-186.
23. Lexer M., Bugmann H. Mountain forest management in a changing world // *European Journal of Forest Research*, 2017, vol. 136, part 5-6, pp. 981-992.
24. Liubachyna A., Bubbico A., Secco L., etc. Management goals and performance: clustering state forest management organizations in Europe with multivariate statistics // *Forests*, 2017, vol. 8, part 12, paper # 504.
25. Mollmann, T., Moehring B. A practical way to integrate risk in forest management decisions // *Annals of Forest Science*, 2017, vol. 74, part 4, pp. 137-145.

26. Mobtaker A., Ouhimmou M., Ronnqvist M., etc. Development of an economically sustainable and balanced tactical forest management plan: a case study in Quebec // Canadian Journal of Forest Research, 2018, vol. 48, part 2, pp. 197-207.

27. Jovanović M., Milanović M., Zorn M. The use of NDVI and CORINE land cover databases for forest management in Serbia // Acta Geographica Slovenica-Geografski Zbornik, 2018, vol. 58, part 1, pp. 109-123.

### Сведения об авторах

*Прешкин Герман Алексеевич* – кандидат технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», г. Екатеринбург, Российская Федерация; e-mail: [preshkin.german@yandex.ru](mailto:preshkin.german@yandex.ru).

*Мехренцев Андрей Вениаминович* – кандидат технических наук, профессор ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», г. Екатеринбург, Российская Федерация.

*Масленникова Светлана Федоровна* – кандидат педагогических наук, доцент ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», г. Екатеринбург, Российская Федерация.

*Пищулов Виктор Михайлович* – доктор экономических наук, профессор ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», г. Екатеринбург, Российская Федерация.

### Information about authors

*Preshkin German Alekseevich* – PhD (Engineering), Professor, FSBEI HE "Ural State Forest Engineering University", Yekaterinburg, Russian Federation; e-mail: [preshkin.german@yandex.ru](mailto:preshkin.german@yandex.ru).

*Mekhrentsev Andrei Veniaminovich* – PhD (Engineering), Professor, FSBEI HE "Ural State Forest Engineering University", Yekaterinburg, Russian Federation.

*Maslennikova Svetlana Fedorovna* – PhD (Pedagogy), Associate Professor of FSBEI HE "Ural State Forest Engineering University", Yekaterinburg, Russian Federation.

*Pishchulov Viktor Mikhailovich* – DSc (Economics), Professor of FSBEI HE "Ural State University of Economics", Yekaterinburg, Russian Federation.



# ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Научный журнал

**2019 г. Том 9 № 1 (33)**

Подписано в печать 15.03.2019. Формат 60×90 1/8. Усл. печ. л. 27,88.

Уч.-изд. л. 47,7. Тираж 1000 экз. Заказ 239

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет  
имени Г.Ф. Морозова»

РИО ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». 394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8

Отпечатано в УОП ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». 394087, г. Воронеж, ул. Докучаева, 10

# **LESOTEKHNICHESKII ZHURNAL**

Scientific journal

**2019 Vol. 9 № 1 (33)**

Sent for press 15.03.2019. Format 60×90 1/8. Conv. pr. l. 27,88.  
Teach. and publ. l. 47,7. Circulation 1000 copies. Order 239

FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies  
named after G.F. Morozov»

EPA of FSBEI HE «VSUFT». 394087, Timiryazeva st., 8, Voronezh

Printed in «VSUFT». 394087, Dokuchaeva st., 10, Voronezh